

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentori

Prof. dr.sc. Željko Bogdan
Prof. dr.sc. Neven Duić

Kata Sušac

Zagreb, 2007.

SAŽETAK

Ovaj rad pokušat će približiti strukturiranje i informatizaciju Registra obnovljivih izvora energije i kogeneracije kojeg vodi Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva. Najprije su objašnjena prava koja nositelj projekta stječe upisom u Registar, a zatim njegove dužnosti. Nakon toga detaljno je objašnjen postupak ishoda prethodnog energetskeg odobrenja, te evidentirana sva potrebna dokumentacija za ishoda istog.

Nadalje, opisan je postupak dobivanja energetskeg odobrenja, sa svim detaljnim uputama oko potrebne dokumentacije i zakonskih rokova. Također je dan postupak dobivanja prethodnog rješenja i rješenja o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije, te prava i obveze koje s istim stječe.

Ovime je na jednom mjestu opisan postupak do stjecanja statusa povlaštenog proizvođača sa svom popratnom dokumentacijom, pravima i dužnostima koja nositelja projekta prate od mjerenja potencijala do zadnje faze, odnosno do isplate isporučene električne energije po povlaštenoj tarifi. Također objašnjeni su kriteriji koje pojedina postrojenja moraju zadovoljiti da bi stekli status povlaštenosti.

U drugom dijelu na primjeru male kogeneracije za potrebe stambene zgrade od 20 stanova na području Zagreba, napravljen je proračun za stjecanje statusa povlaštenog proizvođača električne energije kogeneracijskog postrojenja sa i bez suizgaranja biomase i prirodnog plina. Kako za energanu na biomasu zbog izgaranja biomase nije potrebno raditi proračun za status povlaštenosti, opisan je postupak određivanja poticajnih tarifa za istu.

Ekonomskom analizom obuhvaćen je izračun dodatnih troškova zbog primjene energane odnosno mikrokogeneracijskog postrojenja sa i bez suizgaranja biomase, te izračun ušteda zbog primjene istog. Na osnovu toga, dobiveni su ekonomski pokazatelji isplativosti investiranja u energanu na biomasu te mikrokogeneracijsko postrojenje.

SADRŽAJ

POPIS SLIKA.....	4
POPIS TABLICA.....	5
POPIS OZNAKA.....	6
IZJAVA.....	9
1 UVOD.....	10
1.1 OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE	11
1.2 KOGENERACIJA	14
1.3 MEHANIZMI POTPORE ZA DRŽAVE ČLANICE EU	16
2 OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I KOGENERACIJA	18
2.1 ENERGIJA SUNCA.....	18
2.2 ENERGIJA VODENIH SNAGA	22
2.3 ENERGIJA VJETRA.....	27
2.4 ENERGIJA IZ BIOMASE	32
2.5 GEOTERMALNA ENERGIJA	37
2.6 ENERGIJA MORSKIH VALOVA.....	41
2.7 ENERGIJA IZ KOGENERACIJSKIH POSTROJENJA	42
3 STRUKTURIRANJE PODATAKA ZA STATUS PP	45
3.1 POVLAŠTENI PROIZVOĐAČ.....	45
3.2 UVJETI ZA STJECANJE STATUSA POVLAŠTENOG PROIZVOĐAČA	46
3.3 STJECANJE, PRODUŽENJE I GUBITAK STATUSA PP.....	47
3.4 DUŽNOSTI POVLAŠTENOG PROIZVOĐAČA	50
4 STRUKTURIRANJE REGISTRA.....	52
4.1 PRETHODNO ENERGETSKO ODOBRENJE	53
4.2 ENERGETSKO ODOBRENJE	58
4.3 PRETHODNO ENERGETSKO ODOBRENJE ZA ZATEČENE PROJEKTE.....	62
4.4 ODOBRENJE ZA IZGRAĐENA POSTROJENJA	64
5 INFORMATIZACIJA REGISTRA	67
5.1 DIJELOVI SUSTAVA.....	68
5.2 GEODETSKI PARAMETRI	72
5.3 GRAFIČKA BAZA PODATAKA	74
6 MODEL MIKROKOGENERACIJSKOG POSTROJENJA ZA PRORAČUN	76
7 PRORAČUN ZA STATUS POVLAŠTENOG PROIZVOĐAČA	81
7.1 PRORAČUN ZA BIOENERGANU	82
7.2 PRORAČUN ZA KOGENERACIJU, SA I BEZ IZGARANJA BIOMASE	84
8 EKONOMSKA ANALIZA	90
8.1 TROŠKOVI INVESTICIJE ENERGANIJE I KOGENERACIJSKOG POSTROJENJA.....	93
8.2 TROŠKOVI INVESTICIJE U ODVOJENOJ PROIZVODNJI ENERGIJE.....	95
8.3 RAZLIKA U INVESTICIJSKIM TROŠKOVIMA ZBOG PRIMJENE KOGENERACIJE	96
8.4 TROŠKOVI ZBOG POVEĆANJA POTROŠNJE GORIVA	97
8.5 UŠTEDE ZBOG VLASTITE PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE	99
8.6 ANALIZA ISPLATIVOSTI ULAGANJA U MIKROKOGENERACIJSKO POSTROJENJE	102
9 ZAKLJUČAK	106
10 LITERATURA.....	108

