Tehnološke mogućnosti smanjenja emisija stakleničkih plinova u zgradi Fakulteta

Šarić, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

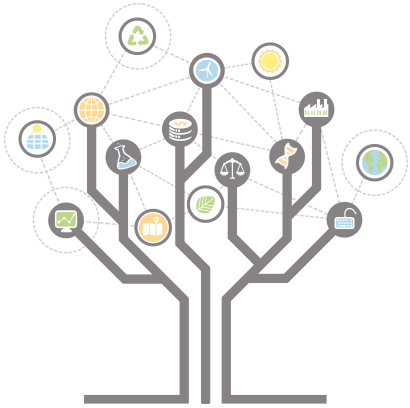
2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:404477

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Tehnološke mogućnosti smanjenja emisija stakleničkih plinova u zgradi Fakulteta

Šarić, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:404477

Rights / Prava: In copyright

Download date / Datum preuzimanja: **2020-11-04**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

IVAN ŠARIĆ

TEHNOLOŠKE MOGUĆNOSTI SMANJENJA STAKLENIČKIH PLINOVA U ZGRADI FAKULTETA

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

TEHNOLOŠKE MOGUĆNOSTI SMANJENJA STAKLENIČKIH PLINOVA U ZGRADI FAKULTETA

KANDIDAT:

Ivan Šarić

MENTOR:

Doc. dr. sc. Robert Pašičko

VARAŽDIN, 2017.

Sveučilište u Zagrebu
Geotehnički fakultet

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: IVAN ŠARIĆ

Matični broj: 2396 - 2013./2014.

NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

TEHNOLOŠKE MOGUĆNOSTI SMANJENJA EMISIJA STAKLENIČKIH PLINOVA U ZGRADI FAKULTETA

Rad treba sadržati:
1. Uvod
2. Energetska efikasnost u zgradarstvu
3. Mjere za energetsku efikasnost u zgradarstvu
4. Primjena mjera na zgradi fakulteta
5. Analiza i implementacija mjera
6. Zaključak
7. Literatura
8. Popis slika
9. Popis tablica

Pristupnik je dužan predati mentoru jedan uvezen primjerak završnog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade završnog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 20.03.2017.

Rok predaje: 08.09.2017.

Mentor:
Doc.dr.sc. Robert Pašičko

REPUBLIKA HRVATSKA - GEOTEHNIČKI FAKULTET - SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - VARAŽDIN

Predsjednik Odbora za nastavu:
Doc.dr.sc. Igor Petrović

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

TEHNOLOŠKE MOGUĆNOSTI SMANJENJA STAKLENIČKIH PLINOVA U ZGRADI FAKULTETA

(naslov završnog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **Doc. Dr. sc. Robert Pašičko.**

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 2017.

IVAN ŠARIĆ

(Ime i prezime)

(Vlastoručni potpis)

SAŽETAK

NASLOV RADA: Tehnološke mogućnosti smanjenja emisija stakleničkih plinova u zgradi Fakulteta

Autor: Ivan Šarić

Tema ovog rada je analiza tehnoloških mogućnosti smanjenja emisija stakleničkih plinova u zgradarstvu i njihova primjena na zgradi Geotehničkog fakulteta u Varaždinu. Energetska efikasnost zgrada, odnosno energetsko certificiranje zgrada prema potrošnji energije postala je zakonska obveza za sve zgrade u Republici Hrvatskoj. Cilj je energetskom obnovom zgrade utjecati na efikasnu potrošnjuenergije te poticanje primjene ekonomski isplativih, energetski efikasnih tehnologija, materijala i usluga uHrvatskoj. Dakle, uz povećanje energetske efikasnosti, što dovodi do smanjenja potrošnje energije te uštede novca, cilj projekta je i izravno smanjenje emisija stakleničkih plinova, koji pridonose efektuglobalnog zatopljenja. U radu su izložene mjere energetske efikasnosti s primjenom na zgradarstvo; njihova analiza te promjene te analize na opisanu zgradu Fakulteta (kao i dosad provedene mjere za povećanje energetske efikasnosti).

Ključne riječi: Energetska efikasnost, zgradarstvo, energetska obnova, potrošnja energije, zakonska regulativa, Nacionalni akcijski plan

Sadržaj:

1.Uvod 1
2.Energetska efikasnost u zgradarstvu 2
2.1.Stanje u Hrvatskoj i Europi 3
2.2. Nacionalni akcijski planovi za energetsku učinkovitost 5
2.3. Energetski pregled i energetsko certificiranje 7
3. Mjere za energetsku efikasnost u zgradarstvu 9
3.1. Tehničke mjere 10
3.1.1. Sustav za gospodarenje energijom 10
3.1.2. Vanjska ovojnica 11
3.1.3. Zamjena prozora i vanjskih vrata 12
3.1.4. Sustavi za proizvodnju toplinske energije 13
3.1.5. Klimatizacijski i ventilacijski sustavi u zgradama 17
3.1.6. Elektroenergetski sustavi u zgradama 18
3.1.7 Vodoopskrbni sustavi u zgradama 21
3.2. Upravljanje ljudima 22
3.3 Financijsko-ekonomski aspekt 23
4. Primjena mjera na zgradi Fakulteta 24
4.1. Opis zgrade i dosadašnjih mjera 25
4.2. Prijedlog mjera energetske efikasnosti 26
4.3. Prijedlog mjera obnovljivih izvora energije 27
5. Analiza i implementacija mjera 28
5.1. Prvi prioritet mjera za implementaciju 28
5.2. Drugi prioritet mjera za implementaciju 29
6. Zaključak 31
7. Literatura 32
8. Popis slika 34
9. Popis tablica 34

1. Uvod

Emisije stakleničkih plinova povezanih uz sve oblike korištenja energije dosegle su povijesno visoke razine odnosno 68 posto globalnih emisija. Emisija ugljikovog dioksida (CO_2) je već iznad očekivane vrijednosti, dok je izmjerena srednja koncentracija CO_2 u atmosferi dosegla razinu od 393,7 ppm prema podacima studije [1]. Neki optimistični scenariji ukazuju da je moguće zaustaviti zatopljenje na 2°C iznad globalnog prosjeka.U svijetu se već dugi niz godine primjenjuju mjere zasmanjenje emisije stakleničkih plinova u svim sektorima potrošnje te primjenu novih tehnologija.

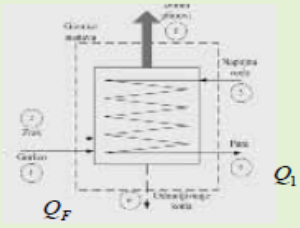
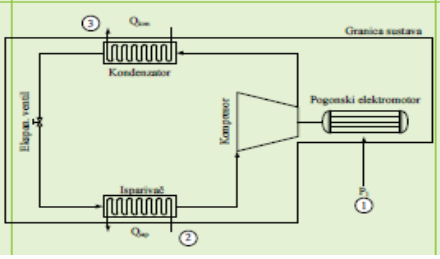
Europska Unija je donijela energetsku direktivu 20-20-20 za niz mjera koje omogućuju uštedu energije, smanjenje utjecaja na klimu i okoliš te poboljšavanja održivog razvoja. Cilj direktive je do 2020. godine smanjiti emisije stakleničkih plinova za barem 20 %, povećati udio energije iz obnovljivih izvora na barem 20 % potrošnje te uštedjeti 20 % energije. Europa kreće u provođenje nove politike energetske efikasnosti i primjene obnovljivih izvora energije, u svrhu ostvarivanja navedenih ciljeva potreban je novi način pristupa planiranja realne energetske strategije kako bi se očekivanja ispunila predviđenom vremenskom roku. Da bi se to ostvarilo potreban je novi pristup koji će balansirati energetski sustav s realnom energetskom potrošnjom.

Važan dio u strategiji energetske efikasnosti zauzima zgradarstvo koji ima udio od 40% u ukupnoj potrošnji. U zgradarstvu su moguće najveće uštede energije gdje bi trebalo koristi mjere koje će značajno utjecati ne samo na uštedu potrošnje nego na svijest ljudi i buduće trendove. Energetska strategija ima svrhu osigurati povećanje energetske efikasnosti korištenjem obnovljivih izvora energije te smanjenje stakleničkih plinova i dugoročan održivi razvoj koji se temelji na gospodarskom razvoju.

2. Energetska efikasnost u zgradarstvu

Energetska je efikasnost kontinuirani proces i ne završava realizacijommjera poboljšanja, već se nastavlja kroz praćenje i potvrđivanje ostvarenih ušteda, realizacijom novih mjera poboljšanja energetske efikasnosti što sve zajedno vodi sustavnom i kontinuiranom gospodarenju energijom. Važno je izbjegavati prikazivati energetsku efikasnost kao uštedu jer bi to bilo odricanje nečega, a energetska efikasnost je zadržavanje postojećih uvjeta za život i ugodnost boravka uz smanjenje potrošnje energije.

Prilikom određivanja energetske efikasnosti tehničkog sustava moraju se definirati granice promatranog sustava te se mora točno odrediti bilanca mase i energije koja ulazi i izlazi iz sustava. Također, nužno je odrediti ulaznu energiju, dobivenu (korisnu) energiju ili rad te gubitke. Na primjerima parnog kotla i rashladnog sustava objašnjeno je kako ovisno o definiranim granicama sustava te ulaznoj i dobivenoj (korisnoj) energijiili radu energetska efikasnost cijelog sustava može biti definirana na različite načine kao što je navedeno u [4]. Na slici 1. prikazana je definicija energetske efikasnosti.

