

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

ZAVRŠNI RAD

Voditelji rada:
prof. dr. sc. Neven Duić
prof. dr. sc. Igor Balen

Silvio Bratić

Zagreb, 2010

Izjavljujem da sam ovaj rad radio samostalno uz upotrebu dostupne literature i znanja stečenog prilikom studiranja.

Zahvaljujem se svojim mentorima prof. dr. sc. Nevenu Duiću i prof. dr. sc. Igoru Balenu na pomoći i savjetima tijekom izrade rada, također se zahvaljujem Tomislavu Pukšecu na pruženoj pomoći i savjetima.

Isto tako zahvaljujem se svojoj obitelji na podršci i razumijevanju.

Silvio Bratić

SAŽETAK

Danas se velika količina svih oblika energije troši u sektoru zgradarstva, na kojega otpada potrošnja od oko 40% ukupne potrošnje energije u svim sektorima. Tomu je tako budući je velika većina zgrada u kojima se danas boravi starijeg datuma izgradnje, tj. građene se od loših materijala i loše su projektirane. Budući se danas gradi sve više i više zgrada tada je potrebno te zgrade graditi kvalitetno da bi se smanjila potrošnja energije.

U ovom radu analizirano je trenutno stanje višestambene zgrade na području Zagreba te stanje te iste zgrade u 2019. godini. Prvi dio rada analizira trenutno stanje zgrade, dakle energetske tokove u zgradi, dok se drugi dio zadatka bavi s tom istom zgradom u 2019. godini kada je ta zgrada izgrađena tako da je energetski neutralna.

Izvedba energetski neutralne zgrade provedena je pomoću kogeneracijskog procesa na bioplin te je korištena dizalica topline zrak-voda koja služi za pokrivanje vršnog opterećenja.

Na kraju rada dana je financijske slike gradnje koja ugrubo procjenjuje troškove koji nastaju ugradnjom novih sustava i kvalitetnije opreme.

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	7
POPIS TABLICA	8
POPIS OZNAKA	9
1. UVOD	12
1.1 Tipska zgrada	13
1.2 Potrošnja energije u zgradama	14
1.2.1 Ocjena učinkovitosti s obzirom na potrošnju energije u zgradi.....	16
2. POSTUPAK PRORAČUNA	20
2.1 Proračun toplinskih gubitaka	20
2.1.1 Proračun transmisijskih gubitaka	20
2.1.2 Proračun ventilacijskih gubitaka.....	22
2.2 Toplinski dobici od Sunca.....	23
2.3 Potrošna topla voda	24
2.4 Potrošnja električne energije	26
2.4.1 Potrošnja električne energije za hlađenje prostora	27
2.5 Stanje u 2019.god.....	29
2.5.1 Transmisijski toplinski gubici	29
2.5.2 Ventilacijski toplinski gubici	30
2.5.3 Potrošna topla voda	31
2.5.4 Potrošnja električne energije	32
3. DOBIVENI REZULTATI I NJIHOVA ANALIZA	34
3.1 Godišnji proračun toplinskog opterećenja-2009.....	34
3.1.1 Potrošnja toplinske energije	37
3.1.2 Potrošnja električne energije	40
3.1.3 Eksterni troškovi (Vanjski troškovi).....	41

3.2 Godišnji proračun toplinskog opterećenja-2019.....	43
3.2.1 Potrošnja toplinske energije	45
3.2.2 Potrošnja električne energije u 2019	45
4. POKRIVANJE POTROŠNJE ZGRADE OBNOVLJIVIM IZVORIMA ENERGIJE	
.....	47
4.1 Mikrokogeneracija na bioplin	47
4.2 Dizalica topline	50
4.3 Toplinski spremnik	50
5. FINANCIJSKA SLIKA GRADNJE	52
5.1 Objekt u 2009. godini	52
5.2 Objekt u 2019. godini	53
6. ZAKLJUČAK	55
7. LITERATURA	56

POPIS SLIKA

Slika 1. Struktura potrošnje energije u kućanstvima u Hrvatskoj

Slika 2. Primjer izgleda energetske oznake koje se koriste na hrvatskom tržištu

Slika 3. Dijagram dnevne potrošnje tople vode

Slika 4. Dijagram toplinskog opterećenja za grijanje tople vode

Slika 5. Dijagram dnevne potrošnje električne energije za radni dan

Slika 6. Dijagram potrošnje električne energije vikendom

Slika 7. Dnevna potrošnja tople vode u 2019.

Slika 8. Dijagram toplinskog opterećenja za grijanje tople vode

Slika 9. Dijagram dnevne potrošnje električne energije za radni dan u 2019.

Slika 10. Dijagram potrošnje električne energije vikendom u 2019.

Slika 11. Dnevna promjena temperature-zimski dan

Slika 12. Satno opterećenje u periodu od godinu dana-2009.

Slika 13. Satno opterećenje u periodu od godinu dana-2019.

Slika 14. LDC krivulja

Slika 15. Pokrivanje toplinskog opterećenja kogeneracijom

Slika 16. Pokrivanje električnog opterećenja kogeneracijom

Slika 17. THERMUR HM-prozor sa $0,44 \text{ W} / \text{m}^2 \text{K}$

POPIS TABLICA

Tablica 1. Ciljane vrijednosti energetske brojeva

Tablica 2. Ocjena učinkovitosti potrošnje toplinske energije u zgradi (Republika Hrvatska)

Tablica 3. Proračun rashladnog učinka prostorije

Tablica 4. Faktori za proračun emisija CO_2 za električnu i toplinsku energiju u Hrvatskoj

Tablica 5. Faktori za proračunavanje emisija nastalih sagorijevanjem različitih energenata

Tablica 6. Eksterni troškovi za neke Europske države

Tablica 7. Struktura vanjskog zida

POPIS OZNAKA

Oznaka	Mjerna jedinica	Naziv
A_{gr}	m^2	- grijana površina
A_k	m^2	- površina na kojoj se odvija izmjena topline
A_s	m^2	- korigirana površina za sunčevo zračenje
A_{snj}	m^2	- površina na koju pada sunčevo zračenje
b		- faktor dodatka zbog mrtvog prostora ispod grijane površine spremnika
b_u		- faktor smanjenja temperaturne razlike
C	kWh	- toplinski kapacitet spremnika
c_w	J / kgK	- specifični toplinski kapacitet vode
c_z	J / kgK	- specifični toplinski kapacitet zraka
E	kWh / m ²	- ukupni energetske broj
E_{GR}	kWh / m ²	- energetske broj za grijanje
E_o	kWh / m ²	- energetske broj za ostalu tehničku opremu
E_{PTV}	kWh / m ²	- energetske broj za pripremu tople vode
EFC	tC/TJ g	- emisijski faktor ugljika
EM	t	- ukupna emisija CO ₂
F_c		- faktor zaštite s unutarnje strane prozora
F_F		- odnos ostakljene i ostale površine
F_s		- faktor zasjenjenja
g		- zračenje koje prolazi kroz ostakljenje
G_w		- faktor korekcije zbog utjecaja podzemne vode
H_d	GJ/t	- donja ogrjevna vrijednost goriva
H_T	W/K	- koeficijent transmisijskih toplinskih gubitaka

H_V	W/K	- koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka
$H_{T,ie}$	W/K	- transmisijski toplinski gubitak prema okolišu
$H_{T,iue}$	W/K	- transmisijski gubitak kroz negrijanu prostoriju
$H_{t,ig}$	W/K	- transmisijski gubitak kroz pod
$H_{T,ij}$	W/K	- transmisijski gubitak kroz prostorije sa nižom temp.
I_{Sj}	W / m ²	- sunčevo zračenje
n	h ⁻¹	- broj izmjena zraka
N		- omjer toplinske i električne snage
O_c		- frakcija ugljika koja oksidira
P_e	W	- električna snaga
P_t	W	- toplinska snaga
U_{krova}	W / m ² K	- koeficijent prolaza topline ravnog krova
U_{poda}	W / m ² K	- koeficijent prolaza topline poda
U_{proz}	W / m ² K	- koeficijent prolaza topline kroz prozore
$U_{vzidova}$	W / m ² K	- koeficijent prolaza topline kroz vanjske zidove
$T_{grijanja}$	kn	- godišnji trošak grijanja
$T_{grijanja,mjes.}$	kn	- mjesečni trošak grijanja
T_{PTV}	kn	- godišnji trošak za pripremu tople vode
$T_{PTV,mjes}$	kn	- mjesečni trošak za pripremu tople vode
T_{ukupno}	kn	- ukupni godišnji trošak
$T_{ukupno,mjes.}$	kn	- ukupni mjesečni trošak
t_o	°C	- srednja najviša temperatura vode u spremniku
t_u	°C	- dozvoljena najniža temperatura u spremniku
\dot{V}	m ³ / s	- volumni protok zraka

$V_{plina\ gr.}$	m^3	- godišnja potrebna količina plina za grijanje
$V_{plina\ PTV}$	m^3	- godišnja potrebna količina plina za PTV
$V_{plina\ uk.}$	m^3	- godišnja ukupna potrebna količina plina
V_R	m^3	- volumen pojedine prostorije
V_S	m^3	- volumen toplinskog spremnika
\dot{V}_v	m^3 / s	- volumni protok tople vode
$Q_{top.potrošeno}$	kWh	- godišnja potrošnja toplinske energije
$Q_{top.grijanje}$	kWh	- godišnja potrošnja toplinske energije za grijanje
$Q_{top.PTV}$	kWh	- godišnja potrošnja toplinske energije za PTV
ΔT	K	- temperaturna razlika ulaza i izlaza u bojler
Φ_h	W	- toplinsko opterećenje prostorije
Φ_s	W	- toplinski dobici od sunca
Φ_v	W	- toplinski dobici od sunca
Φ_1	W	- toplinski gubici
η		- stupanj iskorištenja toplinskih dobitaka
η_{pt}		- stupanj povrata topline
ρ	kg / m^3	- gustoća zraka
ρ_w	kg / m^3	- gustoća vode
q_{ve}	m^3 / s	- protok zraka prilikom prisilne ventilacije
g_{int}	$^{\circ}C$	- temperatura prostorije
g_{sup}	$^{\circ}C$	- temperatura kojom zrak ulazi u prostoriju
g_u	$^{\circ}C$	- temperatura kojom zrak ulazi u prostoriju
g_e	$^{\circ}C$	- temperatura susjedne negrijane prostorije

1. UVOD

Razvitkom svjetske industrije i gospodarstva u zadnjih 40 do 50 godina uz naglo povećanje ljudske populacije na Zemlji, došlo je do izrazitog povećanja potrošnje svih oblika energije, što znači da je samim time došlo i do povećane potrebe za većim brojem postrojenja koji mogu proizvesti korisne oblike energije (električna energija, toplinska energija, i sl.) iz izvora energije kao što su nafta, plin, ugljen, i dr. Period od posljednjih pola stoljeća obilježila je izrazita potrošnja fosilnih goriva, što danas predstavlja velik problem. Došlo je do naglog i značajnog povećanja koncentracije ugljik-dioksida u atmosferi s današnjom koncentracijom od 350-400 ppm[1]. Problem je u tome što je CO_2 staklenički plin tj. značajno doprinosi procesu zagrijavanja Zemlje, no treba naglasiti da CO_2 nije jedini staklenički plin ali niti najopasniji, no to je plin o kome se najviše vodi računa jer je najrasprostranjeniji[2]. Tek u posljednjih 20-ak godina ljudi su postali svjesni problema koji bi mogao pogoditi cijelu Zemlju, pa su tako počeli donositi različite zakone i mjere kojima bi se taj proces usporio. Danas se sve više zagovara upotreba obnovljivih izvora energije (Sunce, vjetar, biomasa, i sl.) jer imaju nultu emisiju stakleničkih plinova, pa tako i sama Europska Unija u novoj energetskej strategiji zagovara upotrebu obnovljivih izvora energije kao i povećanje energetske učinkovitosti u svim granama ljudske djelatnost. Nova strategija predviđa da se do 2020. god 20 % energije dobiva iz obnovljivih izvora energije, da se energetska učinkovitost poveća za 20 % , te da se smanje emisije stakleničkih plinova za 20 %[3]. Sektor zgradarstva je jedan od najvećih potrošača energije, razlozi tomu su različiti [4]. Od loše gradnje objekata pa do rastrošnosti ljudi zbog njihova neznanja o mogućnostima uštede. Budući da je tomu tako potrebno je djelovati, dakle potrebno je donositi nove zakone i propise koji će regulirati svojstva zgrade, tj. određivati koliko zgrada smije trošiti energije (za grijanje, za pripremu tople vode, za pogon električnih uređaja, i dr.). Također potrebno je podizati svijest ljudi da bi se racionalnije trošila energija, za ono što je nužno, čime se povećava energetska učinkovitost. Ukoliko se želi smanjiti potrošnja ponajprije toplinske energije u zgradama potrebno je graditi zgrade s kvalitetnim materijalima koji imaju dobra izolacijska svojstva. Danas je u Republici Hrvatskoj dopuštena potrošnja toplinske energije $90 \text{ kWh/m}^2 \text{ god}$ [4], dok će se u bližoj budućnosti težiti prema niskoenergetskim kućama i pasivnim kućama koje imaju potrošnju energije od $15 \text{ kWh/m}^2 \text{ god}$ [4]. Budućnost donosi još i

značajnije promjene, teži se razvitku i poticanju gradnje objekata koji će sami pokrivati potrošnju svih oblika energije i imati nultu emisiju stakleničkih plinova, tj. sami će sebi proizvoditi potrebnu energiju iz obnovljivih izvora energije[5]. Takvi objekti nazivaju se “*Zero-energy buildings*” ili energetske neutralne zgrade, a jedna takva zgrada opisana je i u ovom radu. Prilikom gradnje ovih objekata potrebno je jako dobro izolirati objekt da bi se smanjili gubici topline prema okolišu, također je potrebno instalirati dobar sustav ventilacije s povratom topline da bi se smanjili i ventilacijski toplinski gubici koji imaju značajan udio u ukupnim toplinskim gubicima. Prilikom izgradnje objekta potrebno je voditi računa i o orijentaciji zgrade, tj. o smještaju prostorija unutar zgrade radi sunčeva zračenja zimi jer samim time je potreba za toplinskom energijom manja. Kao što je već prije rečeno za pokrivanje energijskih potreba objekta koriste se obnovljivi izvori energije kao što su biomasa, toplinske pumpe, sunčevi kolektori, vjetar, i dr., ovisno o geografskom položaju objekta i raspoloživosti pojedinog izvora. Danas je izgradnja ovakvih objekata izrazito skupa pa čak i neisplativa jer je ulaganje u objekt izrazito veliko i povrat investicije je veći od 20-30 godina[6]. Ovakve zgrade su isplative ukoliko je cijena fosilnih energenata visoka, što će se vrlo vjerojatno i dogoditi u skoroj budućnosti pa bi izgradnja ovakvih zgrada tada mogla ostvariti veliku primjenu svugdje u Svijetu.