POPIS SLIKA

Slika 1. Obnovljivi izvori energije u EU

Slika 2. Učinkovitost kogeneracije u odnosu na konvencionalne elektrane

Slika 3. Ukupna godišnja ozračenost Hrvatske [7]

Slika 4. Efikasnost ravnih kolektora

Slika 5. Funkcionalna zagrijavanja vode sunčevom energijom [7]

Slika 6. Krivulja trajanja protoka [11]

Slika 7. Krivulja trajanja protoka za siječanj u razdoblju od 10 godina [10]

Slika 8. Veličina izgradnje [11]

Slika 9. Shematski prikaz vjetroturbine

Slika 10. Brzina zraka prije i nakon VA

Slika 11. Dijagram C_p o omjeru dolazne i odlazne brzine

Slika 12. Utjecaj razvoja lokacije na brzinu vjetra

Slika 13. Kruženje ugljika kod korištenja biomase

Slika 14. Potencijal bioenergije u Hrvatskoj po regijama

Slika 15. Temperature u Zemlji

Slika 16. Shema geotermalnog postrojenja

Slika 17. Temperaturni gradijent

Slika 18. Primjer temperaturnog gradijenta u području geotermalnog izvora

Slika 19. Shema postrojenja na morske valove

Slika 20. Shema kogeneracijskog postrojenja

Slika 21. Shema postupka za stjecanje statusa povlaštenog proizvođača

Slika 22. Shematski prikaz postupka za dobivanje prethodnog energetskeg odobrenja

Slika 23. Shematski prikaz za izdavanje energetskeg odobrenja

Slika 24. Shematski prikaz dobivanja prethodnog energetskeg odobrenja za zatečene projekte

Slika 25. Shematski prikaz podnošenja zahtjeva za energetske odobrenje za izgrađena postrojenja

Slika 26. Shematski prikaz postupka od prethodnog odobrenja do HROTE

Slika 27. Funkcionalna shema postrojenja

Slika 28. Shema priključenja kogeneratora na niskonaponsku mrežu

Slika 29. Mikrokogeneracija sa Stirling motorom

Slika 30. Raspodjela investicijskih troškova za pojedine dijelove kogeneracijskog postrojenja [20]

POPIS TABLICA

Tablica 1. Mjesečne prosječne dnevne ozračenosti na horizontalnu plohu

Tablica 2. Gorive vrijednosti krute biomase u ovisnosti o sadržaju vlage i pepela u MJ/kg

Tablica 3. Prosječna ogrjevna vrijednost tekućih i plinovitih goriva u MJ/m³ odnosno MJ/l

Tablica 4. Kriterij za određivanje veličine potrebnog prostora ispitivanja za vjetroelektrane

Tablica 5. Godišnji iznosi električne energije

Tablica 6. Tipične tehnološke karakteristike za manje kogeneracijske tehnologije [25]

Tablica 7. Cijena električne energije za poduzetništvo (bez PDV-a)