	Shematski prikaz	*Definicija energetske efikasnosti*
Parni kotao		*Efikasnost parnog kotla:* $\eta_B = \frac{Q_1}{Q_F} = \frac{m_4 \cdot h_4 - m_3 \cdot h_3}{M_F \cdot H_g}$ *gdje je:* Q_1 = količina energije predana napojnoj vodi [kJ] m = masa pare (4) ili vode (3), [kg] h = specifična entalpija pare (4) ili vode (3), [kJ/kg] Q_F = količina energije dovedena gorivom [kJ] M_F = masa goriva,[kg] H_g = gornja ogrjevna moć goriva, [kJ/kg]
Rashladni sustav		*Koeficijent učina:* $COP = \frac{Q_{isp}}{P_1}$ *gdje je:* Q_{isp} = rashladni učin isparivača, kW P_1 = snaga pogonskog elektromotora kompresora, kW

Slika 1 Definicija energetske efikasnosti [4].

2.1 . Stanje u Hrvatskoj i Europi

Ciljevi energetske direktive 20-20-20 u Europi do 2020. godine su smanjenje [2]:

-20 % smanjenja emisija stakleničkih plinova

-20 % proizvodnje energije iz obnovljivih izvora

-20 % ušteda energije

-10 % obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji goriva za prijevoz

Europska unija je prepoznala energetsku efikasnost kao jedan od ključnih načina za postizanje ciljeva održivog energetskog razvoja, što je Europska komisija (EK) i iskazala u svojim strateškim dokumentima, gdje se više detalja može pronaći u [2], a najznačajniji su:

-Zelena knjiga – europska strategija za održivu, konkurentnu i sigurnu energiju (2006.)

-Akcijski plan energetske učinkovitosti (2006.)

-Energija 2020 – strategija za konkurentnu, održivu i sigurnu energiju (2010.)

-Plan energetske učinkovitosti (2011.)

Energetska efikasnost je ekonomski djelotvoran način za smanjenje emisije CO_2 i postizanje ciljeva Kyotskog protokola. Energetska efikasnost je jedan od načina boljeg gospodarenja energije. Europa svojih 50% energetskih potreba podmiruje iz uvoza i za budućnost i poboljšanja postojećih proizvodnih kapaciteta prema procjenama će trebati 1 trilijun €. Zato je EU postavila cilj smanjenje 20% potrošnje energije s obzirom na scenarij, ostvarivanjem ovih ciljeva do 2020. godine stvorilo bi se oko 2 milijuna radnih mjesta u području energetske učinkovitosti, kućanstva bi prosječno uštedjeli do 1000 € godišnje,a troškovi na razini cijele EU bi se smanjili za 200 milijardi €.

Europska komisija je pripremila i usvojila nekoliko direktiva, koje stavljaju određene obveze pred države članice, ali i pred zemlje članice Energetske zajednice koje su se obvezale također ih transponirati u svoje zakonodavstvo. Direktivama se pokrivaju različiti aspekti energetske učinkovitosti [2]:

• **Energetska učinkovitost u zgradarstvu**

-Direktiva 2010/31/EU o energetskim svojstvima zgrada

• **Energetsko označavanje kućanskih uređaja**

-Direktiva 2010/30/EU o iskazivanju potrošnje energije i ostalih resursa proizvoda,

povezanih s energijom, pomoću oznaka i standardiziranih informacija o proizvodu

• **Eko-dizajn proizvoda povezanih s energijom**

-Direktiva 2009/125/EC o uspostavljanju okvira za definiranje zahtjeva za eko-dizajnomproizvoda povezanih s energijom

• **Učinkovitost neposredne potrošnje energije i energetske usluge**

-Direktiva 2006/32/EC o energetskoj učinkovitosti i energetskim uslugama

U Hrvatskoj od sredine 90-ih neprestano raste energetska potrošnja, ali danas ima nižu potrošnju po stanovniku od svih drugih članica Europske unije. U zgradama se troši oko 40 % od ukupne potrošnje energije, stoga je važno osigurati optimalnu potrošnju energije da bi se postigla bolja ugodnost boravka i korištenja zgrade. Potrošnja energije u zgradi ovisi o karakteristikama zgrade (obliku i konstrukcijskim materijalima), energetskih sustava u njoj (sustava grijanja, hlađenja, prozračivanja, električnih uređaja i rasvjete koji se u njoj koriste), ali i o klimatskim uvjetima podneblja na kojem se nalazi.

Zgrade u Hrvatskoj većinom su građene prije 1987. godine te kao takve nemaju odgovarajuću toplinsku zaštitu. Čak oko 83% zgrada ne zadovoljava ni Tehničke propise iz 1987. i imaju velike gubitke topline uz prosječnu potrošnju energije za grijanje od 150 do 200 kWh/m^2, što ih svrstava u energetski razred E! Povećana potrošnja energije podrazumijeva i veće emisije CO_2 u atmosferu te je nužno poduzeti potrebne mjere kako bi se smanjila njihova nepotrebna potrošnja i racionaliziralo korištenje dostupnih energenata.

Energetska učinkovitost u zgradama uključuje niz različitih područja mogućnosti uštede toplinske i električne energije uz racionalnu primjenu fosilnih goriva te primjenu obnovljivih izvora energije u zgradama, gdje god je to funkcionalno izvedivo i

ekonomski opravdano. Toplinska zaštita zgrada jedna je od najvažnijih tema zbog velikog potencijala energetskih ušteda. Naime, poboljšanjem toplinsko-izolacijskih karakteristika zgrade moguće je postići smanjenje ukupnih gubitaka topline građevine za prosječno od 30 do 60%.Primjenom mjera povećanja energetske učinkovitosti u zgradi se smanjuje potrošnja energije, ali i povećava ugodnost boravka u prostoru te trajnost zgrade. Odabir mjera, naravno, ovisi o energetskom stanju i vrsti zgrade [2][3].

2.2. Nacionalni akcijski planovi za energetsku učinkovitost

Sukladno europskoj Direktivi 2006/32/EC o energetskoj učinkovitosti i energetskim uslugama izrađen je i usvojen Nacionalni program energetske učinkovitosti za razdoblje 2008.-2016. godine. U njemu su propisani ciljevi energetskih ušteda i podloga je za izradu trogodišnjih nacionalnih planova energetske učinkovitosti. U svakom akcijskom planu se analiziraju učinci i po potrebi revidiraju aktualne mjere te utvrđuju nove sektorske mjere kako bi se osiguralo ostvarenje cilja u 2016. godini. Treći Nacionalni akcijski plan energetske učinkovitosti za razdoblje 2014. do 2016. izrađen je prema predlošku koji je utvrdila Europska komisija i kojeg se pridržavaju države članice Europske unije. Ovaj dokument obuhvaća izvješće o ocjeni stanja provedbe politike energetske učinkovitosti, utvrđuje ostvarene uštede energije u prethodnom trogodišnjem razdoblju te daje smjernice za sljedeće razdoblje sa detaljnim raspisom planiranih mjera.

Donošenjem ovog akcijskog plana nastavlja se kontinuirano odvijanje aktivnosti i mjera utvrđenih u Nacionalnom programu energetske učinkovitosti za razdoblje 2008.-2016. godine, a sukladno procjenama, u slučaju povećanja rizika ostvarenja planiranih ciljeva, revidiraju se aktualne mjere te utvrđuju nove sektorske mjere kako bi se osiguralo ostvarenje cilja u 2016. godini. Najveća novost koju donosi 3. NAPEnU je uvođenje obveza energetske učinkovitosti sukladno zahtjevima članka 7. Direktiva 2012/27/EU Europskog Parlamenta i Vijeća od 25.10.2012. o energetskoj učinkovitosti (EED). Hrvatska se odlučila za kombinirani pristup, koji uključuje alternativne mjere politike te obvezne uštede. Obvezne sheme tek će biti definirane Pravilnicima uz novi Zakonu o energetskoj učinkovitosti koji do dovršetka ovog dokumenta još nije bio usvojen. Nacionalni cilj uštede energije po čl. 7 EED u razdoblju od 1. siječnja 2014. do 31.

prosinca 2020. godine iznosi 1,938 PJ godišnje, odnosno kumulativno 54,250 PJ. Od toga, 32,094 PJ planira se postići kroz 9 alternativnih mjera politike.