1.1 Tipska zgrada

Ovaj završni rad rađen je prema tipskoj zgradi koja je proizvoljno napravljena, dakle razmještaj stanova i soba u zgradi je bio proizvoljan, jedini uvjet je bio da zgrada ima minimalno 1000 m^2 . Zgrada je smještena na području sjeverozapadne Hrvatske (Zagreb) i osmišljena je tako da ima po dva stana na svakoj etaži, gdje svaki stan ima približno oko 90 m^2 , etaža je sveukupno šest (prizemlje i pet katova). Ukupna površina zgrade je 1056 m^2 , sveukupno je 12 stanova u zgradi, uzeto je da svaki stan ima dnevni boravak, kuhinju, kupaonu i dvije sobe. Tlocrt stana dan je u dodatku na kraju rada. Potrebno je naglasiti da je visina zgrade nešto manja od 20 m što je bitan podatak prilikom proračuna toplinskih gubitaka uslijed ventilacije i infiltracije, te treba reći da je objekt smješten na djelomično zaštićenom području od vjetra, tj. da je smješten na naseljenom području. Pretpostavljeno je da se zgrada u sadašnjem scenariju grije na prirodni plin, dok je uz zgradu smještena posebna građevina u kojoj se nalazi kotao koji služi za grijanje zgrade.

Dozvoljeni koeficijenti prolaza topline za vanjske zidove, unutarnje zidove, vrata i prozore uzeti su da bi bili u skladu sa „Tehničkim propisom“, dakle prema današnjem zakonu Republike Hrvatske[7]:

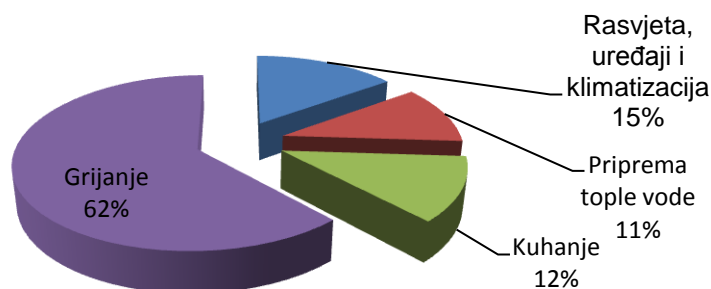
- $U_{proz} = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ - koeficijent prolaza topline prozora i balkonskih vrata
- $U_{zidova} = 0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$ - koeficijent prolaza topline vanjskih zidova
- $U_{krova} = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ - koeficijent prolaza topline ravnog krova
- $U_{poda} = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ - koeficijent prolaza topline poda

Proračun toplinskih gubitaka rađen je prema EN ISO 13790 i gore navedenim vrijednostima, pa bi tako vanjski zid imao koeficijent prolaza topline $0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$, trebao bi biti izrađen od šupljih glinenih blokova debljine 30 cm, te bi trebao imati vanjsku izolaciju od stiropora debljine 5 cm sa žbukom s unutarnje strane zida debljine 1 cm. Isto tako da bi prozor imao toplinsku provodljivost $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ mora imati dvostruka izolirajuća stakla s međuslojem zraka 10-16 mm. Zgrada ima ravni krov, koji je relativno dobro izoliran, te se pretpostavlja da zgrada nema podrum već da prizemlje gubi toplinu prema zemlji.

1.2 Potrošnja energije u zgradama

Zgrade su danas jedni od najvećih potrošača energije budući da su jako rasprostranjene a i grade se u sve većem broju, a razlog velike energetske potrošnje u sektoru zgradarstva je taj što je velika većina zgrada prilično stara pa je samim time građena od loših materijala sa slabim izolacijskim svojstvima[4]. Uz sve to prisutan je i loš raspored prostorija unutar zgrade čime se smanjuje utjecaj sunčeva zračenja koje može značajno doprinijeti toplinskim dobitcima, te rastrošnost ljudi koji u njima borave. Potrošnja energije u zgradi ovisi o njezinim karakteristikama (obliku, materijalu od kojeg je izgrađena, geografskom položaju zgrade, itd.), karakteristikama energetske sustava u njoj, ali i o klimatskoj regiji u kojoj se zgrada nalazi[4]. Slijedeći dijagram pokazuje da se najveći dio energije troši za grijanje, što ujedno znači i da je to područje na kojemu se mogu ostvariti najveće uštede.

Potrošnja energije u kućanstvima



Slika 3. Struktura potrošnje energije u kućanstvima u Hrvatskoj[4]

Toplinskom bilancom određuje se koliko je potrebno toplinske energije za grijanje objekta. Treba naglasiti da sustavi grijanja sudjeluju s preko 50% u ukupnim energetske potrebama zgrade, a dok zgrada ima dovoljnu količinu topline za pokrivanje toplinskih gubitaka u zgradi će se moći održavati željena temperatura a time i toplinska ugodnost. Toplinski gubici zgrade sastoje se od transmisijskih toplinskih gubitaka i ventilacijskih toplinskih gubitaka. Transmisijski gubici su oni koji nastaju prolazom topline kroz ovojnicu zgrade prema vanjskom okolišu, a ventilacijski toplinski gubici su oni koji nastaju zbog hladnog vanjskog zraka koji ulazi u zgradu iz okoline. Osim toplinskih gubitaka u zgradi postoje i toplinski dobici (dobici od rasvjete, električnih uređaja, ljudi, sunčevog zračenja). U ovom proračunu u obzir su uzeti samo toplinski dobici od sunca jer se smatra da upravo ti dobici imaju najveći utjecaj na građevinu. Na slici 1. vidljiva je raspodjela potrošnje energije po segmentima u stambenim zgradama dok je taj odnos nešto drugačiji u poslovnim zgradama. Kao što je već rečeno najviše energije troši se za grijanje zgrade što znači da se dobrom izolacijom zgrade i upotrebom kvalitetnog materijala pri njezinoj izradi mogu ostvariti prilično velike uštede energije, a samim time i uštede novca. Dakle može se zaključiti da ukupna potrošnja energije u zgradi ovisi o sljedećim sustavima i dijelovima zgrade[4]:

- Ovojnicu zgrade (zidovi, pod, strop, krov i pripadajuća toplinska zaštita, prozori)
- Sustavu grijanja prostora
- Sustavu ventilacije i klimatizacije

- Sustavu za pripremu potrošne tople vode
- Sustavu električne rasvjete
- Ostalim uređajima

Zadatak ovog rada je napraviti energetske neutralnu zgradu što znači da će se morati svi gore navedeni utjecaji iskoristiti na najbolji mogući način te će se uz to koristiti i obnovljivi izvori energije. Neke od mogućnosti u analizi su i korištenje su kotlova na biomasu ili sunčevih kolektora za grijanje i pripremu tople vode, te toplinskih pumpi. Osim toga, obnovljivi izvori energije mogu se koristiti i za proizvodnju električne energije pomoću fotonaponskih panela ili vjetrogeneratora. Ovaj problem obrađen je u drugom dijelu zadatka.

1.2.1 Ocjena učinkovitosti s obzirom na potrošnju energije u zgradi

Za određivanje energetske učinkovitosti u zgradama koristi se indikator energetske učinkovitosti, tj. godišnja potrošnja energije po jedinici površine. Ovaj indikator koristi se za[4]:

- Ocjenju učinkovitosti potrošnje energije u postojećim zgradama, uzimajući u obzir stanje njihove ovojnice i učinkovitosti tehničkih sustava
- Praćenje i ocjenju učinka provedenih mjera energetske učinkovitosti
- Usporedbu i analizu s drugim objektima iste namjene
- Ocjenju budućih energetske potreba novih građevina prilikom njihova projektiranja
- Energetska značajka označava se s E , te se izražava jedinicom kWh/m^2 godišnje

$$E = \frac{Q}{A_{gr}} \left[\frac{kWh}{m^2 god} \right] \quad (1)$$

Ukupni energetske broj određuje se zbrajanjem svih pojedinih energetske brojeva: energetske broj za grijanje sustava, energetske broj za pripremu tople vode i za ostalu tehničku opremu. Prema tome ukupni energetske broj jednak je:

$$E = E_{GR} + E_{PTV} + E_o \quad (2)$$

Potrebno je istaknuti da je ovaj indikator usporediv samo za objekte sličnog načina uporabe kao što su hoteli, kazališta, škole, i dr. Osim ovakvog načina prikazivanja potrošnje energije, potrošnja se može prikazati i po broju osoba koje borave u prostoriji ili prema nekom drugom čimbeniku koji ima značajan utjecaj na potrošnju energije objekta. Neke ciljane vrijednosti koje daje Europska unija dane su u tablici:

Tablica 1. Ciljane vrijednosti energetske brojeva[4]

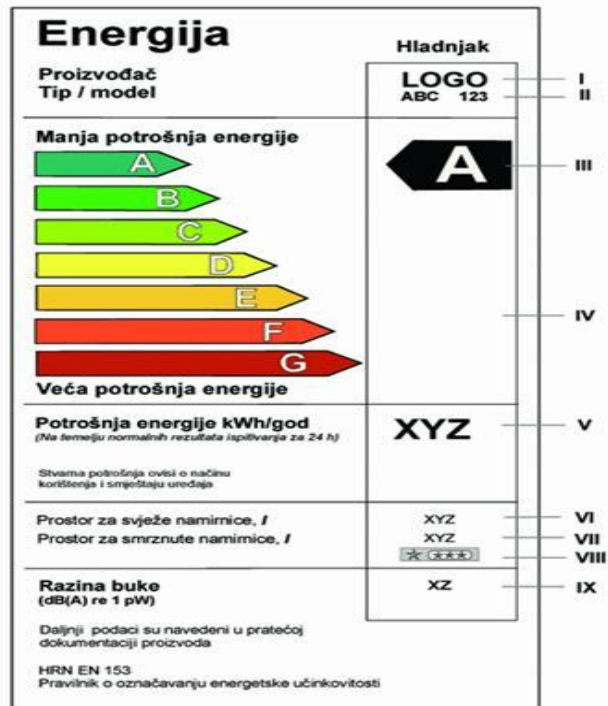
	Egr kWh/m2	Eptv kWh/m2	Eo kWh/m2	E kWh/m2
Obiteljska kuća	55	25	25	105
Objekt s više stanova	50	20	25	95
Poslovni objekt	45	15	20	80

Iako postoji ukupni energetski broj, koji govori o cjelokupnoj energetskoj potrošnji zgrade, ipak se najčešće koristi energetski broj za grijanje prostora, budući da se najviše energije u zgradi koristi za grijanje zgrade, dakle taj energetski broj najčešće je mjerodavan za uspoređivanje kvalitete pojedinih zgrada.

Tablica 2. Ocjena učinkovitosti potrošnje toplinske energije u zgradi (Republika Hrvatska) [8]

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

Iz tablice 2. vidljiva je podjela zgrada prema potrošnji energije za grijanje. Tako su zgrade podijeljene u klase od A+ do G, ovisno energijskom broju za grijanje. Zgrade koje su građene 50-ih ili 60-ih godina prošlog stoljeća mogu imati potrošnju toplinske energije za grijanje i do 300 kWh/m²god [4] što znači da se za grijanje prostora troši ogromna količina toplinske energije. Današnje zgrade nalaze se najčešće u grupi C s potrošnjom od oko 80–100 kWh/m², dok će se u budućnosti naravno težiti prema nižim vrijednostima. Osim težnje ka smanjenju potrošnje toplinske energije za grijanje prostorija, potrebno je smanjiti i potrošnju električne energije. Danas svako kućanstvo ima značajan broj uređaja koji za svoj rad trebaju električnu energiju. Budući svako kućanstvo s vremenom značajno povećava broj takvih uređaja to znači da će potrošnja električne energije također rasti. Da bi se smanjio trend naglog rasta potrošnje električne energije, te da bi se nakon nekog vremena čak i smanjila potrošnja potrebno je provesti mjere upoznavanja ljudi s problemom koji se javlja te ugrađivati energetske učinkovitije uređaje.