Tablica 8. Troškovi kotlovnice 135 kW [20]

Tablica 9. Izračun troškova zbog povećane potrošnje goriva

Tablica 10. Troškovi električne energije u slučaju da se sva kupuje (klasični kotao)

Tablica 11. Ušteda zbog korištenja kogeneracije na prirodni plin

Tablica 12. Uštede zbog korištenja kogeneracije na prirodni plin i 10% biomase

Tablica 13. Uštede zbog korištenja energane na biomasu

POPIS OZNAKA

Oznaka	Mjerna jedinica	Fizikalna veličina
A_H	km^2	Površina Hrvatske
A_k	m^2	Površina kolektora
A_z	m^2	Površina kroz koju struji zrak
C	kn	Visina tarifne stavke
C_{bio}	kn/kg	Cijena biomase/peleti
$C_{Gk,m}$	kn/kWh	Poticajna cijena za tekuću kalendarsku godinu
C_{Goie}	kn/kWh	Poticajna cijena za tekuću kalendarsku godinu
C_{Goie-1}	kn/kWh	Poticajna cijena za prethodnu kalendarsku godinu
C_p		Omjer snaga turbine i vjetra
C_{pl}	kn/m^3	Cijena prirodnog plina
$CPLIN_{2006}$	kn/kWh	Prodajna cijena prirodnog plina
$CPLIN_m$	kn/kWh	Prodajna cijena prirodnog plina
DBP	god	Diskontirano vrijeme povrata investicije
E	W	Potencijal energije vode
E_u	MWh	Električna energija proizvedena u kogeneraciji
E_u	MWh	Godišnja proizvedena električna energija u kogen. postrojenju
E_z	Ws	Energija koju sa Sunca primi Zemlja
F		Faktor prijenosa topline iz apsorbira na medij
$f_{Gk,m}$		Korekcijski faktor za godinu G_k i obračunsko razdoblje m
G	W/m^2	Globalno (ukupno) ozračenje
g	m/s^2	Ubrzanje sile teže
G_0	W/m^2	Snaga sunčeva zračenja na rubu atmosfere
G_k		Indeks godine, najmanja vrijednost 2007. godine
G_{oie}		Indeks godine, najmanja vrijednost 2008. godine.
H	m	Neto pad, koji uključuje gubitke
H_o	Wh/m^2	Ozračenost
H_b	MJ	Toplina proizvedena u kog. postrojenju izvan kogeneracije
H_d	MJ/m^3	Donja ogrjevna vrijednost prirodnog plina
H_g	MJ	Gubici topline zbog kogeneracije
H_k	MJ	Korisna toplina proizvedena u kogeneracijskom postrojenju
H_p	MJ	Povratna toplina je ukupna god. toplina povratnog kondenzata
H_u	MJ	Ukupna godišnja proizvedena toplina
i		Diskontna stopa
ICM_{Goie-1}		Godišnji indeks cijena na malo prema službenim podacima