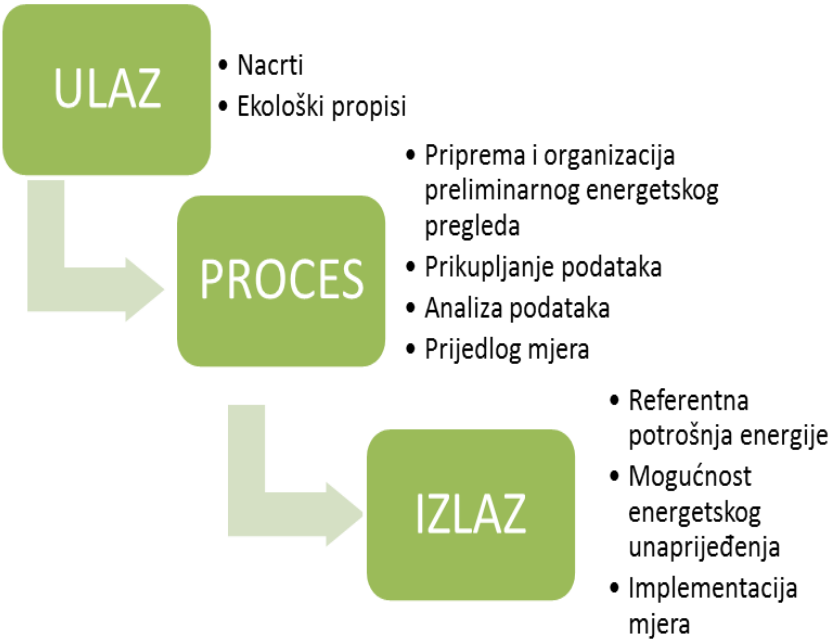
U 1.NAPEnU definiran je nacionalni okvirni cilj ušteda koji za 2016. godinu iznosi 19,77 PJ. Prvi među-cilj postavljen je za 2010. godinu te je iznosio 6,59 PJ. Analizom provedenom u 2. NAPEnU utvrđeno je da je cilj praktički postignut, jer su u 2010. godini ostvarene uštede u iznosu od 6,43 PJ. Ciljevi ušteda energije određeni su u skladu sa metodologijom propisanom u Direktivi 2006/32/EC o energetskoj učinkovitosti i energetskim uslugama (ESD), te odgovaraju apsolutnom iznosu od 9 %, odnosno 10 % neposredne potrošnje energije, određene kao prosječna potrošnja energije u razdoblju od 2001. do 2005. godine. Sukladno ESD ostvarenje cilja prati se proračunom ostvarenih ušteda u odnosu na 2007. godinu. S druge strane, u 3. NAPEnU prikazan je, kako zahtjeva Direktiva 2012/27/EU o energetskoj učinkovitosti (EED) i cilj koji je izražen kao apsolutni iznos neposredne potrošnje energije u 2020. godini. Navedeni cilj odnosi se na revidirane projekcije neposredne potrošnje energije prema temeljnoj 2010. godini. Imajući u vidu potrošnju energije ostvarenu u 2012. godini i trend koji će se, po svemu sudeći nastaviti i u 2013. godini, potrebno će biti napraviti nove projekcije neposredne potrošnje energije i redefinirati ciljeve izražene kao apsolutni iznos potrošnje energije u 2020. godini. Jedna od ključnih mjera u 3. NAPEnU je mjera 'Uspostavljanje integriranog informacijskog sustava za praćenje provedbe energetske učinkovitosti' kojom će se osigurati jasno, neovisno i detaljno praćenje provedbe svih mjera i ostvarenih rezultata navedenih u 3. NAPEnU. Taj je sustav ključan kako bi se na vrijeme ustanovilo ispunjavaju li se zaista osmišljeni planovi, te što je točno nužno poboljšati kako bi se dostigli planirani ciljevi energetske učinkovitosti do 2020.Nacionalni cilj povećanja energetske učinkovitosti, kako je definirano u Strategiji energetskog razvoja rezultirati će smanjenjem neposredne potrošnje energije od 19,77 PJ u 2016. godini i 22,76 PJ u 2020. godini [2].

2.3.Energetski pregled i energetsko certificiranje

Zakonom o prostornom uređenju i gradnji, uvodi se obaveznaenergetska certifikacija zgrada u Republici Hrvatskoj. Energetski je certifikat zgrade dokument kojim se na jednoznačan način predstavljaju energetska svojstva zgrade. Sadržaj i izgled energetskog je certifikata propisan Pravilnikom o energetskom certificiranju zgrada, aizdaje ga osoba ovlaštena prema Pravilniku o uvjetima i mjerilima za osobe koje provode energetske preglede i energetsko certificiranje zgrada. Vrijednosti koje su istaknute na energetskom certifikatu odražavaju energetska svojstva zgrade i potrošnju energije izračunatu na temelju pretpostavljenog režima korištenja zgrade i ne moraju nužno izražavati realnu potrošnju uzgradi ili njezinoj samostalnoj uporabnoj jedinici jer ona uključuje i ponašanje korisnika.

Energetski je pregled nezaobilazni korak na putu kontrole troškova i smanjenja potrošnje energenata kroz preporuke za promjene u radnom procesu ili ponašanju te preporuke za primjenu zahvata i realizaciju investicija kojima se mogu postići poboljšanja energetske efikasnosti bez ugrožavanja radnih uvjeta u objektu, dok se energetsko certificiranje zgrada obavlja kako bi se potrošačima omogućila usporedba i procjena energetskih svojstava različitih zgrada. Energetski pregled podrazumijeva analizu postojećeg energetskog stanja zgrade, te donošenje zaključaka za bolju energetsku efikasnost, cilj energetskog pregleda je prikupljanje i obrada niz parametara da se dobije uvid u postojeće stanje zgrade. U stručnoj praksi postoje dvije vrste energetskog pregleda: opći i detaljni energetski pregled [4].

U osnovi opći energetski pregled predstavlja prikupljanje i obradu podataka kako bi razumjeli načine korištenja energije i vode u zgradi, identificirali potencijalne mjere poboljšanja energetske efikasnosti te stvorili podloge za eventualnu primjenu jednostavnih mjera ili pripremu i provedbu detaljnog energetskog pregleda, slika 2.



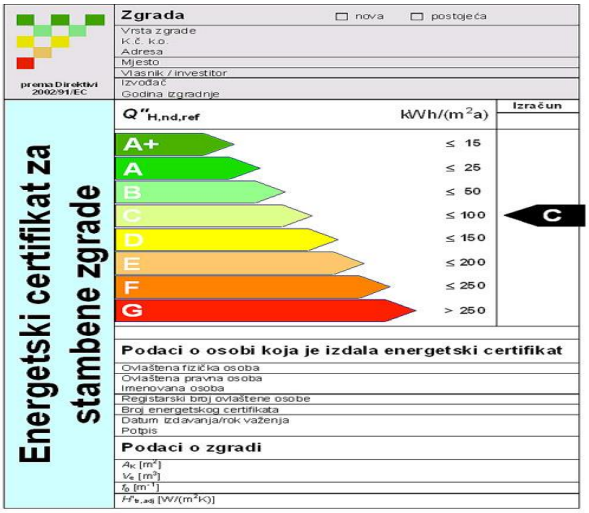
Slika 2. Shema općeg energetskog pregleda

Detaljnim se energetskim pregledom ulazi u tzv. dubinsku energetsku analizu zgrade te se na temelju mjerenja vrednuju složenije mjere poboljšanja energetske efikasnosti koje su kao rezultat općeg energetskog pregleda preporučene za dodatnu analizu. Završni dokument koji se nakon obavljenog detaljnog energetskog pregleda isporučuje klijentu često se naziva i Investicijska studija. Samo ime završnog dokumenta sugerira da je ključni rezultat detaljnog energetskog pregleda lista mjera poboljšanja energetske efikasnosti koje se predlažu za provedbu tj. Investiranje [4].



Slika 3. Shema detaljnog energetskog pregleda

Energetski certifikat je dokument koji vrijedi 10. godina a njime se utvrđuje energetski razred zgrade, predočuju energetske karakteristike zgrade i daju informacije o potrošnji energije te stanju zgrade u odnosu na energetsku učinkovitost. Energetski certifikat daje i prijedlog mjera za isplativo poboljšanje energetskih karakteristika zgrade kako bi se smanjila potrošnja energije. Energetsko certificiranje zgrada provodi osoba koja ima ovlaštenje Ministarstva graditeljstva i prostornoga uređenja [4].



Slika 4. Primjer energetskog certifikata [10]

3. Mjere za energetsku efikasnost u zgradarstvu

Mjere za povećanje energetske efikasnosti u zgradarstvu su sve mjere koje vode uštedi energije i vode, odnosno obnova zgrada nisko energetski standard i postizanje što višeg energetskog razreda. Obnova zgrada minimalno uključuje vanjsku toplinsku izolaciju zgrade koja u prosjeku za 40% do 60% smanjuje gubitak toplinske energije, moguće su druge mjere kojima se smanjuje potrošnja energije koje uključuje obnova termo tehničkih sustava, te uvođenje električnih sustava i zahvatima na sustavima vodoopskrbe. Treba naglasiti da izolacijom vanjske ovojnice zgrade postižu najveće uštede, te također izolacijom krova iznad grijanog prostora ili izolacije poda iznad negrijanog podruma.

3.1. Tehničke mjere

3.1.1. Sustav za gospodarenje energijom

Gospodarenje energijom zahtjeva sustavan pristup upravljanju i nadzoru potrošnje energije i vode. Sustav za gospodarenje energijom (SGE) predstavlja specifičan skup znanja i vještina koji se temelji na organizacijskoj strukturi koja povezuje sljedeće ključne elemente: ljude s dodijeljenim odgovornostima, procedure praćenja učinka: pokazatelje potrošnje, definirane ciljeve za poboljšanje te sustav mjerenja učinka. Osnovni je cilj svakog sustava za gospodarenje energijom optimiranje potrošnje energije i vode, te minimiziranja otpada i utjecaja na okoliš. Na temelju podataka dobivenih tijekom općeg energetskog pregleda zgrade potrebno je ocijeniti dostatnost postojećih organizacijskih procedura i načina praćenja potrošnje energije i vode te ukoliko je nezadovoljavajuća predložiti konkretna poboljšanja [4].