Slika 2. Primjer izgleda energetskih oznaka koje se koriste na hrvatskom tržištu[4]

2. POSTUPAK PRORAČUNA

Proračun je podijeljen u nekoliko dijelova radi što bolje preglednosti i jednostavnosti njegove izvedbe

2.1 Proračun toplinskih gubitaka

Proračun toplinskih gubitak proveden je prema EN ISO 13790, gdje su se toplinski gubici podijelili na ventilacijske te na transmisivske gubitke kojima se pridodaju toplinski dobiti od sunčeva zračenja. Jednadžba toplinske bilance glasi:

$$\Phi_h = \Phi_1 - \eta\Phi_s \quad (3)$$

$$\Phi_1 = (H_T + H_V) * (\mathcal{G}_{\text{int}} - \mathcal{G}_e) \quad (4)$$

2.1.1 Proračun transmisivskih gubitaka

Transmisivski toplinski gubici su oni gubici koji se javljaju zbog temperaturne razlike između grijanog prostora i vanjskog okoliša. To su gubici topline kroz zidove, stropove, podove, prozore i vrata. Teži se dakako prema što manjim transmisivskim toplinskim gubicima da bi se trošilo što manje toplinske energije za grijanje. Smanjenje toplinskih gubitaka transmisivskom postiče se upotrebom materijala sa dobrim izolacijskim svojstvima ili značajnim povećanjem debljine već postojećih materijala. Transmisivski toplinski gubici računati su prema formuli:

$$H_T = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{t,ig} + H_{T,ij}) \quad (5)$$

- $H_{T,ie}$ - koeficijent transmisivskog gubitka topline od grijanog prostora prema vanjskom okolišu

- $H_{T,iue}$ - koeficijent transmisijskog gubitka topline od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu
- $H_{t,ig}$ - koeficijent transmisijskog gubitka topline od grijanog prostora prema tlu
- $H_{T,ij}$ - koeficijent transmisijskog gubitka topline od grijane prostorije kroz prostoriju grijanu na nižu temperaturu prema vanjskom okolišu.

Koeficijent transmisijskog gubitka topline od grijanog prostora prema vanjskom okolišu:

$$H_{T,ie} = \sum U_k A_k \quad (6)$$

Ovim koeficijentom obuhvaćeni su transmisijski gubitci direktno prema vanjskom okolišu. Vidljivo je da koeficijent transmisijskih toplinskih gubitaka direktno ovisi o koeficijentu prolaza topline kroz vanjski zid i površini vanjskog zida.

Koeficijent transmisijskog gubitka topline od grijanog prostora kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu:

$$H_{T,ie} = \sum U_k A_k b_u \quad (7)$$

Ovaj koeficijent odnosi se na transmisijske gubitke grijane prostorije prema vanjskom okolišu, ali toplina najprije između grijane prostorije i vanjskog okoliša prolazi kroz negrijanu prostoriju. Jednadžba ima iste članove kao i ona prije navedena, jedina razlika je u tome što imamo faktor smanjenja temperaturne razlike b_u , radi toga što nemamo direktan prijenos topline iz grijane prostorije prema vanjskom okolišu.

$$b_u = \frac{\vartheta_{\text{int}} - \vartheta_u}{\vartheta_{\text{int}} - \vartheta_e} \quad (8)$$

\mathcal{G}_{int} - temperatura grijane prostorije

\mathcal{G}_u - temperatura susjedne negrijane prostorije

\mathcal{G}_e - vanjska temperatura

Koeficijent transmisivnog gubitka topline od grijanog prostora prema tlu.

$$H_{T,ie} = b_u \left(\sum_k A_k U_{eq,k} \right) G_w \quad (9)$$

Faktor G_w predstavlja korekcijski faktor za utjecaj podzemne vode. Ukoliko je podzemna voda na udaljenosti manjoj od 1m tada on iznosi 1,15 a ukoliko je voda na dubini većoj od 1 m tada mu je iznos jednak 1, dok faktor b_u predstavlja faktor smanjenja temperaturne razlike, koji se računa prema izrazu (8).

Koeficijent transmisivnog gubitka topline od grijane prostorije kroz prostoriju grijanu na nižu temperaturu prema vanjskom okolišu.

$$H_{T,ie} = \sum b_u A_k U_k \quad (10)$$

2.1.2 Proračun ventilacijskih gubitaka

Ventilacijski gubici su gubici koji nastaju zbog zagrijavanja hladnog vanjskog zraka koji je ušao u grijani prostor kroz prozore i vrata. Ventilacijski toplinski gubici također su rađeni prema EN ISO 13790, te mogu bit jako značajni jer mogu iznositi i do 50% ukupnih toplinski gubitaka.

$$H_V = V * \rho * c_z \quad (11)$$

Dakle, iz jednadžbe je vidljivo da ukoliko se želi izračunati ventilacijske toplinske gubitke mora biti poznat volumni protok zraka koji je ušao u prostoriju. Volumni protok zraka određen je preko minimalnog broja izmjena koji se razlikuje za svaku prostoriju ovisno o njezinoj namjeni.

$$V = n * V_R \quad (12)$$

$$n_{\min} = 0,2 \div 2 \text{ 1/h (ovisno o tipu prostorije)}$$

Gornjom jednadžbom računa se higijenski minimalano potreban protok zraka u prostoriju da bi se omogućilo nesmetano disanje ljudi i ugodnost boravka u prostoriji. Vidljivo je da faktor izmjene zraka ovisi o tipu prostorije, jer svaka prostorija ovisno o namjeni treba drugačiju količinu zraka.

2.2. Toplinski dobici od Sunca

Toplinski dobici zračenjem od Sunca mogu imati značajan utjecaj na toplinsku ravnotežu u prostorijama pa se ti dobici uzimaju u obzir. Proračun se provodi prema formuli:

$$Q_s = \sum I_{Sj} \sum A_{snj} \quad (13)$$

Gdje I_{Sj} predstavlja sunčevo zračenje na određenu površinu u određenom trenutku, dok A_{snj} predstavlja korigiranu površinu tijela na koje dolazi sunčevo zračenje. Treba naglasiti da su u obzir uzimane samo prozirne površine radi jednostavnosti proračuna.

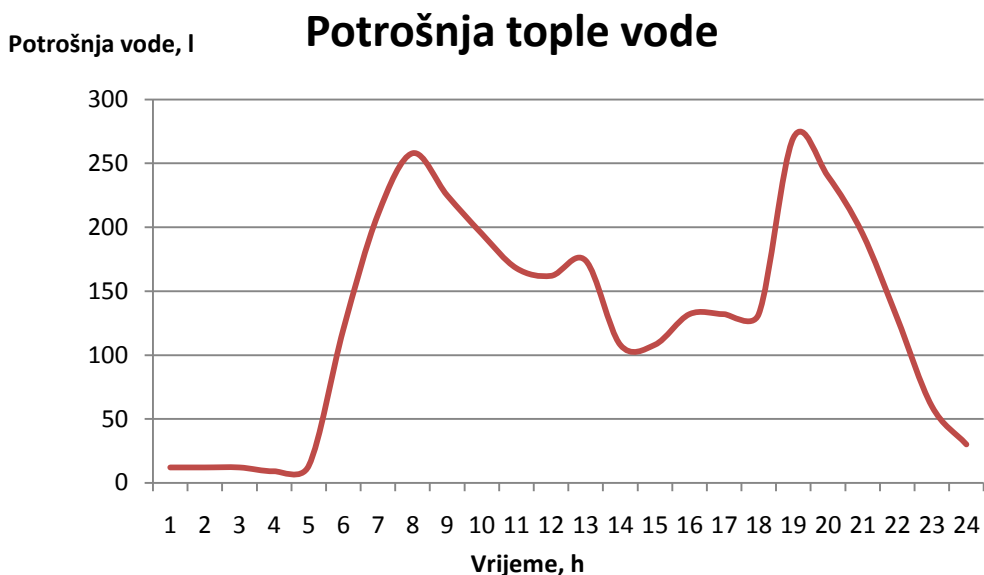
$$A_s = A * F_s * F_c * F_F * g \quad (14)$$

U gornjoj jednadžbi uzeti su brojni faktori u obzir, kao što su F_s koji predstavlja faktor zasjenjenja, F_c je faktor koji uzima u obzir zaštitu sa unutarnje strane prozora npr. zavjese.

Faktor F_F predstavlja odnos između ostakljene površine prozora i ukupne površine prozora, dok faktor g predstavlja količinu zračenja koja dolazi do prozora.

2.3. Potrošna topla voda

Zgrada toplinsku energiju osim za grijanje koristi i da bi se zagrijala sanitarna topla voda. Potrošnja tople vode u zgradi pretpostavljena je na osnovu iskustvenih podataka iz literature[9]. Dijagram satne potrošnje tople vode u litrama prikazan je na slici 3.:



Slika 4. Dijagram dnevnog potrošnje tople vode

Iz dijagrama je vidljivo da se potrošnja tople vode mijenja ovisno o dobu dana, tako je prvi vrhunac ujutro kada se ljudi bude i spremaju za posao, zatim dolazi do smanjenja potrošnje sve do kasnog poslije podneva kada nastupa lagani rast jer se ljudi vraćaju sa posla i tuširaju nakon radnog dana. Zavisno o protočnoj količini vode mijenja se i potrebna snaga za njezino grijanje:

$$Q_v = V_v * c_w * \rho * \Delta T \quad (15)$$

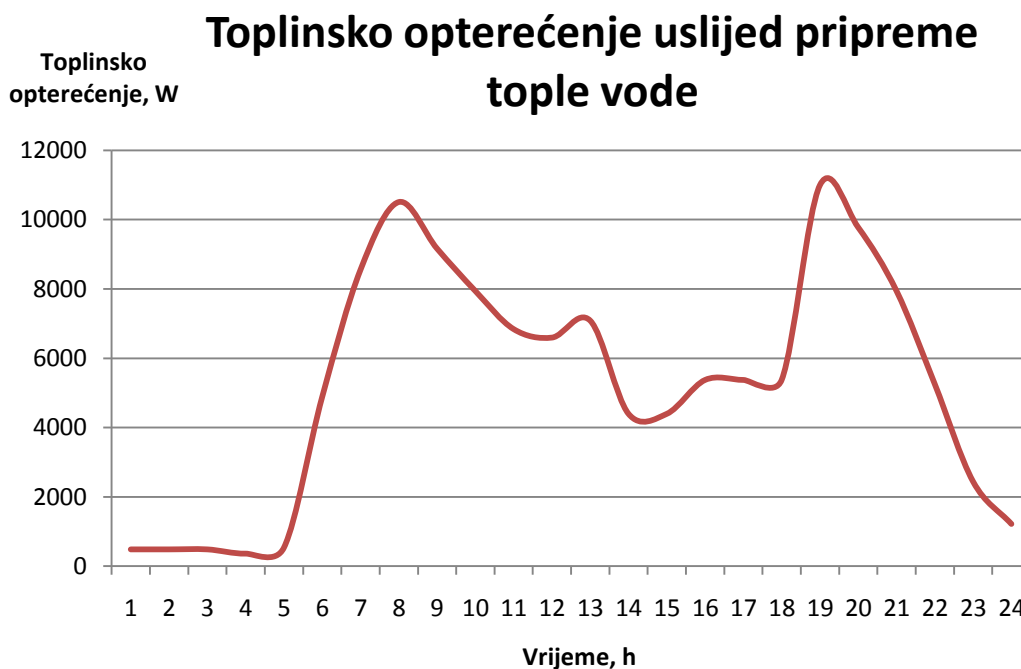
V_v - volumni protok vode, m³/s

c_w - specifični toplinski kapacitet vode, J/kgK

ρ - gustoća vode, kg/m³

ΔT - razlika temperature vode na ulazu i izlazu u sustav, K

Oblikom prethodne formule moguće je zaključiti da će izgled dijagrama potrošnje toplinske energije za pripremu tople vode biti identičnog karaktera kao i dijagram potrošnje u litrama, samo će vrijednosti na osima biti različite. Dijagram potrošnje toplinske energije je ono što se uzima u obzir u ovom zadatku jer je potrebno odrediti energetske tokove u zgradi. Pretpostavlja se da se prema ovom karakteru troši voda tokom cijele godine, tako će se taj dijagram ponavljati svaki dan u godini i on će određivati potrošnju toplinske energije za grijanje tople vode. Jasno je da će u pojedinim danima (vikend, ljeto, zima, i sl.) u godini potrošnja tople vode biti nešto drugačija od ovog karaktera, ali se sa približnom točnošću može pretpostaviti ovakva potrošnja u svakom danu radi pojednostavljenja proračuna.

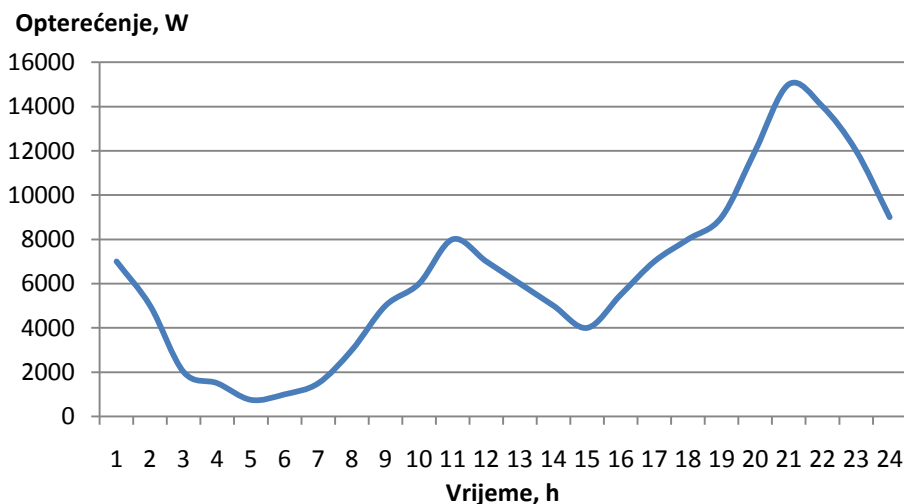


Slika 5. Dijagram toplinskog opterećenja za grijanje tople vode

2.4. Potrošnja električne energije

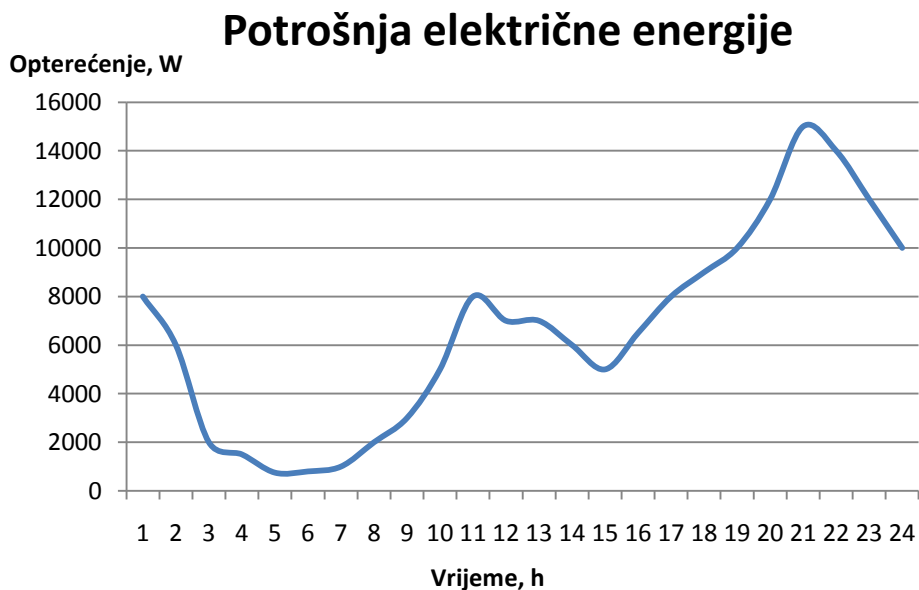
Dnevni profil potrošnje električne energije izrađen je iskustveno tako da su popisani svi uređaji u stanu i njihove snage, te se na taj način pratilo njihovo paljenje i gašenje tokom dana. Prilikom izrade dijagrama vodilo se računa o kućanskim uređajima koji se nalaze u stanovima te o dobu dana, jer potrošnja električne energije nije ista u svakom trenutku.