Slika 5. Shematski prikaz sustav za gospodarenje energijom

3.1.2. Vanjska ovojnica

Kod analize vanjske ovojnice u svrhu povećanja energetske efikasnosti misli se na smanjenje potrošnje toplinske energije. Čest je slučaj da ne postoji dokumentacija o postojećoj zgradi, te treba utvrditi sastav konstrukcije zgrade za vrijeme u kojem je zgrada građena te odrediti koeficijente prolaska topline. Tijekom analize vanjske ovojnice zgrade prikupljaju se sljedeći podaci [4]:

-Oplošje grijanog/hlađenog dijela zgrade, A (m²);

-Orijentacija i pripadajuća površina elemenata vanjske ovojnice zgrade

-Obujam grijanog/hlađenog dijela zgrade, V_e (m³);

-Ploština korisne površine zgrade, A_K (m²);

-Ploština grijane/hlađene površine zgrade,

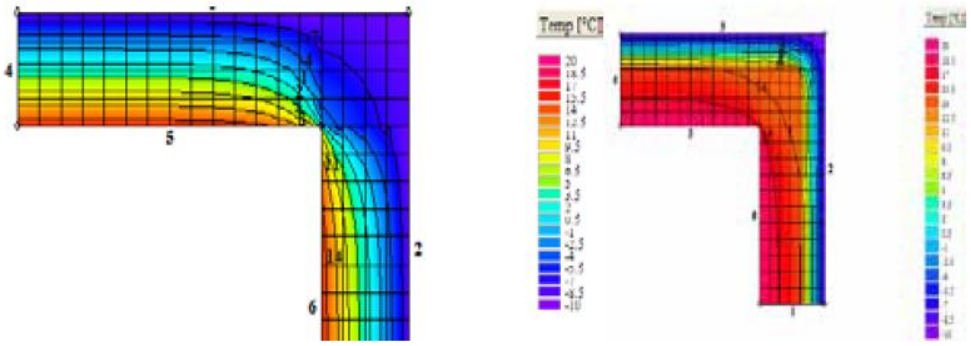
-Učešće ploštine prozora u ukupnoj ploštini pročelja, f (m²/m²);

-Oplošje hlađenog dijela zgrade, A (m²);

-Obujam zgrade obuhvaćen ventilacijom, (m³);

Izolacija vanjske ovojnice u cilju smanjenje potrošnje toplinske energije podrazumijeva izolaciju vanjskog zida, krova, poda, ventilacijskih sustava, te prozora i vrata, ali u ovom slučaju toplinski most je najslabija karika [5].

Toplinski most je manje područje u omotaču grijanog dijela zgrade kroz koje je toplinski tok povećan radi promjene materijala, debljine građevnog dijela. Zbog smanjenog otpora toplinskoj propustljivosti u odnosu na tipični presjek konstrukcije, temperatura unutarnje površine pregrade na toplinskom mostu manja je nego na ostaloj površini, što povećava opasnost od kondenziranja vodene pare.Posljedice toplinskih mostova su promjene u toplinskim gubicima i promjene unutarnje površinske temperature [5].



Slika 6 Prikaz neizoliranog ugla na zgrade i izoliranog ugla [9]

Kada govorimo o izolaciji, najvažnija tehnička karakteristika izolacijskih materijala je koeficijent prolaska topline (U) , koji predstavlja količinu topline koju građevni element gubi u 1 sekundi po m^2 površine kod razlike temperature od 1K, izraženo u W/m^2K. Bitno je da koeficijent prolaska topline zadovoljava aktualne tehničke propise, ali treba imati na umu kako niži U označava bolju toplinsku zaštitu zgrade te osigurava veće uštede odnosno manju potrošnju energije. Prilikom izbora materijala za toplinsku zaštitu treba osim toplinske vodljivosti uzeti u obzir i druge karakteristike materijala kao što su požarna otpornost, faktor otpora difuziji vodene pare, tlačna tvrdoća, stišljivost, trajnost, otpornost na vlagui drugo. Na tržištu su u ponudi razni materijali stoga je potrebno dobro poznavati prednosti i mane njihove primjene. Kao najbolji materijal za izolaciju se pokazala mineralna vuna zbog odličnih izolacijskih svojstava te mogućnosti difuzije pare, dok se na drugom mjestu nalazi stiropor [5].

3.1.3. Zamjena prozora i vanjskih vrata

Također zamjena stolarije igra bitnu ulogu kod uštede toplinske energije Toplinski gubici kroz prozore predstavljaju više od 50% toplinskih gubitaka zgrade, a ujedno su 10 ili više puta veći od toplinskih gubitaka kroz zidove, stoga je jasno koliko je važna njihova učinkovitost. Prozor se sastoji od prozorskog profila, okova, brtve i prozorskih stakala. Što se tiče prozorskih profila, u ponudi su aluminijski, drveni te PVC profili i svaki od njih ima svoje prednosti i nedostatke. Odabir vrste prozorskog profila stvar je osobnog afiniteta i mogućnosti odnosno specifičnih potreba građevine. Na tržištu

postoje i kombinirani profili npr. drvo-aluminij koji uspješno kombiniraju prednosti oba materijala. Kod PVC profila važno je za napomenuti da se razlikuju po broju komora , što utječe na toplinsku izolaciju te po debljini stijenke, koja utječe na statičku stabilnost. Kvalitetni PVC profili imaju 5 do 7 komora i debljinu stijenke 3 mm [5].

Za energetsku učinkovitost prozora, najvažniju informaciju predstavlja Uw odnosno faktor prolaska topline prozora. Uw pokazuje koja količina topline se prenosi kroz prozor, izraženo u Watima kroz 1 m2 površine prozora za 1K temperaturne razlike između dva prostora. Iako svaka komponenta prozora ima inačicu navedenog faktora (npr. U_f je faktor prolaska topline okvira, a U_g stakla), savjetujemo kupnju prozora sa jasno istaknutim U_w , jer to znači da je prozor testiran kao cjelina odnosno možete biti potpuno sigurni u njegovu ujednačenu kvalitetu.

Prema tehničkim propisima propisano je da koeficijent prolaska topline za prozore i balkonska vrata može iznositi maksimalno U=1,80 W/m^{2}K. Dok se na starim zgradama koeficijent prozora kreće oko 3,00-3,50 W/m^{2}K i više, EU zakonska regulativa propisuje sve niže vrijednosti i one se danas najčešće kreću u rasponu od 1,40-1,80 W/m^{2}K.Na suvremenim nisko energetskim i pasivnim kućama taj se koeficijent kreće između0,80-1,40 W/m^{2}K, te je preporuka prilikom zamjene stolarije ili gradnje korištenje prozora s koeficijentom U manjim od 1,40 W/m^{2}K.Prozori imaju još jednu važnu zadaću, a to je zaštita od buke. Prozori se prema zaštiti od buke svrstavaju u različite klase pri čemu je važna informacija faktor Rwkoji pokazuje za koliko će decibela prozor prigušiti vanjsku buku. Što je Rw veći, bolja je zaštita od buke [5].

3.1.4. Sustavi za proizvodnju toplinske energije

Sustav za proizvodnju toplinske energije (slika br. 6) sastoji se od uređaja u kojem se energija goriva pretvara u toplinsku energiju (kotao), razvoda toplinske energije, trošila toplinske energije, povrata kondenzata te mjerne i regulacijske opreme. Ukupno gledano efikasnost sustava za proizvodnju toplinske energije može se definirati kao omjer toplinske energije iskorištene od krajnjih potrošača i dovedene energije goriva odnosno preuzete toplinske energije iz javne mreže:

$$\eta = E_{kp}/E_g \quad (1)$$

E_{kp}- toplinska energija iskorištena kod krajnjih potrošača, kWh

E_g- dovedena energije goriva iz kojeg se proizvodi toplinska energija, kWh



Slika 7 Toplovodni kotlovi (lijevo), dovod plina ikotlovska automatika (desno) u kotlovnici zgrade Geotehničkog fakulteta u Varaždinu [6]

Za uređaje proizvodnje topline koji imaju snagu veću od 50 kW uobičajeno da se vodi dnevnik radi i zapisuju izmjereni podaci, ovisno koliko je dobro opremljena kotlovnica moguće je bilježiti sljedeće podatke [4]:

-Potrošnja goriva,

-Potrošnja napojne vode,

-Sadržaj dimnih plinova,

-Potrošnja električne energije za pomoćne sustave te

-Predana toplinska energija u sustav razvoda.

S obzirom na uređaj za proizvodnju toplinske energije, smanjenje efikasnosti se veže uz:

-Gubitke preko otpadne topline dimnih plinova

-Gubitke konvekcijom i zračenjem,

-Gubitke preko opreme za punjenje i ostalih radnih mehanizama,

-Gubitke uslijed neodgovarajućeg održavanja,

-Gubitke uslijed nepravilnog vođenja procesa te

-Gubitke kroz razna ispuštanja na plaštu opreme.

Kod parnih je sustava bitan povrat čistog kondenzata jer znači direktnu uštedu u energiji, vodi i kemijskom tretiranju vode. Također, ukoliko to uvjeti na lokaciji dozvoljavaju potrebno je provjeriti i mogućnost korištenja solarne energije za pripremu sanitarne tople vode.

Kako se u zgradama toplinska energija uglavnom koristi za grijanje prostora ključno je uspostaviti regulaciju sustava prema vanjskoj, okolišnoj, temperaturi. Solarni kolektori dio su solarnog sustava koji se koristi za pripremu potrošne tople vode (PTV), a moguće ga je koristiti i za zagrijavanje prostora. S obzirom da prosječno kućanstvo u kontinentalnom dijelu Hrvatske za pripremu potrošne tople vode (PTV)troši otprilike 20% ukupne godišnje potrošnje toplinske energije, korištenje solarnog sustava može biti itekako isplativa opcija. Osim kolektora takav sustav sadrži i ostalu opremu ovisno vrsti i veličini sustava. Kako bi solarni sustav bio pouzdan, efikasan i ekonomski isplativ,nakon što ste odredili njegovu namjenu (za pripremu PTV ili za pripremu PTV inadopunu grijanju), potrebno ga je optimalno dimenzionirati s obzirom na stvarne potrebe [4].

Solarni kolektorski sustav sadrži solarne kolektore, akumulacijski spremnik tople vode, dodatni grijač (kotao ili električni grijač) te regulacijski sklop. Solarni kolektori pretvaraju sunčevu energiju u toplinsku na način da apsorbiraju sunčevo zračenje te ga predaju tekućem nosiocu topline koji cirkulira između kolektora i akumulacijskog spremnika. Kolektori se mogu spajati u paralelnom ili serijskom spoju. Na tržištu su najčešće dvije izvedbe solarnih kolektora: pločasti i vakumski. Pločasti solarni kolektori se sastoje od tankeapsorberske ploče na koju su pričvršćene cijevi kroz koje teče nosilac topline i u prosjeku su cjenovno povoljniji, ali imaju manju efikasnost od vakumskih u hladnijem dijelu godine. Vakumski kolektori se sastoje od staklenih vakumiranih cijevi u kojima se nalaze bakrenecijevi kroz koje protječe toplina

Na način cirkulacije ogrjevnog medija, solarne sustave dijelimo na sustavesa prirodnom cirkulacijom (termosifonski) te sustave sa prisilnom cirkulacijom ogrjevnogmedija. Termosifonski solarni sustav radi na principu razlike u gustoći vode ovisno

otemperaturi. S obzirom da zagrijana voda ima manju gustoću od hladne, prolaskom kroz kolektor stvara cirkulaciju. Spremnik svakako mora biti najmanje 20 cm iznad gornjeg kolektorskog ruba. U komercijalnoj primjeni se najčešće nude integrirani sustavi solarnih kolektora i spremnika. Ovakav sustav se koristi u područjima gdje temperature ne padaju ispod nule. Prednost ovakvih sustava je njihova jednostavnost i relativno laka montaža, te su cijenom prihvatljivi.

U praksi su zastupljeniji solarni sustavi sa prisilnom cirkulacijom ogrjevnogmedija, iako su znatno složeniji od termosifonskih sustava. Ovakav sustav se sastoji od solarnih kolektora, spremnika topline sa izmjenjivačem, cjevovoda, cirkulacijske pumpe, ekspanzijskog sustava, pripadajuće armature, regulacije te pomoćnog kotla, a kao medij koji prenosi toplinu se koristi glikol. S obzirom da u ovakvom sustavu spremnik ne mora biti iznad kolektora, moguće ga je smjestiti u kotlovnicu te na njega spojiti i kotao za grijanje. Zbog toga, kao i zbog učinkovite zaštite sustava od pregrijavanja te neosjetljivosti na predimenzioniranje, ovakav je sustav pogodan kao nadopuna grijanju, mjere koje se mogu primijenitiza povećanje efikasnosti su navedene u tablici br. 1.

Tablica br. 1 Mjere za poboljšanje sustava za proizvodnju toplinske energije

Mjere za poboljšanje sustava za proizvodnju toplinske energije
Zamjena starih kotlova s novijim i efikasnijim.
Stanje i održavanost opreme.
Poboljšanje sustava izgaranja.
Regulacija rada u ovisnosti o vanjskoj temperaturi
Korištenje otpadne topline iz dimnih plinova.
Mogućnosti i potrebe za frekventnom regulacijom pomoćnih elektromotornih pogona (pumpe i ventilatori).
Zamjena predimenzioniranih kotlova s manjim i pogonu prilagođenim jedinicama.
Popravak izolacije uređaja kako bi se gubici konvekcije i zračenja sveli na najmanju moguću mjeru.
Stanje sustava pripreme napojne vode.
Istražiti mogućnost rada na što je moguće nižoj temperaturi i sa što manje oscilacija u radu.

Izolirati rezervoare za tekuća goriva kako bi se smanjila potrebna energija za predgrijavanje.
Isplativost prelaska na korištenje biomase za proizvodnju toplinske energije.
Parni sustavi – povrat kondenzata.
Racionalizacija sustava razvoda – eliminiranje grana koje se ne koriste.
Isplativost rekonstrukcije izolacije cjevovoda.
Regulacija temperature u prostoru – termostati, zoniranje.

3.1.5. Klimatizacijski i ventilacijski sustavi u zgradama

Ventilacijskim sustavima održava se kvaliteta zraka u zgradama, odnosno svrha takvog sustava je dovođenje svježeg zraka, te odvođenje štetnih tvari. Ventilacijske sustave možemo podijeliti na prirodne i mehaničke, prirodnu ventilaciju nije moguće regulirati jer ovisi o klimatskim uvjetima, ali je zato jeftina i jednostavna za izvedbu. međutim mnogo zgrada ovisi u mehaničkim ventilacijskim sustavima i nužna je za većinu radnih prostora. takav sustav se može regulirati i neovisna je o klimatskim uvjetima ali je zato skuplja u pogonu jer troši energiju.

Vrste ventilacijskog sustava prema prostoru koji treba prozračiti možemo podijeliti na odsisna, tlačna, te tlačno-odsisna. Obavezna komponenta sustava ventilacije je filter za zrak. Svježi zrak se filtrira kako bi spriječili unos čestica iz okolišnijega zraka u prostor, dok se dio odsisnog zraka koji se ponovno vraća uprostor također pročišćava. Pročišćavanjem odsisnog zraka štitimo elemente ventilacijskog sustava od nakupljanja nečistoća.

Klimatizacija je proces pripreme zraka u svrhu kontroliranog postizanja i održavanja zadanih karakteristika klimatskih uvjeta zatvorenog prostora (temperatura, relativna vlažnost, brzina strujanja zraka, te čistoća zraka).Razlika između ventilacije i klimatizacije je u tome što kod klimatizacije postoji proces pripreme zraka koji uključuje proces zagrijavanja/hlađenja, ovlaživanja i odvlaživanja, dok se kod sustava ventilacije zrak samo zagrijava na temperaturu ubacivanja u zimskom periodu. Temperaturna regulacija odnosi se na promjenu temperature fluida uz konstantnu protočnu količinu dok se količinska regulacija odnosi na promjenu protočne količine medija. [4].



Slika 8.Odsisnanapa (lijevo, gore), kanali za odvod otpadnog zraka (gore, desno), kanalni razvod svježeg zraka (dolje, lijevo) i toplovodnizagrijač (dolje,desno) u laboratoriju u zgradi Geotehničkog fakulteta u Varaždinu [6]

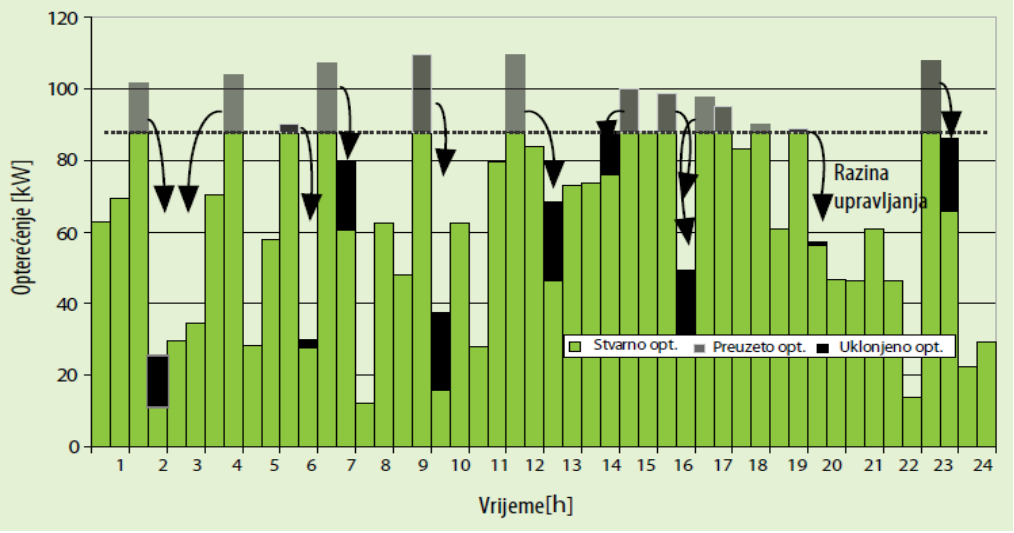
Osnovno je pravilo klimatizacijske tehnike kod hlađenja sadržano u rečenici "Ne hladiti nanižu temperaturu nego je što je to potrebno", jer se time povećava utrošak pogonske energije za isti ostvareni rashladni učinak tj. znatno se narušava energetska efikasnost rashladnog procesa. Iskustvo govori da se za svaki stupanj niže temperature isparavanja, odnosno više temperature kondenzacije povećava utrošak energije u rashladnom procesu za približno 2%.

3.1.6. Elektroenergetski sustavi u zgradama

Pod elektroenergetskim sustavom u zgradama podrazumijevamo komponente i uređaje koji se nalaze iza mjesta preuzimanja električne energije u zgradi. Osnovno se pravilo za poboljšanje efikasnosti uređaja koji koriste električnu energiju može sažeti u rečenici: "Isključi uređaj kad ga ne koristiš!". U traženju poboljšanja efikasnosti elektroenergetskog sustava u zgradama potrebno je držati se već više puta spomenutog sustavnog pristupa tj. poboljšanja je potrebno tražiti i na strani opskrbe(transformatori, kompenzacija jalove snage, upravljanje vršnim opterećenjem, kvaliteta električne energije) i na strani finalne potrošnje (elektromotorni pogoni, rasvjeta, ostali uređaji).

Na lokacijama gdje se električna energija preuzima na srednje naponskoj razini čest je slučaj da su u transformatorskoj postaji instalirana dva transformatora, tzv. radni i pričuvni. Iako je jedan transformator dostatan za pokrivanje potreba najčešće su u pogonu oba. Primjera radi za transformator od 1.000 kVA prosječni gubici (ovisno o opterećenju) iznose oko 10 kW što za poduzeće čiji je transformator u pogonu oko 8.700 h/god. znači nepotrebne gubitke u iznosu od 87.000 kWh/god. Ovi se gubici mogu izbjeći jednostavnim isključivanjem jednog od transformatora (pričuve).Analizom prikupljenih računa za potrošnju električne energije može se vidjeti da li za zgradu postoje izdaci pod stavkom prekomjerno preuzeta jalova energija i na taj način utvrditi postoji li kompenzacija jalove snage te da li je ispravno dimenzionirana. Ako u zgradi nema nikakvih kondenzatora za kompenzaciju jalove snage za očekivati je prosječni cos ϕ u rasponu od 0,6 do 0,8 [4].