Potrošnja električne energije



Slika 6. Dijagram dnevne potrošnje električne energije za radni dan

Dakle, dijagram predstavlja dnevni profil potrošnje električne energije za radni dan. Vidljivo je da u danu ima trenutaka kada je potrošnja električne energije nešto niža te trenutaka kada je potrošnja električne energije izrazito velika. U ranojutarnjim satima potrošnja električne energije je gotovo zanemariva, zatim potrošnja polagano raste kako se ljudi bude i pripremaju za posao, nakon toga opet dolazi lagani pad potrošnje sve do poslijepodnevni sati kada se ljudi vraćaju sa posla i kada dolazi do ponovnog porasta potrošnje. Najveća potrošnja električne energije javlja se u večernjim satima kada se ljudi odmaraju od dnevnih aktivnosti i obaveza, a značajno u tim satima na potrošnju utječe i rasvjeta koja je upaljena. Jasno je da će profil potrošnje električne energije vikendom izgledati nešto drugačije nego radnim danom budući većina ljudi ne radi vikendom ili ima kraće radno vrijeme, pa ukoliko su kod kuće tada troše više električne energije nego radnim danom. Dijagram potrošnje električne energije vikendom prikazan je na slici 6.:



Slika 7. Dijagram potrošnje električne energije vikendom

Vidljivo je da se dijagram potrošnje električne energije vikendom po svom izgledu ne razlikuje značajno od dijagrama potrošnje radnim danom. Izgled dijagrama je u pravilu jako sličan, ali se razlikuju po tome što dijagram za vikend ima nešto veću potrošnju električne energije u pojedinim satima.

2.4.1 Potrošnja električne energije za hlađenje prostora

Osim potrošnje električne energije za pogon uobičajenih kućanskih uređaja i rasvjete, električna energije troši se i za pogon klima uređaja koji služe za hlađenje prostora. Pretpostavljeno je da svaki stan ima jedan klima uređaj koji se nalazi u dnevnom boravku. Ta pretpostavka uzeta je u obzir zbog toga što većina ljudi iz pojedinog stana najviše vremena provodi baš u dnevnom boravku. Proračun potrebne snage uređaja za hlađenje prostora raden je paušalno prema tablici[4]:

Tablica 3. Proračun rashladnog učinka prostorije

	x faktor
Površina prozorske plohe:	
- u sjeni	50
- izložena Suncu bez vanjskog sjenila	180
- izložena Suncu s unutarnjim sjenilom	135
- izložena Suncu s vanjskim sjenilom	90
Površina vanjskog zida:	
- izložena Suncu i izolirana	9
- izložena Suncu i neizolirana	23
- u sjeni i izolirana	7
- u sjeni i neizolirana	12
Površina unutarnjih zidova	10
Broj izmjena zraka u prostoriji	4,5
Broj osoba koje borave u prostoriji	144
Ukupna snaga električnih uređaja	1

Proračun preko tablice je prilično jednostavan, naime uzimaju se karakteristike i površine prostorije u kojoj računamo rashladni učinak, zatim se te površine ili pojedine karakteristike množe sa faktorima navedenim u tablici te se tako na jednostavan način dobiva snaga rashladnog uređaja koji nam treba da bi hladio željenu prostoriju. Tako je dobiveno da za jedan stan treba klima uređaj rashladnog učinka od 3500 W, a drugom stanu od 2500 W. Ukoliko se uzme da je COP=3 tada navedene vrijednosti rashladnog učinka odgovaraju vrijednostima električne snage od 1166,67 W i 833,33 W. Prilikom proračuna potrošnje energije za hlađenje uzeto je da se klima uređaji koriste samo u ljetnim mjesecima i to samo onda kada vanjska temperatura prelazi 26°C. Na taj način dobivena godišnja potrošnja energije za hlađenje prostora iznosi 1771,98 kWh. Ta vrijednost uzeta je i za 2019 godinu.

2.5 Stanje u 2019.god

Zadatak zahtijeva i opis stanja u 2019. godini te postizanje energetske neutralne zgrade sa takvim uvjetima. Glavna pretpostavka je da će u 2019. godini prilikom izgradnje zgrada biti korišteni znatno kvalitetniji materijali sa boljim koeficijentima toplinske provodljivosti, a korištenjem boljih materijala smanjuju se toplinski gubici zgrade. Toplinske gubitke potrebno je smanjiti što više da bi se toplina za grijanje zgrade i pripremu tople vode mogla pokriti sa obnovljivim izvorima energije a da to bude isplativo. Isto kao i u prijašnjem dijelu proračuna toplinski gubici su podijeljeni na transmisijske toplinske gubitke i na ventilacijske toplinske gubitke.

2.5.1 Transmisijski toplinski gubici

Proračun transmisijskih toplinskih gubitaka rađen je kao i u prvom dijelu zadatka, dakle prema EN ISO 13790, jedina razlika je u tomu što je pretpostavljeno da će materijali biti bitno kvalitetniji tj. imat će bolje koeficijente prolaza topline, dakle doći će do smanjenja transmisijskih toplinskih gubitaka. Koeficijenti prolaza topline iznose:

- $U_{proz} = 0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ - koeficijent prolaza topline prozora i balkonskih vrata
- $U_{uvrata} = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ - koeficijent prolaza topline unutarnjih vrata
- $U_{vzidova} = 0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ - koeficijent prolaza topline vanjskih zidova
- $U_{krova} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ - koeficijent prolaza topline ravnog krova
- $U_{poda} = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ - koeficijent prolaza topline poda

Postupak proračuna se provodi prema prije navedenim formulama, a budući da su svi podaci isti kao i prije osim što su koeficijenti prolaza topline značajno manji to ujedno znači da će doći do značajnog smanjenja transmisijskih toplinskih gubitaka.

2.5.2. Ventilacijski toplinski gubici

Identično kao što je pretpostavljeno da će doći do smanjenja transmisijskih gubitaka tako se pretpostavlja da će doći i do smanjenja ventilacijskih toplinskih gubitaka. Smanjenje ventilacijskih toplinskih gubitaka postiže se ugradnjom kvalitetnijih prozora i balkonskih vrata koji imaju manje propuštanje vanjskog zraka kroz zazore, također je uveden rekuperator topline koji se ugrađuje u ventilacijski sustav[10]. Iskustveno je utvrđeno da prilikom prisilne ventilacije broj izmjena zraka u prostoriji iznosi 1,5 izmjena u satu, pa se ventilacijski gubici u ovom slučaju određuju preko:

$$H_{ve} = \rho * c_z * (\sum b_{ve} * q_{ve}) \quad (16)$$

Kao što se vidi jednadžba predstavlja koeficijent ventilacijskih toplinskih gubitaka za prostorije s prisilnom ventilacijom. Faktor b_{ve} je faktor koji uzima u obzir stupanj povrata topline, uzeto je da će taj stupanj u 2019. god. iznositi 70%.

$$b_{ve} = (1 - f_{ve} * \eta) \quad (17)$$

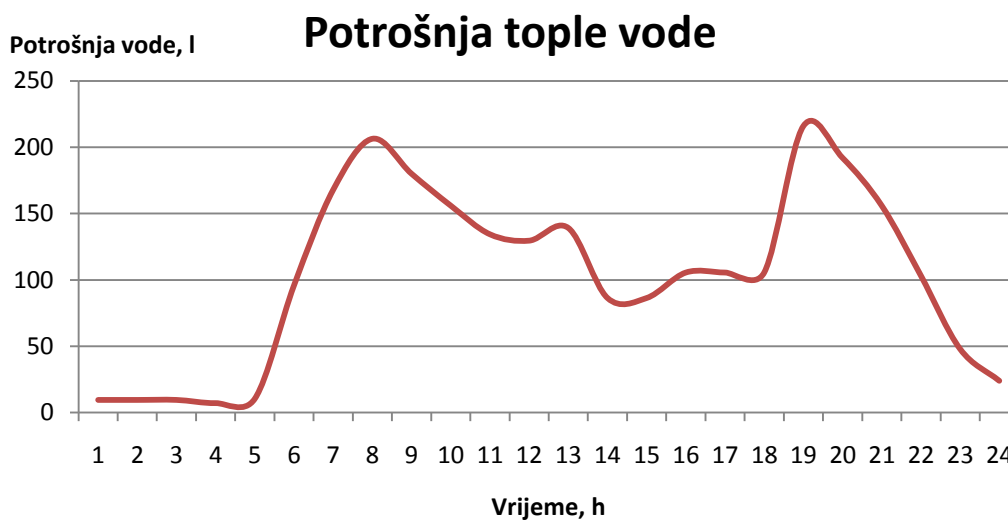
Budući se stupanj povrata topline računa preko jednadžbe koja u obzir uzima temperaturne razlike između stanja zraka, tako se na jednostavan način može dobiti temperatura s kojom vanjski zrak ulazi u prostoriju.

$$\eta = \frac{g_{sup} - g_e}{g_{int} - g_e} \quad (18)$$

Vidljivo je da će vanjski zrak koji prolazi kroz rekuperator u prostoriju ulaziti sa znatno većom temperaturom od vanjske čime se bitno smanjuju ventilacijski toplinski gubici.

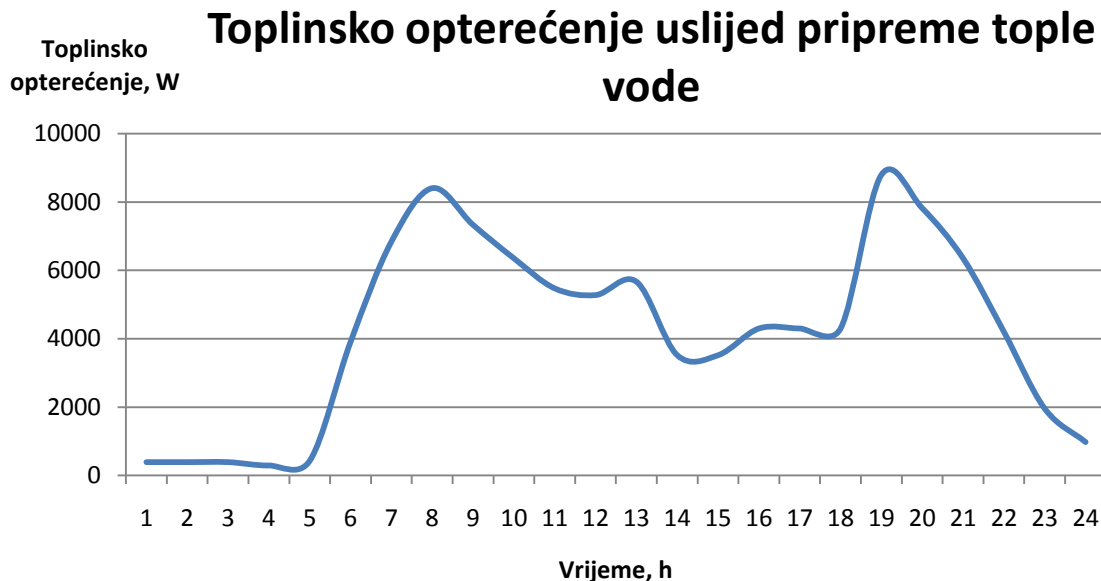
2.5.3 Potrošna topla voda

Kada se govori o potrošnji tople vode jako je teško reći u kojem će se smjeru kretati njezina potrošnja, dali će se smanjiti ili će porasti, ali je u ovom zadatku pretpostavljeno da će se različitim mjerama energetske efikasnosti i osvješćenja ljudi uspjeti smanjiti njezina potrošnja za 20%. Takvo smanjenje može se postići nizom jednostavnih i “bezbolnih” mjera kao što su [11]: tuširanje umjesto dugotrajnog boravka u kadi jer se tuširanjem potrošnja tople vode se obzirom na kupanje može smanjiti i do 80% [12], ugradnja tuševa i ostalih uređaja sa nižim protokom tople vode i slavina sa boljim raspršivanjem vode, također se može pretpostaviti da će većina kućanstava imati perilice za suđe te će se na taj način također značajno smanjiti potrošnja tople vode prilikom pranja posuđa.



Slika 8. Dnevna potrošnja tople vode u 2019.