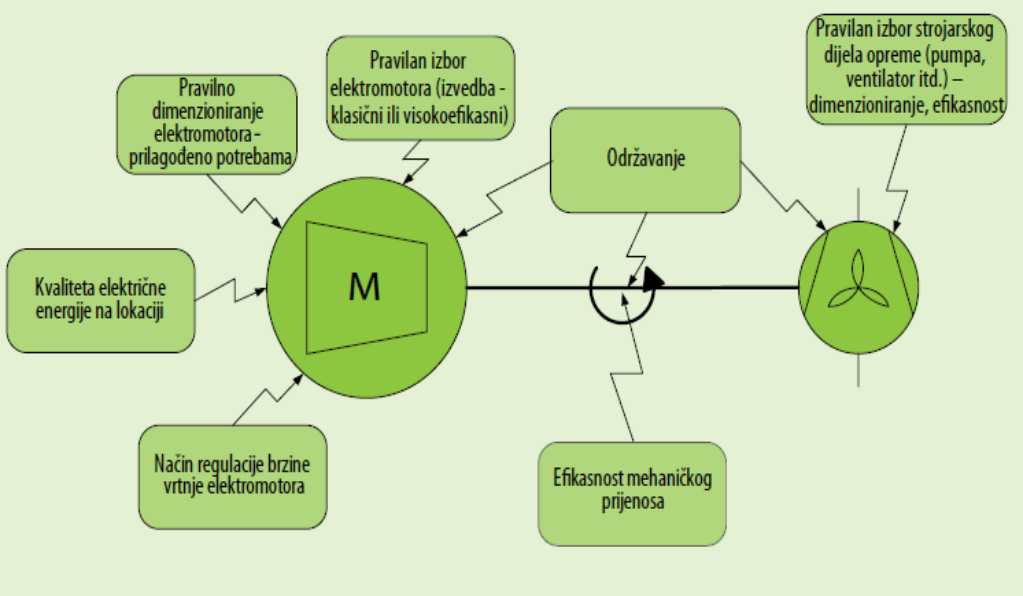
Dodavanjem kondenzatora potrebno je podignuti cos ϕ iznad 0,95 i na taj način izbjeći dodatne troškove za jalovu energiju. Rezanje vrhova ili smanjenje vršnog opterećenja klasični je način upravljanja potrošnjom,a provodi se pravovremenim isključenjem trošila koja nisu nužna u zadanom trenutku s ciljem smanjivanja vršnog opterećenja i uz to vezanih troškova. Na tržištu postoji oprema koja se podešava prema značajkama aktivnosti u zgradi te u slučaju da postoji opasnost prekoračenja zadane razinevršnog opterećenja isključuje predefinirana trošila [4].



Slika 9. Upravljanje vršnim opterećenjem [4]

Elektromotorni su pogoni prisutni u većini modernih zgrada. Uobičajeno se radi o većem broju jedinica koje su razmještene na različitim mjestima. Prilikom provođenja

općeg energetskog pregleda potrebno je provjeriti načine rada svih elektromotornih pogona na lokaciji. U upotrebi su najraširenij asinkroni elektromotori koji se koriste u 2/3 svih elektromotornih pogona. [4].



Slika 10. Značajke o kojima ovisi efikasnost elektromotornog pogona [4]

Na efikasnost dobro održavanog elektromotornog pogona najznačajnije utječe dimenzioniranost i izvedba elektromotora. Negativni utjecaji zbog predimenzioniranosti elektromotora vide se u [4]:

-Većim početnim izdacima zbog kupovine elektromotora veće snage,

-Većim početnim izdacima u svu ostalu prateću opremu (kabeli, sklopke itd.),

-Većim izdacima u dodatnu opremu za kompenzaciju jalove snage zbog lošegfaktora snage koji je posljedica nižeg opterećenja te

-Većim izdacima za električnu energiju tijekom cijelog životnog vijeka elektromotorazbog slabije efikasnosti koja je posljedica predimenzioniranosti.

Također, jedan od vrlo često primjenjivanih načina poboljšanja efikasnosti elektromotornih pogona koje karakterizira promjenjivost opterećenja jest ugradnja uređaja za frekventnu regulaciju brzine vrtnje elektromotora. Prednost ovog načina regulacije najočitija je kod pumpnih postrojenja, gdje se u usporedbi s regulacijom protoka fluida prigušenjem u cjevovodu korištenjem frekventnih regulatora brzine vrtnje elektromotora, a time i promjene protoka, ostvaruju i najveće uštede [4].

3.1.7.Vodoopskrbni sustavi u zgradama

Osnovni načini rješavanja problema gubitaka vode mogu se sagledati kroz sljedeće mjere i postupke [4]:

-Utvrđivanje i sanacija postojećih uzroka gubitaka,

-Edukacija potrošača u cilju što ekonomičnije potrošnje,

-Aktivni nadzor sustava radi pravodobnog reagiranja prilikom iznenadne pojave

porasta potrošnje i aktivna kontrola tlaka u cjevovodu te

-Pravilno održavanje i obnova postojeće vodovodne mreže.

Efikasnost programa smanjenja gubitaka najbolje je gledati kroz plansko kombiniranje nekoliko različitih metoda. Zastupljenost ciljanih metoda ovisna je o konfiguraciji i specifičnostima pojedinih sustava počevši od tlaka u cjevovodu do broja i vrste izljevnih mjesta te oscilacijama potrošnje. Najvažnija je mjera unapređenja kontrole potrošnje vode uvođenje daljinskog nadzora potrošnje. U odnosu na uobičajenu praksu koja podrazumijeva kontrolu u prosjeku svakih tridesetak dana (prema računima) ovo rješenje podrazumijeva kontinuirano, svakodnevno, praćenje potrošnje vode na lokaciji. [4].

3.2. Upravljanje ljudima

Upravljanje ljudskim potencijalima podrazumijeva poboljšanje energetske efikasnosti, kako bi se postiglo poboljšanje efikasnosti, ljudi moraju promijenit stav prema upotrebi energije. Zaposleni moraju djelomično osjećati odgovornost za probleme energetske efikasnosti i brige za okruženje. kada se razmatra upravljanje energijom i utjecajima na okruženje, većina ljudi prvo pomisli na informacije kao što razna mjerenja, analize, nadzor koje prate kompliciranе procedure. Ako se ljudi ne uvjere u promjenu svog stava prema upotrebi energetskog sustava, široka područja neefikasnosti će se teško promijeniti. Strojevima i procesima će se svejedno upotrebljavati bez obzira na energetsku efikasnost, neće se poduzimati ni najmanje mjere, a posljedica će biti opadanje energetske efikasnosti. Stoga za efikasno upravljanje je potrebno uključiti i ljudski faktor gdje je najveći problem promijeniti stav prema upotrebi energije. U Hrvatskoj provode projekti za poticanje energetske efikasnosti, cilj projekta bio je postaviti temelje za sustavno i efikasno gospodarenje energijom u javnom sektoru, ali i educirati i informirati građane o energetskoj učinkovitosti i energetski učinkovitim proizvodima i sustavima zahvaljujući kojima mogu smanjiti potrošnju energije i emisije CO_2. Sva ministarstva i neka tijela državne uprave, koji su pritom oformili i svoje timove za gospodarenje energijom [2][3].

EE timovi se sastoje od educiranih zaposlenika koji prate i planiraju potrošnju energije, ali se bave i drugim aktivnostima, poput razvoja projekata energetske učinkovitosti te savjetovanja građana. Kroz različite tečajeve, radionice i predavanja u sklopu projekta je educirano više od 29.000 zaposlenika javnih službi te su razvijene brojne brošure, priručnici, publikacije i multimedijalni sadržaji koji su imali važnu ulogu u edukaciji i informiranju. Ključan alat razvijen u sklopu projekta je nacionalni Informacijski sustav za gospodarenje energijom (ISGE) u kojem se nalaze podaci o potrošnji za više od 75% javnih zgrada. Podaci o potrošnji se redovito unose u ISGE te se kasnije koriste za izračune, analize i kontrolu potrošnje. Dio potrebnih analiza i kontrola potrošnje aplikacija provodi automatizirano te o kritičnim rezultatima obavještava nadležne osobe. Također, na temelju informacija dobivenih kroz provedene analize, stručnjaci odgovorni za gospodarenje energijom identificiraju i provode potrebne mjere povećanja energetske efikasnosti koje u konačnici rezultiraju energetskim i financijskim uštedama [2][3].

3.3. Financijsko-ekonomski aspekt

Nacionalni ciljevi povećanja energetske učinkovitosti definirani su sukladno projekcijama neposredne potrošnje energije. Naime, Strategija energetskog razvoja polazi od pretpostavke stabilnog gospodarskog rasta bruto domaćeg proizvoda (BDP) od 5% godišnje. Nastupanjem ekonomske i financijske krize dolazi do pada BDP-a, umjesto planiranog porasta BDP-a za 21,5% u razdoblju od 2009. do 2012. godine, ostvarena je negativna stopa od -9%, što je razlika 30,5%. Padom industrijske proizvodnje i općeg društvenog standarda, smanjuju se i potrebe za energijom.

U zakonodavnom okviru, kojim se uređuju odnosi u energetskom sektoru Republike Hrvatske (Zakon o energiji, "Narodne novine" br. 68/01, 177/04, 76/07), te strateškim dokumentima razvitka energetskog sektora i zaštite okoliša u Republici Hrvatskoj (Strategija energetskog razvitka Republike Hrvatske, "Narodne novine" br. 38/02, Nacionalna strategija zaštite okoliša, "Narodne novine"br. 46/02, Nacionalni energetski programi i drugi) efikasno korištenje energije, kogeneracija (istodobna proizvodnja toplinske i električne energije u jedinstvenom procesu) i korištenje obnovljivih izvora energije utvrđeno je, u skladu s postojećim stanjem energetskog sektora i razvojnim opredjeljenjem.