Dijagram ima isti oblik kao i prethodni za potrošnju tople vode, jedina razlika je što se iz ovog vidi da je potrošnja vode niža, a samim time i potrošnja toplinske energije za njezino zagrijavanje. Za određivanje toplinske energije za grijanje tople vode koristi se ista formula kao i prije, pa se dobiva dijagram potrošnje toplinske energije.

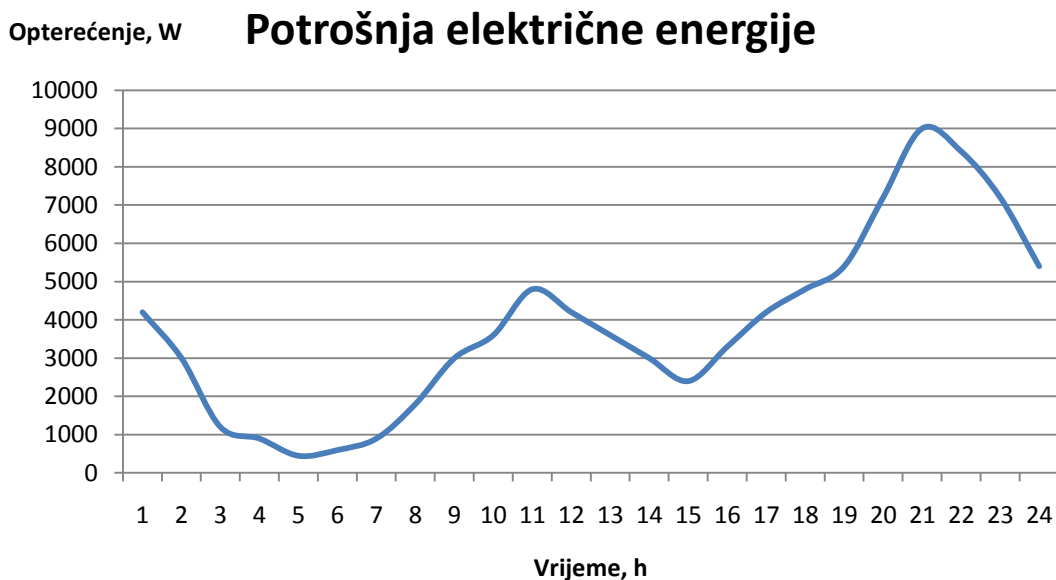


Slika 9. Dijagram toplinskog opterećenja za grijanje tople vode

Poduzimajući određene mjere smanjenja potrošnje tople vode a samim time i potrošnje toplinske energije vidljivo je da je došlo do određenih ušteda u potrošnji, možda ne značajno na dnevnoj razini ali kao što će kasnije biti pokazano na godišnjoj razini postignute su osjetne uštede.

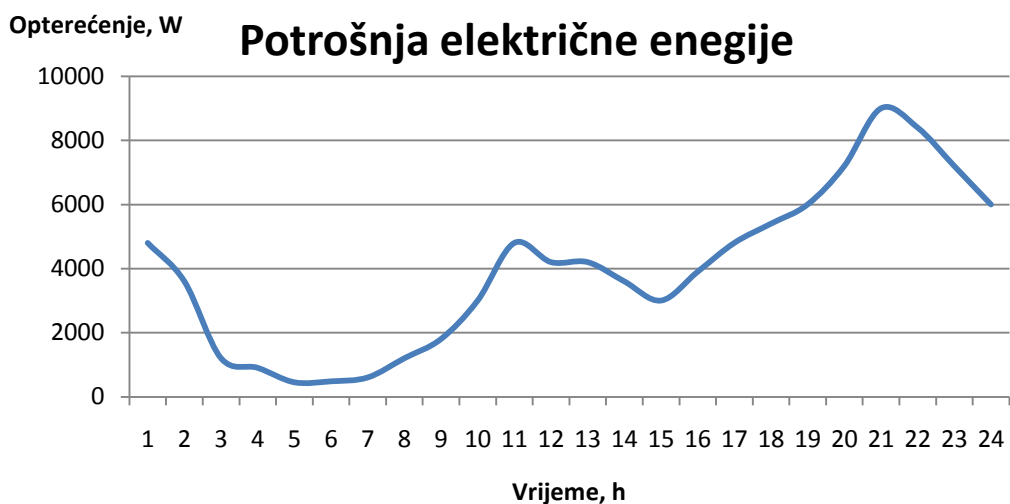
2.5.4 Potrošnja električne energije

Smatra se da će do 2019. godine u većini kućanstava bit energetski znatno učinkovitiji električni uređaji nego što su danas, isto tako je pretpostavljeno da će sami ljudi električnu energiju koristiti racionalnije, pa će i potrošnja električne energije biti manja. Korištenje novijih uređaja višeg energetskog razreda podrazumijeva da ti uređaji spadaju u razred A ili A+ te time ostvaruju uštede električne energije i do 50%[4]. Isto tako može se zamjenom starih rasvjetnih tijela novijim (fluorokompaktne žarulje i štedne žarulje) uštedjeti i do 80% električne energije koju su trošila rasvjetna tijela. Tako je u ovom radu pretpostavljeno da će se potrošnja električne energije u objektu smanjiti za 40%. Ukoliko se pretpostavi da će se svi stari uređaji u stanu zamijeniti novima još značajnija ušteda električne energije koja se troši na rasvjetu može se postići ugradnjom “pametnih” žarulja koje imaju senzor pokreta koji im govori kada se trebaju paliti, a kada gasiti.



Slika 10. Dijagram dnevne potrošnje električne energije za radni dan u 2019.

Dijagram ima isti oblik kao i u 2009. god., što znači da se pretpostavlja da će ljudi imati iste navike, ali će biti manje energetske rastrošni. Dijagram također ima dva vrhunca koji označavaju razdoblja kada ljudi idu na posao i kada navečer odmaraju. Isto kao što je pretpostavljeno da će dijagram potrošnje električne energije radnim danom imati isti oblik kao i prije, tako se to pretpostavlja i za dijagram potrošnje električne energije vikendom.



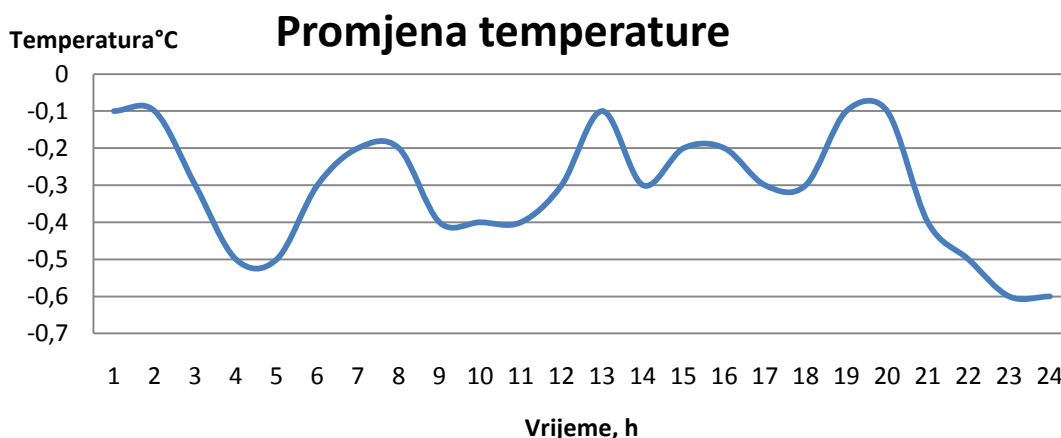
Slika 11. Dijagram potrošnje električne energije vikendom u 2019.

3. DOBIVENI REZULTATI I NJIHOVA ANALIZA

U ovom poglavlju će biti riječi o dobivenim rezultatima te će ti rezultati će biti pobliže objašnjeni.

3.1 Godišnji proračun toplinskog opterećenja-2009

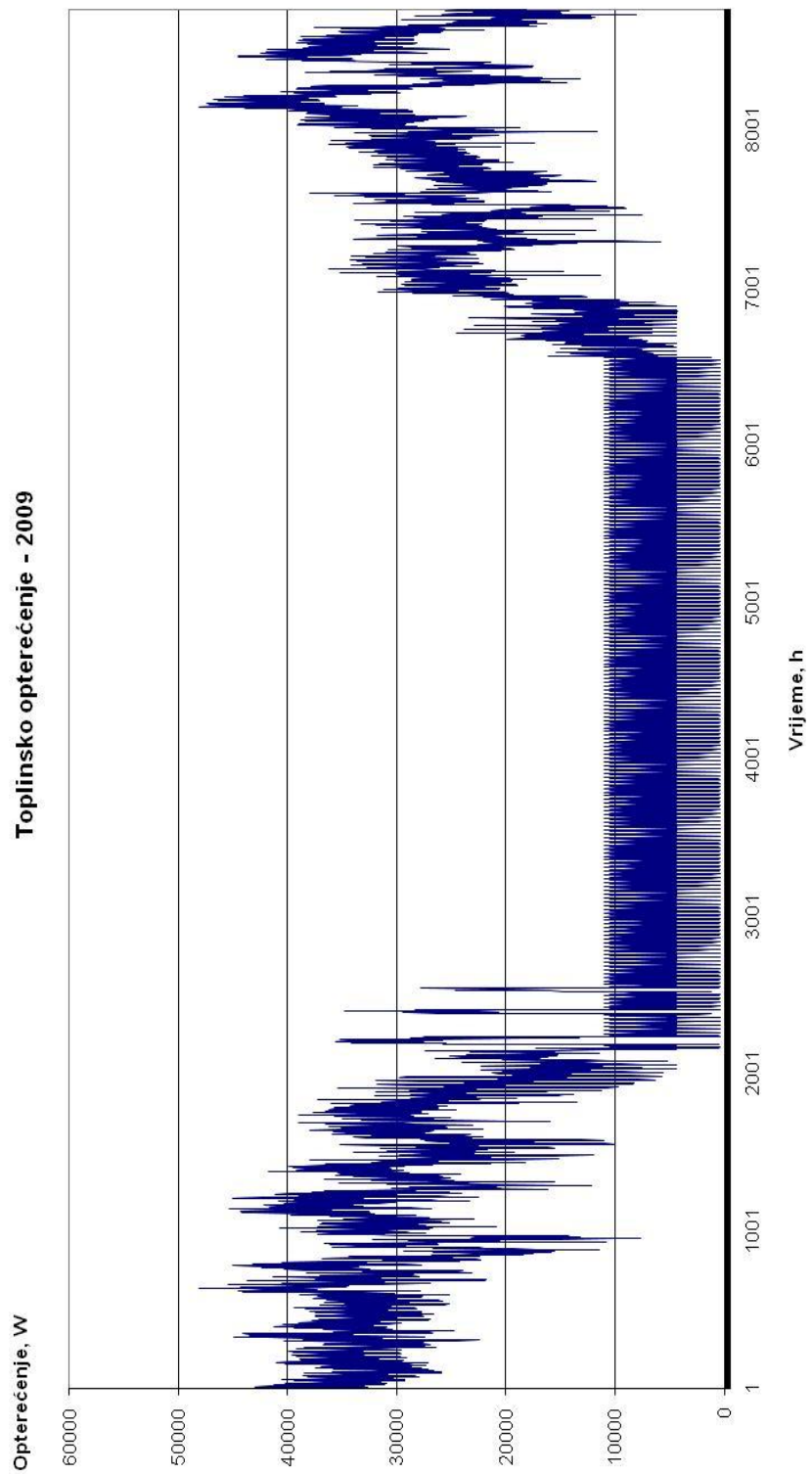
Godišnji proračun toplinskog opterećenja (toplinska energija za grijanje i pripremu tople vode) rađen je preko satnog opterećenja, dakle određeno je toplinsko opterećenje za svaki sat u periodu od godinu dana. Proračun je rađen tako da je za izračunavanje toplinskih gubitaka uzimana stvarna vrijednost vanjske temperature u pojedinom satu, a ne vanjska projektana temperatura, na taj način dobivene su točne vrijednosti toplinskog opterećenja za grijanje. Toplinska energija za pripremu vode ne ovisi o vanjskoj temperaturi već se mijenja prema prije navedenom dijagramu, toplinska energija za pripremu vode i za grijanje stavljaju se u zajednički dijagram. Budući da se toplinska energija za pripremu vode ne mijenja u ovisnosti o vanjskoj temperaturi, karakter dijagrama satnog opterećenja ovisit će ponajprije o toplini potrebnoj za grijanje objekta koja je direktno vezana na vanjsku temperaturu. Budući se vanjska temperatura značajno mijenja u periodu od godinu dana, tako se mijenja i potreba za grijanjem prostora. Kada je vanjska temperatura najmanja potreba za grijanjem je najveća, a kada vanjska temperatura prijeđe određenu vrijednost uzima se da grijanje nije potrebno. Tako je u ljetnim mjesecima grijanje isključeno.



Slika 12. Dnevna promjena temperature-zimski dan

Na slici je prikazan temperaturni profil za jedan uobičajeni zimski dan. Vidljivo je da će za ovakav profil temperature toplinsko opterećenje za grijanje biti izrazito veliko budući je temperatura tokom cijelog dana manja od nule.

Na slici 12. prikazan je izgled toplinskog opterećenja u periodu od godinu dana. Vidljivo je da je toplinsko opterećenje najveće na početku i kraju godine tj. u zimskim mjesecima. Grijanje objekta je konstantno uključeno u periodu od 1.10 do 1.4, dok se u 9. i 5. mjesecu pali ovisno o vanjskoj temperaturi, tj. postavljen je uvjet da se grijanje pali kada je dnevna maksimalna temperatura vanjskog zraka manja od 15°C. Vidljivo je da se u ljetnim mjesecima toplinska energija koristi samo za grijanje tople vode. Pretpostavljeno je da se za dobivanje toplinske energije koristi kotao na prirodni plin koji je smješten u zaseban objekt pored zgrade, pa se može odrediti potrebna količina goriva za period od godinu dana, ali o tome će nešto kasnije biti riječi.



Slika 12. Satno opterećenje u periodu od godinu dana-2009.

3.1.1 Potrošnja toplinske energije

Kao što je već u prijašnjim poglavljima rečeno toplinska energija u postojećoj zgradi troši se za grijanje prostorija unutar zgrade kao i za pripremu potrošne tople vode. Budući je zgrada u 2009. godini slabije izolirana i nisu provedene gotovo nikakve mjere smanjenja potrošnje zgrada će u toj godini imati značajno veću potrošnju toplinske energije, nego nakon poboljšavanja karakteristika zgrade. Tako je iznos potrošene toplinske energije za grijanje zgrade u periodu od godinu dana:

$$Q_{top.potrošeno} = 139500,82 \text{ kWh}$$

$$Q_{top.grijanje} = 93348,79 \text{ kWh}$$

$$Q_{top.PTV} = 46152,03 \text{ kWh}$$

Uz prikazan iznos ukupno potrošene toplinske energije prikazano je i zasebno koliko toplinske energije otpada na pripremu tople vode, a koliko na grijanje prostorija. Tako se za grijanje prostorija koristi veći dio toplinske energije ili točnije 66,9%. Pomoću ovih rezultata može se pokazati potrošnja toplinske energije za grijanje prostora po m^2 , pomoću formule (1), što je jedan od načina ocjenjivanja energetske učinkovitosti zgrada, kao što je prikazano u tablici 2.

$$E_{GR} = 88,4 \text{ kWh/m}^2 \text{ god.}$$

Ovom energetsom broju za grijanje odgovara zgrada energetske učinkovitosti klase C prema Hrvatskom pravilniku, što je uobičajena klasa za današnje zgrade. Ovakav rezultat je i očekivan budući je zgrada rađena prema današnjim zakonima i propisima prema kojima zgrade nesmiju trošiti više od $90 \text{ kWh/m}^2 \text{ god.}$ toplinske energije za grijanje. Budući je pretpostavljeno da zgrada toplinsku energiju dobiva od kotla koji je smješten u posebnoj građevini uz zgradu te taj kotao kao izvor topline koristi prirodni plin to znači da se na prilično jednostavan način može odrediti potrebna količina prirodnog plina za period od godinu dana.

$$V_{plina\ gr.} = 9826,19\ m^3$$

$$V_{plina\ PTV} = 4858,11\ m^3$$

$$V_{plina\ uk.} = 14684,3\ m^3$$

Poznavanjem potrebne količine plina i cijene plina moguće je na jednostavan način odrediti trošak grijanja i trošak pripreme tople vode. Potrebno je naglasiti da je za cijenu plina uzeta vrijednost od $2,89\ kn/m^3$, budući je to cijena koja će vrijediti nakon najavljenog poskupljenja plina od 25%.

$$T_{grijanja} = 28397,68\ kn$$

$$T_{PTV} = 14039,93\ kn$$

$$T_{ukupno=} = 42437,61\ kn$$

Vidljivo je da je godišnji trošak za potrošnju toplinske energije prilično velik, no ukoliko se taj trošak podijeli na 12 stanova koliko ih ima u zgradi, te na 12 mjeseci tada taj trošak iznosi:

$$T_{grijanja,mjes.} = 197,21\ kn$$

$$T_{PTV,mjes} = 97,5\ kn$$

$$T_{ukupno=} = 294,71\ kn$$

Ljudi danas postaju sve svjesniji efekta globalnog zatopljenja koji je prouzročen velikim emisijama ugljik-dioksida koji nastaje kao posljedica proizvodnje različitih oblika energije. Tako je i u ovom radu određena emisija ugljik-dioksida zbog potrošnje toplinske i električne energije[13].

Tablica 4. Faktori za proračun emisija CO₂ za električnu i toplinsku energiju u Hrvatskoj[4]

	gCO ₂ /kWh	gCO ₂ /MJ
Specifična emisija CO ₂ za potrošnju električne energije	276,5	-
Specifična emisija CO ₂ za potrošnju toplinske energije	269,39	74,83

Tablica je dobivena na način da su se u obzir uzela sva postrojenja u Republici Hrvatskoj, dakle na sve vrste goriva, te je na taj način dobiven prosjek. Emisija ugljik-dioksida za proizvodnju toplinske energije na taj način iznosi:

$$EM = 37,886 \text{ tCO}_2 / \text{god.}$$

Godišnja količina ispuštenog ugljik-dioksida u atmosferu radi proizvodnje toplinske energije za potrebe zgrade iznosi oko 38 t. Budući da su faktori iz tablice rađeni kao prosječna vrijednost, tako je radi sigurnosti rađen proračun emisija i prema formuli:

$$EM = EFC * H_d * O_c * 44/12 * Q \quad (19)$$

Budući se u gornjoj formuli računa emisija ugljik-dioksida za točno određeno gorivo i točno određenu količinu goriva, pretpostavlja se da je vrijednost dobivena prema toj jednadžbi točnija. Vrijednost faktora iz gornje jednadžbe za neke vrste goriva navedena je u tablici 6.

Tablica 5. Faktori za proračunavanje emisija nastalih sagorijevanjem različitih energenata

	EFC (tC/TJ)	Hd (GJ/(10 ³ m ³))	Oc
Prirodni plin	15,3	34	0,995
Ukapljeni naftni plin	17,2	46,89	0,99
Loživo ulje	21,1	40,19	0,99
Ekstralako loživo ulje	20,2	42,71	0,99
Kameni ugljen	25,8	24,3	0,98
Mrki ugljen	26,2	18,2	0,98
Lignit	27,6	12,15	0,98
Ogrjevno drvo	-	9	-

Vrijednost dobivene emisije ugljik-dioksida izračunate preko formule, uzimajući faktore iz tablice dobiva je:

$$EM = 31,857 \text{ tCO}_2 / \text{god.}$$

3.1.2 Potrošnja električne energije

Godišnja potrošnja električne energije jednaka je zbroju svih dnevnih potrošnji tokom godine prikazanih u dijagramima.

$$Q_{\text{elektr.}} = 57448,41 \text{ kWh}$$

Prikazanoj godišnjoj potrošnji električna energije odgovara potrošnja od 4787,36 kWh po pojedinom stanu u zgradi. Za cijenu električne energije uzeta je vrijednost od 0,6 kn/kWh, pa tada cijena potrošnje električne energije za cijelu godinu iznosi:

$$T_{\text{elektr.}} = 34469,05 \text{ kn}$$

$$T_{\text{elektr. mjes}} = 239,37 \text{ kn}$$

Cijena potrošene električne energije za pojedini stan svedena na period od mjesec dana iznosi 239,37 kn. Također je izračunata emisija ugljik-dioksida na razini elektrane koja nastaje prilikom proizvodnje potrebne električne energije. Emisija je izračunata pomoću faktora iz tablice 5.

$$EM=15,88 \text{ tCO}_2 / \text{god.}$$

3.1.3 Eksterni troškovi (Vanjski troškovi)

U posljednje vrijeme jedan od glavnih smjerova istraživanja u okviru analize različitih tehnologija za proizvodnju električne energije je proučavanje utjecaja na okoliš i ljudsko zdravlje[14]. Budući su eksterni troškovi oni troškovi koji se plaćaju radi vanjskog utjecaja (biljke, životinje, ljude, okolne građevine, transport, i sl.) prilikom proizvodnje električne energije tada će i oni biti jedna od komponenata za odlučivanje o budućim energentima koji će se koristiti[15]. Eksterni troškovi nisu uračunati u cijenu proizvodnje električne energije, jer su to troškovi koji imaju neizravan utjecaj na okolinu, tj. to su troškovi koji nastaju izvan direktnog proces proizvodnje električne energije (transport sirovina, naknade za utjecaj na okoliš, i sl). Namjena je eksternih troškova sasvim općenito, da potakne promjene prema ekološki svjesnijem ponašanju. Eksterni troškovi mogu služiti za usporedbu različitih tehnologija za proizvodnju električne energije i različitih strategija razvoja elektroenergetskog sustava s obzirom na njihov utjecaj na okoliš. U slijedećoj tablici prikazani su eksterni troškovi za proizvodnju električne energije u nekim europskim zemljama

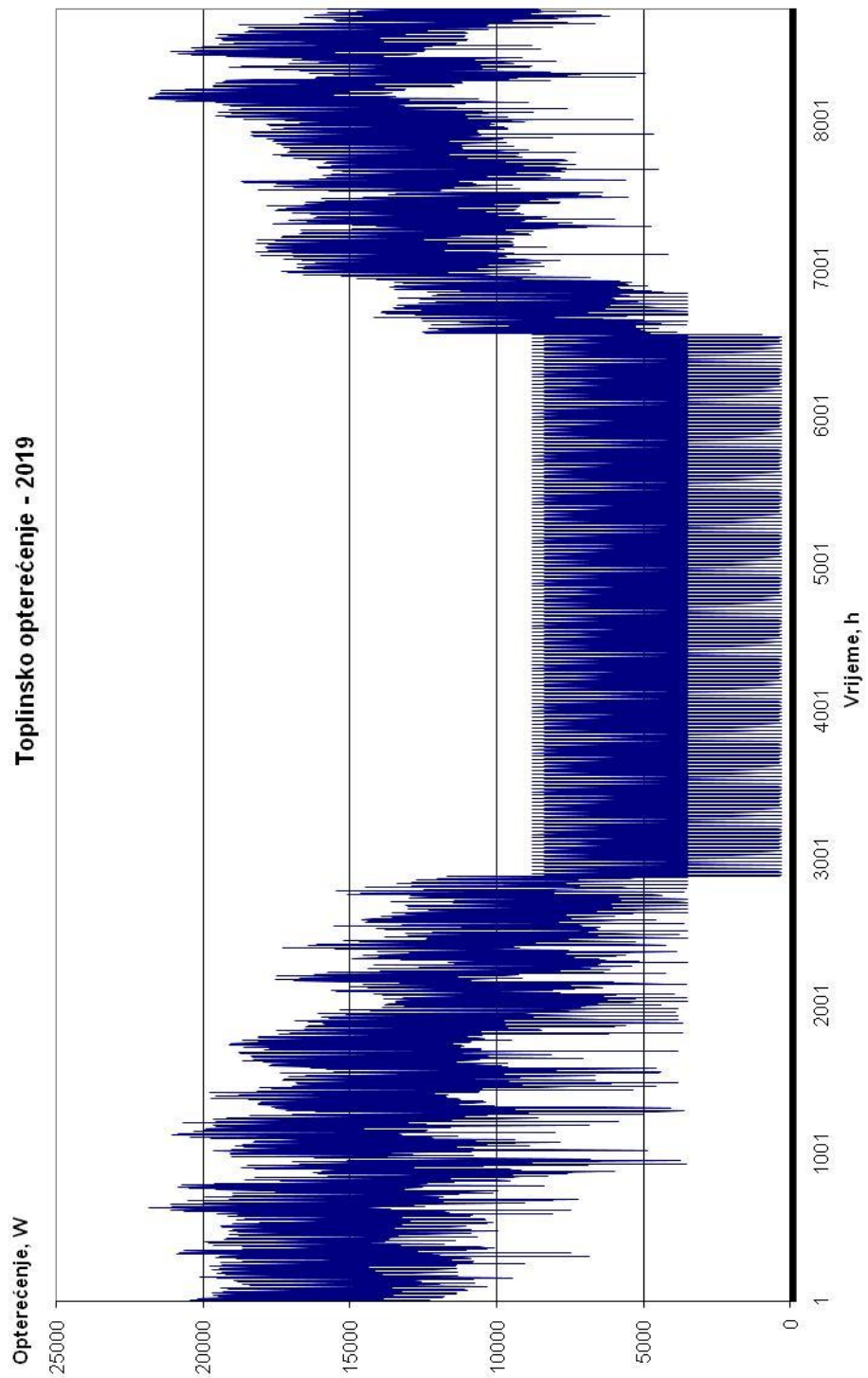
Tablica 6. Eksterni troškovi za neke Europske države[15]

Zemlja	Eksterni trošak za proizvodnju električne energije za neke postojeće tehnologije, €cent/kWh					
	Ugljen	Plin	Nuklearna	Biomasa	Hidro.	Vjetar
Austrija	-	1 do 3	-	2 do 3	0,1	-
Estonija	5 do 8	1 do 2	-	3 do 5	-	0,2
Francuska	7 do 10	2 do 4	0,3	1	1	-
Njemačka	5 do 8	1	-	0,8	1	0,25
Nizozemska	3 do 4	1 do 2	0,7	0,5	-	-
Danska	4 do 7	2 do 3	0,2	3	-	0,05

Budući da u Hrvatskoj nije određena cijena eksternog troška za proizvodnju električne energije, prilikom proračuna uzeto je da je eksterni trošak u Republici Hrvatskoj za proizvodnju električne energije iz elektrane na ugljen 3 €cent/kWh. Stoga za proizvodnju električne energije koju zgrada treba eksterni troškovi iznosili bi 1723,45 eura ili negdje oko 12581,2 kn.

3.2 Godišnji proračun toplinskog opterećenja-2019

Godišnji proračun toplinskog opterećenja rađen je identično kao i u prvom dijelu zadatka, dakle u dijagramu se nalazi toplinska energija potrebna za grijanje objekta i toplinska energija potrebna za pripremu tople vode, isto tako vidljivo je da preko ljeta postoji samo toplinska energija za grijanje tople vode jer se objekt ljeti ne grije, tj. grijanje se gasi na kraju 5. mjeseca, dok se u 5. i 9. mjesecu grijanje uključuje ukoliko maksimalna vanjska dnevna temperatura padne ispod 15°C.



Slika 15. Satno opterećenje u periodu od godinu dana-2019.