U Republici Hrvatskoj se putem prethodno navedenih državnih tijela dodjeljuje financijske potpore za primjenu ekonomski isplativih mjera energetske učinkovitosti radi smanjenja potrošnje energije, te će se omogućit razvoj tržišta energije i tržišno formiranje cijena energije. Unatoč povećanju energetske učinkovitosti gospodarski razvoj Republike Hrvatske traži povećanu potrošnju energije. Povećanje ponude ukupne energije preduvjet je gospodarskog razvoja, ali istodobno i dodatni doprinos rastu gospodarstva. Republika Hrvatska ne raspolaže vlastitom akumulacijom kapitala takve razine pa će se ta sredstva morati tražiti na međunarodnom tržištu kapitala. Ukupni učinci investiranja u energetski sektor ovisit će ponajprije o načinu financiranja energetskih objekata, jer se radi o velikim i složenim investicijskim ulaganjima. Naravno da ovakve investicije podrazumijevaju porast BDP-, ali zbog zaduživanje porast će biti manji otprilike do 2 postotna boda [2][3].

4. Primjena mjera na zgradiFakulteta

Geotehnički fakultet u Varaždinu (slika br. 10) je kompleks zgrada izveden iz tri dilatacije ijedne dogradnje, koje se međusobno nadovezuju u smjeru pružanja sjever-jug.Etažnost je raznolika, a najveći broj etažajepet. Najveće vanjske dimenzije odnosno gabariticijelog kompleksa su L×B=90,16×29,77 m, pri čemu su podaci preuzeti iz izvješća o energetskom pregledu [6].



Slika 11. Zgrada Geotehničkog fakulteta u Varaždinu [6]

4.1. Opis zgrade i dosadašnjih mjera

Osnovna zgrada je izgrađena 1975. godine, a sastoji se od tri dilatacije uzdužno povezane kao izmaknuti pravokutnici smjera pružanja sjever-jug. Etažnost dilatacija je prvotno bila podrum+prizemlje+dva kata, a naknadno je dograđen treći kat na sjevernoj dilataciji. Također, zgrada je izgrađena sravnim krovom, a kasnije je izvedeno krovište s limenim pokrovom. Osnovnoj zgradi je na jugu priključena velika predavaona nepravilnog tlocrtnog oblika čija je izgradnja započeta 1975. izgradnjom skloništa ispod, a konačno je dovedena u funkciju 2010. godine kada su rađene instalacije i unutarnje uređenje (obloge zidova, podova i stropova).

Nosiva konstrukcija je tipična za doba izgradnje, armiranobetonski stupovi, grede i međukatna konstrukcija. Vanjski otvori su smješteni po cijeloj dužini između stupova, a parapeti su izvedeni kao sendvič element - s unutarnje strane je betonski zid debljine 15 cm, slijedi toplinska izolacija debljine 3 cm ivanjska obloga fasadnom opekom. Zabatni zidovi su izvedeni ili kao betonskivisokostijenci ili s ispunom od opeke. Vanjski zidovi velike dvorane su novijeg datuma, pa su izvedeni po istom principu, ali s većom debljinom toplinske izolacije. Iznutra je betonski zid debljine 20 cm, slijedi sloj mineralne vune debljine 10cm i izvana obloga fasadnom opekom. Vanjska stolarije je najvećim dijelom aluminijska s dvostrukim izoostakljenjem, u dobrom stanju, ali loše ugrađena tako da na spojevima sa zidom dolazi do procurivanjaprilikom oborina.

Sustav grijanja izveden je većim dijelom kao toplovodni radijatorski, dok je udograđenoj velikoj dvorani prilagođen sustav grijanja/hlađenja putemventilokonvektora, te djelomične klimatizacije za što je ugrađena jedna klima-komora. Toplinska energija za radijatorsko i ventilokonvektorsko grijanje teklima-komore dobavlja se iz centralne kotlovnice koja koristi prirodni plin(nekoć je postojala i mogućnost korištenja ekstra lakog loživog ulja).

Zahlađenje je ugrađen jedan zrakom hlađen rashladnik vode, kojim se napajaju rashladni krugovi klima-komora i ventilokonvektora. U prostorijama laboratorija ugrađeni su sustavi mehaničke ventilacije, a djelomično i toplozračnog grijanja. Priprema sanitarne tople vode je lokalna, putem električnih bojlera. Električna energija se preuzima na niskom naponu i naplaćuje prema crvenom tarifnom modelu za poduzetništvo. Instalirana su dva brojila električneenergije. Zgrada je na gradski vodovod priključena preko jednog brojila potrošnje vode [6][7].

4.2. Prijedlog mjera energetske efikasnosti

Prije eventualne realizacije zahvata kojitraže znatnija ulaganja treba provesti detaljna snimanja svih eksploatacijskih parametara sustava (broj sati rada, opterećenje i sl.) te kroz investicijsku studiju napraviti detaljnu tehno-ekonomsku analizu. Tek potom se može pristupiti izradi glavnog i izvedbenog projekta te građenju.

Zahvat prilikom izvedbe toplinske izolacije vanjskog pročelja obuhvaća postavljanje nove ETICS fasade sa 10 cm ekspandiranog polistirena na dio pročelja sa žbukom kao završnim slojem (zabati). Dio pročelja sa parapetima izvedenima u fasadnoj opeci nije uključen u ovu mjeru. Takvim zahvatom koeficijent prolaza topline za vanjski zid „VZ beton za TId=30 cm“ se smanjuje s početnih U=3,16 W/m^{2}K na U=0,36 W/m^{2}K, a za vanjski zid „VZ opeka d=30 cm“ s početnih U=1,89 W/m^{2}K na U=0,33 W/m^{2}K.

Zatim se predviđa toplinska izolacija od mineralne vune na podu negrijanog tavana ukupne debljine 20 cm u dva križno postavljena sloja od po 10 cm, na podlozi od bitumenske ljepenke te zaštićene PVC folijom s gornje strane. Takvim zahvatom smanjuje se koeficijent prolaza topline za strop prema negrijanom tavanu sa trenutnih U=0,29 W/m^{2}K na U=0,16 W/m^{2}K, te zamjena krovnog valovitog čeličnog lima novim valovitim čeličnim pocinčanim plastificiranim limom debljine 0.6 mm S paro-propusnom i vodonepropusnom membranom dijagonalno postavljenom na postojećoj krovnoj konstrukciji kao zaštitom od pojave kondenzata s unutarnje strane krova. Kao dodatnu mjeru protiv pojave kondenzacije u krovištu predviđa se osiguravanje njegove prirodne ventilacije pomoću elemenata od pocinčanog lima s donje strane zatvorenih mrežicom, raspoređenih na vertikalnim obodima uz žljebove, te odzračnim elementima u sljemenu. Ukupna površina otvora za prirodno ventiliranje prostora krovišta iznosi oko 2m^2 [7].

4.3. Prijedlog mjera obnovljivih izvora energije

Na temelju postojećeg stanja u sustavu grijanja i hlađenja predlaže se upotreba obnovljivih izvora energije uzimajući u obzir i ekonomsku opravdanost kroz povrat uloženih investicijskih sredstava smanjenjem koštanja energije, predviđa se postava dizalica topline voda-voda od 280kW koja pokriva većim dijelom potrebnu energiju za grijanje kao i hlađenja na način da zamijenimorashladnik vode s pasivnim hlađenjem od bunarske vode kao i regulacija vršnog opterećenja naročitu u ljetnim mjesecima. Područje pokrivanja godišnje potrebe energije dizalice topline povećat će se planiranim ulaganjima na toplinskoj izolaciji zgrade gdje će se kapacitativno u potpunosti pokriti s obnovljivim izvorom energije.

Postava FN električne solarne elektranesnage foto naponskih modula 30,72 kW sa snagom izmjenjivača 25 kW na krovištu zgrade Fakulteta za potrebe rada dizalice topline voda-voda dobiva se ogledni primjer korištenje obnovljivih izvora energija na postojećimizgrađenim sustavima. Dobiva se visoka energetska učinkovitost s stanovišta obnovljivih izvora energije i minimalne emisije CO_2, jer se dijelom pokriva potrošnja električne energije dizalice topline. Ova mjera daje povoljno energetsko učinkovito rješenje te se razrađuje s stanovišta ekonomske i energetske opravdanosti [8]:

5. Analiza i implementacija mjera

5.1. Prvi prioritet mjera za implementaciju

Mjera 1

Izvedba nove ETICS fasade sa 14 cm mineralne vune na vanjskim zidovima sa žbukom kao završnim slojem [7].

Mjera 1.1

Izvedba nove toplinske zaštite od mineralne vune na podu negrijanog tavana ukupne debljine 20 cm u dva križno postavljena sloja od po 10 cm, na podlozi od bitumenske ljepenke te zaštićene PVC folijom s gornje strane [7].

Mjera 1.2

Zamjena krovnog valovitog čeličnog lima novim valovitim čeličnim pocinčanim plastificiranim limom debljine 0.6 mm S paro-propusnom i vodonepropusnom membranom dijagonalno postavljenom na postojećoj krovnoj konstrukciji.

Izvedba ovih mjera sastoji se od sljedećih radova: pripremni radovi, demontaže, fasaderski radovi, izolacijski radovi, krovopokrivački limarski radovi, limarski radovi, stručni inženjerski nadzor, čija je vrijednost otprilike 760 000 kn [7].

Analiza

Na temelju analize i modeliranje potrošnje toplinske energije prema izvješču o energetskom pregledu dobivena je vrijednost trenutne godišnje potrebne topline za grijanjeza stvarne klimatske podatke te iznosi Q_H= 455.963,00 kWh [6].

Primjenom predloženih mjera vrijednost godišnje potrebne energije za grijanje prema podacima izvješča o energetskom pregledu smanjuje se naQ_H = 356.518,40 kWh, što predstavlja godišnju uštedu od Q_H =99.444,2 kWh [6].