3.2.1 Potrošnja toplinske energije

Jasno je da će se potrošnja toplinske energije u 2019. smanjiti zbog raznih mjera koje su poduzete. Upotrebom boljih izolacijskih materijala i deblje izolacije, dolazi do smanjenja transmisijskih toplinskih gubitaka, dok se upotrebom sustava povrata topline i boljih prozora i vrata smanjuju ventilacijski gubici topline, a njihovo smanjenje zajedno djeluje na smanjenje potrošnje toplinske energije.

$$Q_{top.potrošeno} = 76334,04 \text{ kWh}$$

$$Q_{top.grijanje} = 39412,42 \text{ kWh}$$

$$Q_{top.PTV} = 36921,62 \text{ kWh}$$

Vidljivo je da je kvalitetnom izolacijom, prozorima i balkonskim vratima postignuto smanjenje potrošnje toplinske energije za grijanje prostora za oko 40%, što predstavlja ogromne uštede. Potrošnja toplinske energije za pripremu potrošne tople vode smanjena je nizom mjera za oko 20 %.

Zahtjev je da u 2019. godini zgrada bude neutralna to znači da nema emisija ugljik-dioksida te da sama sebi proizvodi toplinsku energiju iz obnovljivih izvora energije. Također treba naglasiti da bi prema ovakvoj potrošnji energetske broj za grijanje iznosio:

$$E_{GR} = 37,32 \text{ kWh/m}^2 \text{ god.}$$

3.2.2 Potrošnja električne energije u 2019

U prijašnjim poglavljima rečeno je da se pretpostavlja da će potrošnja električne energije u 2019. biti za 40% manja, što se postiže korištenjem novih energetski učinkovitijih kućanskih uređaja, upotrebom štednih, pametnih žarulja i sl. Tako potrošnja električne energije iznosi:

$$Q_{elektr.} = 34127,25 \text{ kWh}$$

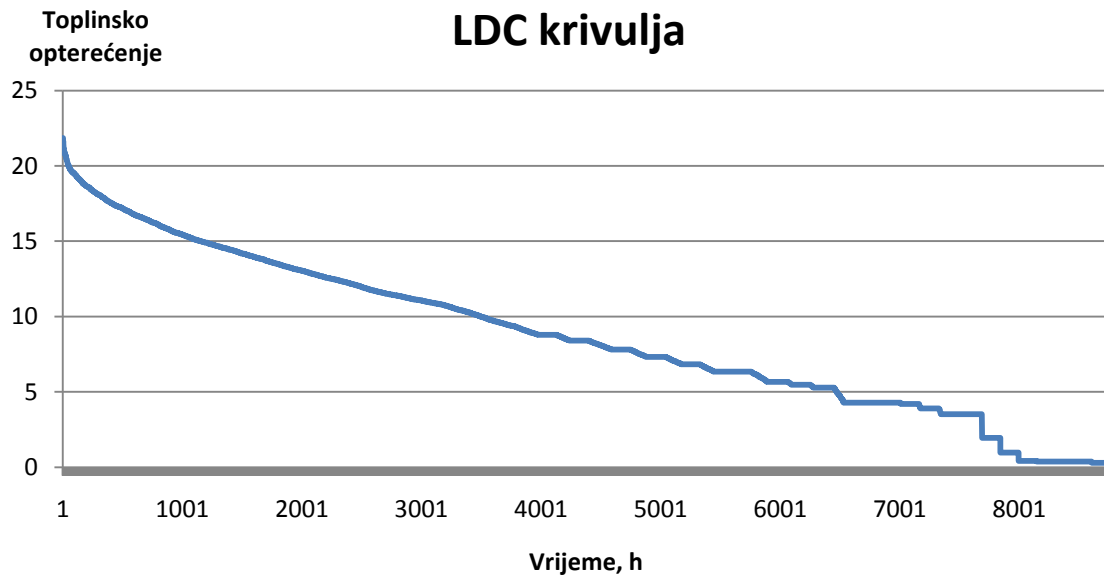
Navedenoj potrošnji odgovara potrošnja od 2843,93 kWh po stanu. Budući je ova zgrada energetska neutralna ona nema nikakve emisije CO₂ te sam pokriva svoje potrebe za energijom. O načinima pokrivanja potrošnje biti će govora u daljnjem tekstu.

4. POKRIVANJE POTROŠNJE ZGRADE OBNOVLJIVIM IZVORIMA ENERGIJE

Zgrada postaje energetska neutralna kada pokriva sve svoje potrebe za bilo kojim oblikom energije iz obnovljivih izvora energije, dakle kada nema emisije CO₂.

4.1 Mikrokogeneracija na bioplin

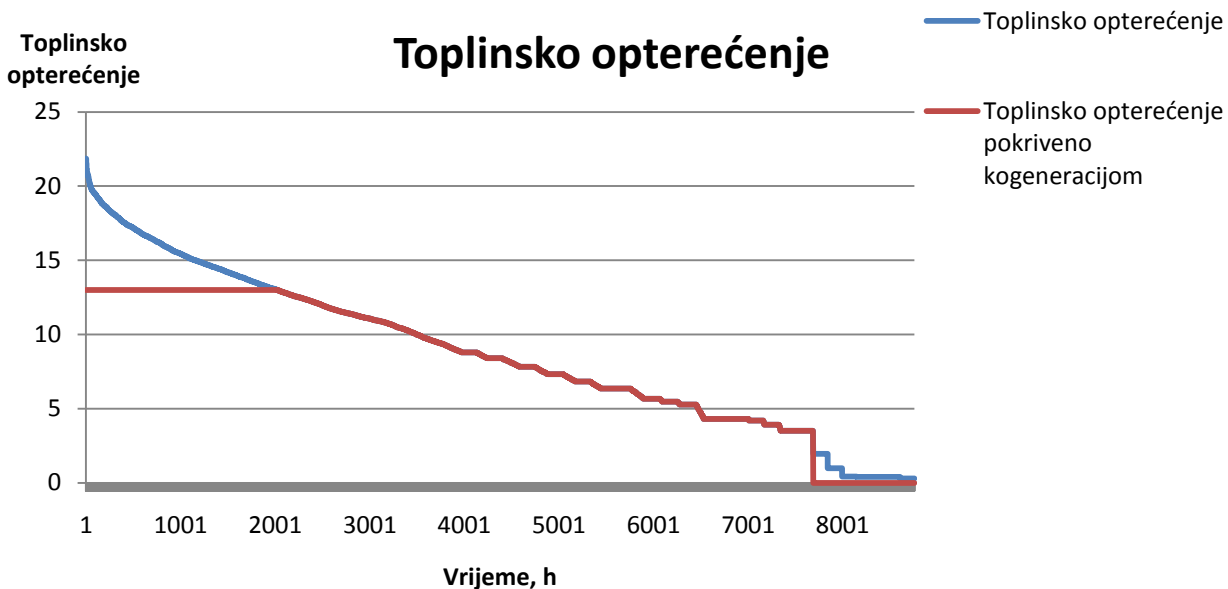
Kogeneracija je proces koji omogućuje istovremenu proizvodnju toplinske i električne energije, a budući da bioplin spada pod obnovljive izvore energije to znači da ona ima nulte emisije CO₂ što ovaj proces čini jednim od pogodnih rješenja za ovaj proračun[16]. Bioplin je gorivo koje nastaje anaerobnom razgradnjom organskih tvari (kanalizacijskog otpada, krute biomase, i sl.)[17]. Smatra se da će do 2019. godine Republika Hrvatska značajnije poticati proizvodnju bioplina, te da će u ruralnim dijelovima zemlje biti značajan broj postojenja koja će služiti za njegovu proizvodnju. Bioplin se proizvodi izvan urbanih područja jer prilikom procesa anaerobne razgradnje nastaju neugodni mirisi a isto tako ukoliko je postrojenje blizu farme to znači da je olakšan pristup krutoj biomasi pa su troškovi prijevoza minimalni. Dakle pretpostavlja se da će se bioplin proizvoditi u ruralnim krajevima od krute biomase (granje, slama, koštice, i sl.) te će se taj proizvedeni bioplin transportirati do potrebnog postrojenja tj. zgrade. Kogeneracija će biti dimenzionirana tako da se pokriva toplinsko opterećenje objekta, a pokrivanje električnog opterećenja ovisit će o odnosu toplinske i električne snage za odabrani tip kogeneratora[18]. Dimenzioniranje kogeneracijskog postrojenja provodi se pomoću LDC (Load Duration Curve) krivulje koja daje informacije o baznim toplinskim opterećenjima i trajanju vršnih opterećenja.



Slika 13. LDC krivulja

Kogeneracijsko postrojenje postaje isplativo kada radi pri punom opterećenju minimalno 2000 sati godišnje, u ovom slučaju kogeneracija pri maksimalnom opterećenju radi 2026 sati što znači da bi bila isplativa[19]. Iz dobivene LDC krivulje može se odrediti snaga kogeneracijskog postrojenja koja je u ovom slučaju uzeta:

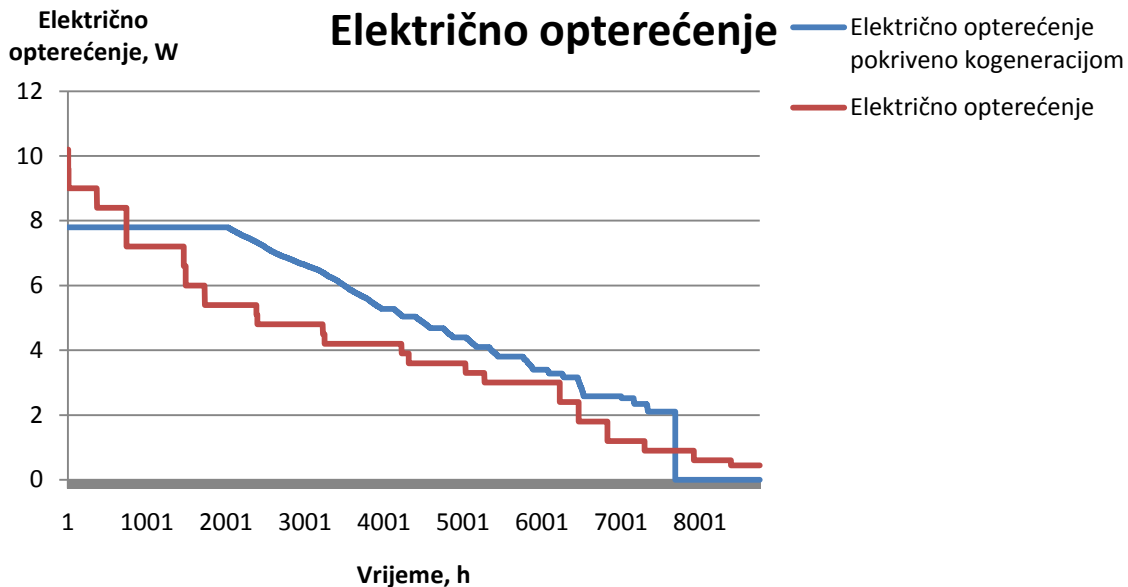
- toplinska nazivna snaga postrojenja: $P_t = 13 \text{ kW}$
- odnos toplinske i električne snage: $N = 0,6$
- električna nazivna snaga postrojenja: $P_e = 7,8 \text{ kW}$



Slika 14. Pokrivanje toplinskog opterećenja kogeneracijom

Iz dijagrama je jasno vidljivo da kogeneracijsko postrojenje svojim radom tj. proizvodnjom toplinske energije pokriva većinu potrošnje toplinske energije, točnije pokriva 69988,64 kWh potrošnje električne energije od ukupnih 76334,04 kWh potrošnje, što znači da se ostalih 6345,4 kWh mora pokriti nekim drugim procesom o čemu će biti govora u daljnjem dijelu teksta.

Kogeneracijsko postrojenje uz toplinsku energiju proizvodi i električnu energiju koja se koristi za pokrivanje potreba objekta za električnom energijom. Budući je odnos toplinske i električne snage 0,6 to znači da će prilikom proizvodnje toplinske energije proizvodnja električne energije u tom trenutku biti 30% manja.



Slika 15. Pokrivanje električnog opterećenja kogeneracijom

Dijagram pokazuje da tijekom cijelog perioda rada kogeneracijsko postrojenje pokriva cjelokupnu potrebu za električnom energijom u tom trenutku, a ujedno se proizvodi i višak električne energije koji se kasnije može koristiti za pogon dizalice topline. Prilikom rada postrojenje proizvodi 7865,934 kWh viška električne energije, gdje se taj višak koristi za pogon dizalice topline, te će se u određenom trenutku moći povući iz mreže za pokrivanje vršnih opterećenja. Na rad dizalice topline za pokrivanje toplinskog opterećenja ukupno se troši 1714,974 kWh električne energije, te 478,92 kWh električne energije za pokrivanje energije potrebne za hlađenje, što znači da i nakon pogona dizalice topline ostaje višak električne energije u iznosu od 5672,044 kWh. Taj višak može se puštati u mrežu koja tako služi kao spremnik električne energije te se u određenom trenutku može uzimati nazad kada je to potrebno za pokrivanje električnog opterećenja u dijelovima kada kogeneracija ne pokriva vršna opterećenja. Za pokrivanje vršnog i minimalnog opterećenja potrebno je ukupno 1335,15 kWh električne energije, a taj dio oduzima se od onog viška koji je pušten u mrežu i na kraju ostaje ukupni višak proizvedene električne energije u iznosu od 4336,89. Ukoliko se taj višak proda po cijeni od 0,6 kn zarada iznosi 2602,134 kn. Potrebno je također naglasiti da bi za pogon služila dva Stirlingova motora svaki od po 6,5 kW, gdje svaki zasebno košta oko 25000€. Taj projekt je još u fazi razvitka, ali smatra se da bi do 2019. godine mogao biti u upotrebi za komercijalne svrhe.

4.2 Dizalica topline

Kako kogeneracijom nije pokriveno ukupno toplinsko opterećenje objekta, to znači da je potrebno uvesti još neki proces koji će omogućiti pokrivanje toplinskog opterećenja zgrade. Odabrana je dizalica topline model PH-ACRHSWHS-075(voda-zrak) koja ima standardni kapacitet grijanja 8,5 kW i standardni kapacitet hlađenja 7,5 kW. Toplinska pumpa za pogon treba električnu energiju što znači da toplinska pumpa neće moći raditi onda kada treba pokrivati toplinsko opterećenje, već će morati raditi kada se proizvodi višak električne energije[20]. Tako će dizalica topline raditi za vrijeme kada se proizvodi višak električne energije te će se toplinska energija proizvedena u dizalici topline spremati u toplinski spremnik iz kojeg će se kasnije kada je dizalica topline isključena toplina uzimati za pokrivanje opterećenja. Dizalica topline treba osigurati pokrivanje potrošnje toplinske energije u iznosu od 6345,4 kWh što znači da će za to potrošiti 1917,97 kWh električne energije (COP=3,7). Isto tako ljeti će služiti za pokrivanje energije potrebne za hlađenje, prilikom čega se troši 478,92 kWh električne energije.

4.3 Toplinski spremnik

Toplinski spremnik služi za spremanje toplinske energije proizvedene dizalicom topline i korištenja te energije kada je to potrebno, tj. za pokrivanje vršnog toplinskog opterećenja[21]. Potrebno ga je dimenzionirati tako da osigurava dovoljnu količinu energije, koja će pokriti vršno toplinsko opterećenje pa je stoga uzeto da taj spremnik može pokriti cjelokupno toplinsko opterećenje u satu kada je opterećenje maksimalno.

$$V_s = \frac{C}{c_w * (t_o - t_u)} * b \quad (20)$$

Gdje je:

C=22 kWh=79200 kJ/m³- kapacitet spremnika

$c_w = 4,187 \text{ kJ/kgK}$ – specifični toplinski kapacitet vode

$t_o = 60^\circ\text{C}$ – srednja najviša temperatura vode u spremniku

$t_u = 25^\circ\text{C}$ – dozvoljena najniža temperatura u spremniku

$b = 1,1$ - faktor dodatka zbog mrtvog prostora ispod grijane površine spremnika

Koristeći ovu formulu za proračun toplinskog spremnika dobiva se vrijednost volumena koji bi taj spremnik trebao imati.

$$V_s = 600l$$

Smatra se da je 600 l dovoljna količina vode za akumulaciju potrebne toplinske energije koja se koristi za pokrivanje vršnog toplinskog opterećenja.

5. FINANCIJSKA SLIKA GRADNJE

5.1 Objekt u 2009. godini

Zgrada koja je analizirana u prvom dijelu zadatka je prosječna današnja stambena zgrada koja mora zadovoljiti zakone Republike Hrvatske da bi se uopće smjela graditi, tj. mora imati koeficijente prolaza topline u skladu sa zakonom. Budući je zgrada u prvom dijelu zadatka rađena prema današnjim zakonima, tada ona mora imati koeficijent prolaza topline za vanjske zidove maksimalno dopuštene $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$. Uzeto je da zgrada ima $0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$, što odgovara strukturi vanjskog zida:

Tablica 7. Struktura vanjskog zida

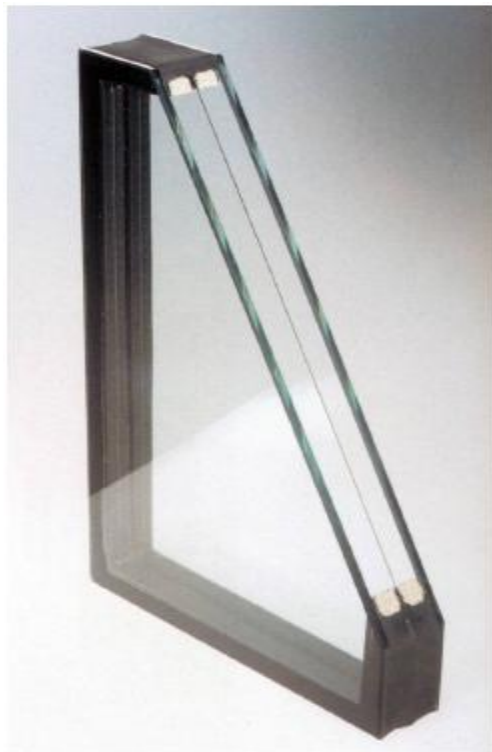
	Debljina, m	Toplinska provodnost, W/mK
šuplji glineni blokovi	0,30	0,45
stiropor	0,05	0,035
žbuka	0,01	0,8

Prema podacima koji se mogu dobiti u građevinskim firmama, cijena jednog kvadratnog metra stiropora debljine 5 cm iznosi u prosjeku 23 kn. Ukoliko se uzme ukupna cijena postavljanja cjelokupne fasade na zidove (stiropor, mrežica, ljepilo, i dr.), tada cijena za nanošenje fasade iznosi 120 kn po kvadratu. Dok je cijena glinene opeke 4 kn po komadu, budući se u jedan kvadratni metar zida ugrađuje 25 ovakvih blokova to znači da za jedan metar kvadratni treba izdvojiti 100 kn za glinene blokove. Nanošenje žbuke na unutrašnju stranu zida iznosi 35 kn po kvadratu. Sumiranjem ovih cijena dobiva se ukupna cijena za izgradnju zida koji zadovoljava zakon Republike Hrvatske, ta cijena iznosi 255 kn po kvadratnom metru vanjskog zida, također treba naglasiti da ova cijena može varirati ovisno o firmi u kojoj se materijal nabavlja, isto tako treba reći da u ovu cijenu nisu uračunati troškovi plaćanja radnika. Zgrada iz zadatka ima ukupnu površinu vanjskih zidova 1023 m^2 kada se od toga oduzme površina prozora i balkonskih vrata koja iznosi $124,08 \text{ m}^2$ dobiva se točna površina vanjskog zida od $898,92 \text{ m}^2$. To znači da bi se

za izgradnju ovojnice ove zgrade trebalo izdvojiti 229224,6 kn. Cijena prozora i balkonskih vrata ovisna je o njihovim dimenzijama, tako za uobičajeni prozor dimenzija 140x120 cm treba izdvojiti 1200 kn, dok za balkonska vrata dimenzija 140x210 cm treba izdvojiti 2400 kn. Budući da zgrada ima 48 prozora dimenzija 140x120 cm to znači da za te prozore treba ukupno izdvojiti 57600 kn, dok je balkonskih vrata ukupno 12, za njih će se morati izdvojiti 28800 kn. Čime se dobiva ukupni trošak gradnje zgrade prema današnjim cijenama i kriterijima od 315624,6 kn. Naravno da ovo nije ukupni trošak gradnje cijele zgrade, ali je to okvirni podatak koji služi za orijentaciju. To je ustvari cijena koja se plaća da bi zgrada bila u skladu sa današnjim zakonima što se tiče potrošnje toplinske energije.

5. 2. Objekt u 2019. godini

Prilikom analize troškova gradnje u 2019. godini uzimati će se u obzir današnje cijene jer je nemoguće odrediti koliko će pojedini element vrijediti za 10 godina. Budući je pretpostavljeno da će tadašnje vrijednosti koeficijenata prolaza topline za vanjske zidove iznositi $0,1 W/m^2K$, uzeto je da će struktura zida biti istog oblika, samo će se debljina stiropora značajno povećati na 30 cm. Trenutačno na tržištu ne postoji stiropor debljine 30 cm pa se uzima da će se lijepiti dva komada debljine 15 cm jedan na drugoga. Cijena kvadratnog metra stiropora debljine 15 cm iznosi 65 kn a budući se spajaju dva komada jedan na drugi to znači da će cijena stiropora za jedan kvadratni metar biti 130 kn, ugradnja tog stiropora, mrežica i ljepila povećava cijenu na $240 kn/m^2$. Cijena žbuke i blokova ostaje ista, pa bi cijena jednog kvadratnog metra takvog zida iznosila 375 kn a cijena izgradnje cijele ovojnice tada je 337095 kn. Smatra se da će tada koeficijent prolaza topline kroz prozore iznositi $0,4 W/m^2K$ jer takvi prozori postoje već i danas. Tipičan takav prozor je izgrađen je od nisko-energetskog izo stakla. To je prozor THERMUR HM koji ima koeficijent prolaza topline $0,44 W/m^2K$, a izgrađen je od dvoslojnog izostakla s folijom u međuprostoru.



Slika 16. THERMUR HM-prozor sa $0,44 W/m^2K$ [22]

Također je potrebno naglasiti da postoje i vakumski prozori sa koeficijentima prolaza topline od $0,4$ do $0,5 W/m^2K$, no oni su još uvijek u fazi testiranja, ali će se u budućnosti sigurno koristiti[10]. Budući se cijena ovakvih prozora još nemože odrediti, cijena se jedino može pretpostaviti, pa je tako uzeto da će ukoliko prozori sa $1,8W/m^2K$ koštaju 1200 kn prozori od $0,4W/m^2K$ biti 4,5 puta skuplji što znači da jedan prozor ima cijenu 5400 kn, isto se tako za balkonska vrata dobiva cijena od 10800 kn. Ukupna cijena za ugradnju takvih prozora i vrata iznosila bi 388800 kn. Na ove troškove treba dodati još i troškove ugradnje dizalice topline čija je cijena 32393,9 kn, kao i ugradnja dvaju Stirlingovih motora gdje svaki košta po 180000 kn, dakle ukupno 360000 kn. Time je ugrubo dobivena ukupna cijena za instaliranje opreme i postizanje željene izolacije energetski neutralne zgrade, cijena je 1118288,9 kn što je za 3,5 puta skuplje od uobičajene zgrade.

6. ZAKLJUČAK

U radu su obrađena dva načina gradnje objekta tj. uspoređena su dva objekta, jedan koji zadovoljava sadašnje propise te jedan kakav bi trebao biti prema pretpostavkama u 2019. godini. Naravno da se nije bilo moguće točno znati što će se dogoditi 2019. godine, ali moglo se je približno točno pretpostaviti određene stvari (koeficijenti prolaza topline, kvaliteta prozora, i sl.). Cilj je bio dobiti energetske neutralnu zgradu, a da bi se to uspjelo bilo je potrebno smanjiti potrošnju energije na što manju razinu da bi zgrada sama mogla pokriti svoje potrebe za energijom. Pokrivanje energetske potrebe provedeno je pomoću kogeneracije na bioplin, toplinske pumpe i toplinskog spremnika. Ovakve zgrade će zasigurno biti dobro zastupljene u budućnosti jer stalnim povećanjem cijene fosilnih goriva one postaju isplativije, a uz to su i ekološki prihvatljivije jer imaju nultu emisiju ugljik dioksida.

7. LITERATURA

[1] Baldocchi D., Falge E., Olson R., FLUXNET: A New Tool to Study the Temporal and Spatial Variability of Ecosystem-Scale Carbon Dioxide, Water Vapor, and Energy Flux Densities, (2007.)

[2] Freiler K., Meinshausen M., Hare B., AirClim, Pet do dvanaest za 2°C, Göteborg, Švedska

[3] Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva, Prilagodba i nadogradnja strategije energetskega razvoja Republike Hrvatske, (2008.)

[4] Bukarica V., Dović D., Hrs Borković Ž., Soldo V., Sučić B., Švaić S., Zanki V, Priručnik za energetske savjetnike, Tiskara Zelina d.d, Zagreb, (2008.)

[5] Hernandez P., Kenny P., From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings(LC-ZEB), Elsevier, (2009.)

[6] Torcellini P., Pless S., Deru M., Crawley D., Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition, <http://www.nrel.gov/docs/fy06osti/39833.pdf>, (2006.)

[7] Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama,(2008.)

[8] Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, Pravilnik o energetske certifikiranju zgrada, (2008.)

[9] Vine E., Diamond R., Szydlowski R., Domestic hot water consumption in four low-income apartment buildings, Berkeley, (1986).

[10] Rey F. J., Velasco E., Experimental study of indoor air quality, energy saving and analysis of ventilation norms in climatized areas, (2000.)

[11] Wong L.T., Mui K.W., Guan Y., Shower water heat recovery in high-rise residential buildings of Hong Kong, Elsevier, (2009.)

[12] Kako smanjiti potrošnju energije sustava za grijanje, hlađenje, rasvjetu i pripremu tople vode, Energetski institut Hrvoje Požar, http://sunce.eihp.hr/hrvatski/e_stednja.htm

[13] Kneifel J., Life-cycle carbon and cost analysis of energy efficiency measures in new commercial buildings, Elsevier, (2009.)

[14] Tomašić Ž, Debrecin N, Vrankić K, Eksterni troškovi proizvodnje električne energije i politika zaštite okoliša, Zagreb, (2000.)

[15] External costs, Research results on socio-environmental damages due to electricity and transport, Brussels,(2003.)

[16] Fowler P., Krajačić G., Lončar D., Duić N., Modeling the energy potential of biomass – H2RES, (2008.)

[17] Biogas production, <http://www.oecd.org/dataoecd/28/59/36203835.pdf>

[18] Dong L., Liu H., Riffat S., Development of small-scale and micro-scale biomass-fuelled CHP systems, Elsevier, (2008.)

[19] Lipošćak, M., Mikrokogeneracijsko postrojenje s Dieslovim motorom, Zagreb,(2002.)

[20] Bupić M., Čustović S., Stanje i trendovi uporabe dizalica topline,(2006.)

[21] Bogdan Ž., Kopjar D., Improvement of the cogeneration plant economy by using heat accumulator, Elsevier, (2006.)

[22] Veršić Z., Prozori: energetska učinkovitost, Zagreb, (2009.)