Postojeće stanje emisije CO_2 od 118,121 t/god primjenom predloženih mjera smanjuje se na 92,359t/god što predstavlja smanjenje emisije od 25,762 t/god [6].

5.2.Drugi prioritet mjera za implementaciju

S obzirom na velike količine podzemnih voda na lokaciji na pristupačnoj dubini postoji ekonomska opravdanost za postavljanje toplinske dizalice voda-voda za potrebe grijanja i hlađenja te za pokrivanje njezine potrebe za električnom energijom postavlja se solarna elektrana, te bi ova mjera bila na drugom mjestu prioriteta. Kontrolnim proračunom ustanovljeno je da je godišnja potrošnja plina otprilike 49, 216 m^3, a to je financijski trošak od otprilike 220 000 kn na godinu [8].

Mjera 2

Ugradnjadizalice topline voda-voda od 280 kWh koja pokriva većim dijelom potrebnu energiju za grijanje kao i hlađenja postupkom pasivnog i aktivnog umjesto postojećeg rashladnika vodekoja bi davala potrebnu energiju za grijanje kao i hlađenja.Područje pokrivanja godišnje potrebe energije dizalice topline povećat će se na toplinskoj izolaciji zgrade gdje će se u potpunosti pokriti s obnovljivim izvorom energije [8].

Analiza mjere 2

Prema predstudiji energetske učinkovitosti s obnovljivima izvorima energije dizalica topline pokriva godišnje energije od 396 530 kWh koja zamjenjuje 41 250 m^3 plina što je sa trenutno cijenom plina od 5,7 kn iznos od 232 238 kn [8].

Dizalica topline voda-voda s COP 4,9 za navedenu energiju trebaod 396 530/4,9= 80 924 kWh električne energije što pocijeni od 1 kn/kWh daje trošak od 80 924 kn, znači godišnja ušteda je 232 238 kn-80 924kn=151 314 kn.Troškovi postave dizalice su 510 000 kn te povrat investicije iznosi 510 000/151 314=3,4 godine [8].

Mjera 2.1

Postava FN električne solarne elektranesnage foto naponskih modula 30,72 kW sa snagom izmjenjivača 25 kW na krovištu zgrade Fakultetaza potrebe rada dizalice topline voda-voda dobiva se ogledni primjer korištenje obnovljivih izvora energijana postojećimizgrađenim sustavima. Dobiva se visoka energetska učinkovitost s stanovišta obnovljivih izvora.

Analiza mjere 2.1

Prema potencijalnoj ponudi, trošak postave električne solarne elektrane od se sastoji od osnovne opreme elektrane (foto naponski modul, foto naponski izmjenjivač, razvodni ormar elektrane, solarni instalacijski kabel, izmjenični kabelski razvod i pod-konstrukcija), projektiranja, montaže sustava te puštanja u pogon što je ukupni iznos oko 240 000 kn.

Očekivana proizvodnja električne energije prema analizi na temelju dispozicije fotonaponskih modula i meteoroloških podataka u godinu dana iznosi **32 370 kWh**, a količina predane električne energije u mrežu iznosi 31 817 kWh [8].

Prema cijeni električne energije od 1 kn/kWh ušteda iznosi 32 370 kn u godini što bi značilo da je povrat investicije za 240 000kn/32 370kn=**7,4 godine** [8].

Tablica br.2 Ušteda potrošnje energije i smanjenje emisije CO_2

Postojeće stanje potrošnje energije	QH= 455.963,00 kWh
Stanje nakon implementacije	QH = 356.518,40 kWh
Ukupna ušteda energije	QH =99.444,2 kWh
Ušteda električne energije	32 370 kWh
Ušteda toplinske energije	88 139 kWh
Postojeće stanje emisije CO_2	118,121 t/god CO_2
Stanje nakon implementacije mjera	92,359t/god CO_2
Ukupno smanjenje CO_2	25,762 t/god CO_2

6. Zaključak

Na temelju predloženih mjera za implementaciju na zgradi Fakulteta i njihovom analizom smo pokazali povećanu energetsku efikasnost i smanjenje emisije CO_2. Prvi prioritet mjera za implementaciju je izolacija vanjske ovojnice, izolacija poda negrijanog tavana i zamjena krovnog čeličnog lima. Drugi prioritet mjera jekorištenje obnovljivih izvora energije kao što su dizalica topline i postava foto naponske elektrane. Drugi prioritet mjeraobnovljivih izvora energije donose uštedu električne energije od 32 370 kWh te uštedu toplinske energije od 88 139 kWh. Postojeće stanje potrošnje energije iznosi Q_H= 455.963,00 kWh. a nakon implementacije predloženih mjera potrošnja se smanjuje na QH = 356.518,40 kWh, što znači da jeukupna ušteda energije iznosi Q_H =99.444,2 kWh. Dok postojeće stanje emisije CO_2 iznosi 118,121 t/god, a poslije provedenih mjera iznosi 92,359t/god, a smanjenje emisije CO_2 od 25,762 t/god. Provođenje ovih mjera pokazuje relativno brz povrat investicije i isplativost samog projekta, 7,4 godine za fotonaponsku solarnu elektranu te za toplinsku dizalicu 3,4 godine.

Odabir mjera je ovisio o samoj lokaciji i stanju objekta. Ove mjere su izabrane za implementaciju jer najefikasnije djeluju na najkritičnije točke potrošnje energije. Primjenom ovih mjera postiže se najveća ušteda energije i povećava energetsku efikasnost. Da bi se dodatno povećala energetska efikasnost mogu se primijeniti mjere kao što su dodatna izolacija krova, zamjena i optimiranje postojeće rasvjete,upravljanje vršnim opterećenjem te povećanje FN solarne elektrane. Također, nabava novih uređaja za ventilaciju i klimatizaciju te iskorištavanje otpadne topline i poboljšanje sustava izgaranja bitno bi pridonijelo povećanju energetske efikasnosti

Stalni porast cijene energenata i činjenica da su izvori energije ograničeni te razvoj svijesti o uštedi energije i zaštiti okoliša, dovodi pitanje energetske efikasnosti i korištenja obnovljivih izvora energije. Racionalno planiranje energetske potrošnjeje vrlo bitno za sljedeće generacije i buduća primjena mjera za povećanje energetske efikasnosti će značajno doprinijeti zaštiti okoliša, održivom razvojem i smanjenu stakleničkih plinova.

7. Literatura

[1] Iskorištavanje obnovljivih izvora energije, energetska učinkovitost i smanjenje emisija stakleničkih plinova kao pokretač razvoja "zelene ekonomije" u Hrvatskoj do 2050. Dostupno na :

http://bib.irb.hr/datoteka/609915.Duic_Krajacic_Puksec_Cosic_Novosel_Ridjan_HED21.pdf Datum pristupa : 15.3.2017

[2] Treći nacionalni akcijski plan energetske učinkovitosti za razdoblje 2014.-2016. Dostupno na stranici: https://www.mingo.hr/public/3%20Nacionalni_akcijski_plan.pdfDatum pristupa stranici: 19.5.2017

[3] Ciljevi energetske politike EU i energetska efikasnost u Europskoj uniji. Dostupno na :https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/MAPE_3_2014_Skripta_EU2014_.pdf Datum pristupa stranici: 9.6.2017

[4] Morvaj Z, Sučić B, Zanki V, Čačić G. Priručnik za provedbu energetskih pregleda. Zagreb: 2010.

[5] Zanki V, Lokas V, Horvat S, Sučić B, Nekić I, Gjurić P, 200 EE savjeta kako efikasnije koristiti energiju, živjeti kvalitetnije i plaćati manje. Zagreb: 2009.

[6] Bardić S, Klasić E, Vidak D. Izvješće o energetskom pregledu građevine Geotehnički fakultet. Varaždin: 2013.

[7] Ružinski M. Energetska obnova Geotehničkog fakulteta s aspekta postave zgrade „d" u „c" certifikacioni razred s obnovljivim izvorima energije. Zagreb: 2015.

[8] Gregurić A, Bertić Ž. Predstudija energetske učinkovitosti s obnovljivima izvorima energije grijanja i hlađenja kompleksa Geotehnički fakultet Varaždin. Varaždin: 2015.

[9] Prikaz neizoliranog ugla na zgrade i izoliranog ugla. Dostupno na : https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/faq10-web.pdf Datum pristupa stranici: 1.8.2017.

[10] Primjer energetskog certifikata. Dostupno na : http://www.riteh.eu/wp-content/uploads/Energetski-certifikat-zgrade-229x300.jpg Datum pristupa stranici : 1.8.2017.

8. Popis slika

Slika 1. Definicija energetske efikasnosti

Slika 2. Shema općeg energetskog pregleda

Slika 3. Shema detaljnog energetskog pregleda

Slika 4. Primjer energetskog certifikata

Slika 5. Shematski prikaz sustav za gospodarenje energijom

Slika 6. Prikaz neizoliranog ugla na zgrade i izoliranog ugla

Slika 7.Toplovodni kotlovi, dovod plina ikotlovska automatika u kotlovnici zgrade Geotehničkog fakulteta u Varaždinu

Slika 8.Odsisnanapa, kanali za odvod otpadnog zraka, kanalni razvod svježeg zraka i toplovodnizagrijaču laboratoriju u zgradi Geotehničkog fakulteta u Varaždinu

Slika 9. Upravljanje vršnim opterećenjem

Slika 10. Značajke o kojima ovisi efikasnost elektromotornog pogona

Slika 11. Zgrada Geotehničkog fakulteta u Varaždinu

9. Popis tablica

Tablica br. 1 Mjere za poboljšanje sustava za proizvodnju toplinske energije

Tablica br.2 Ušteda potrošnje energije i smanjenje emisije CO_2