IRR	%	Interna stopa povrata
k	W/m ² K	Koeficijent ukupnih toplinskih gubitaka
K		Indeks prozračnosti
n		Ekonomski vijek trajanja postrojenja
N		Odnos toplinske i električne snage
NP		Godišnji netto primitak (cash flow)
NPV	kn	Sadašnja vrijednost troškova investicije
P	kW	Snaga
P _e	kW	Električna nazivana snaga postrojenja
PPC ₂₀₀₆		Prosječna proizvodna cijena električne energije u 2006. godini
PPC _{Gk-1}		Prosječna proizvodna cijena elek. energije u prethodnoj godini
P _t	kW	Toplinska nazivana snaga postrojenja
Q	MJ	Godišnja potrošnja primarne energije
Q _{e,kup}	kWh	Kupljena električna energija iz mreže
Q _{e,poizv}	kWh	Električna energija koju postrojenje proizvede
Q _{e,pot}	kWh	Potrošnja električne energije objekta
Q _{e,prodano}	kWh	Prodana električna energija u mrežu
Q _f	MJ	Potrošnja primarne energije iz fosilnih goriva
Q _k	W	Korisna toplinska snaga
Q _{si}	m ³ /s	Srednji iskoristivi protok
Q _{sr}	m ³ /s	Srednji godišnji protok vodotoka
R _z	m	Polumjer zemlje
SPBP	god	Vrijeme povrata investicije
t	sati	Broj sati na dan koliko sunce sja
t	h/godišnje	Trajanje brzine vjetra
T _{gor,pl}	kn/god	Trošak goriva kogeneracijskog postrojenja na plin
T _{gor,bio}	kn/god	Trošak goriva kogeneracijskog postrojenja na biomasu
T _{gor,pl-bio}	kn/god	Trošak goriva kogeneracijskog postrojenja na plin i biomasu
T _{inv, kog}	kn	Trošak investicije za kogeneracijsko postrojenje
T _{investicije}	kn	Investicijski troškovi
UPE		Ušteda primarne energije
U _{uk,plin-bio}	kn	Prihod od uštede zbog korištenja kog. na plin i biomasu
U _{ukupno,bio}	kn	Prihod od uštede zbog korištenja bioenergane
U _{ukupno,plin}	kn	Prihod od uštede zbog korištenja kogeneracije
v	m/s	Srednja godišnja brzina vjetra
V _{Ag}	m ³	Količina vode koja proteče kroz praomatrani profil vodotoka
V _i	m ³	Iskoristivi volumen vode

η		Ukupna efikasnost
η_{kog}		Stupanj iskoristivosti kogeneracijskog postrojenja
ρ	kg/m ³	Gustoća fluida
ρ	kg/m ³	gustoća zraka
η_e		Prosječna god. učinkovitost proiz. el. en. kogen. postrojenja
η_t		Prosječna godd učinkovitost proiz. korisne toplinske energije
η_k		Ukupna godišnja energetska učinkovitost
η_u		Ukupna učinkovitost kogeneracijskog postrojenja
ϑ_u	K	Ulazna temperatura medija
ϑ_z	K	Vanjska temperatura zraka

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno na temelju znanja stečenih na Fakultetu strojarstva i brodogradnje i služeći se navedenom literaturom.

Zahvaljujem se mentorima prof. dr. sc. Željku Bogdanu i prof. dr. sc. Nevenu Duiću na pruženoj pomoći za vrijeme izrade ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem se gospodinu Igoru Raguzinu i doc. dr. sc. Željku Tomšiću koji su mi omogućili izradu diplomskog rada u Ministarstvu gospodarstva, rada i poduzetništva, te sudjelovanje pri izradi podzakonskih akata koji su vezani za Registar i status povlaštenosti.

Zahvaljujem se gospodinu Mladenu Globanu, kolegama Marku Lipoščaku i Goranu Krajačiću na savjetima i podacima koje su mi dali na uvid i korištenje.

Na kraju zahvalila bih se svojoj obitelji, suprugu Damiru, roditeljima, te sestrama Mariji i Ivanki, na pomoći i razumjevanju za sve vrijeme studiranja.

Kata Sušac

1 UVOD

Sigurnost opskrbe energijom je uz trgovinsku bilancu kao makroekonomski i jedan od najznačajnijih strateških problema svake zemlje. Sadašnjom energetsom strategijom predviđa se da će tijekom narednih desetljeća znatnije porasti ovisnost Hrvatske o uvozu energije od sadašnjeg 55 % do očekivanog uvoza u 2030. godini od preko 70 %. Takva energetska budućnost je vrlo nepovoljna i gospodarski i politički zbog sve veće ovisnosti o uvozu energije i energenata, što je posebno vidljivo u vremenu sve izraženijih klimatskih promjena. U srpnju 2005. godine cijena nafte je prešla granicu od 60 US\$ po barelu što je izazvalo veliku zabrinutost u svijetu. Iako je tržište nafte nepredvidljivo, analitičari predviđaju dalji porast cijena. Posljednjih nekoliko godina pojavilo se više utjecaja čije je kombiniranje dovelo do povećanog zanimanja za smanjenje emisije CO₂, programe energetske učinkovitosti ili racionalnog korištenja energije, zahtjevi za samoodrživosti nacionalnih energetske sustava. Utjecaj na okoliš jedan je od značajnih faktora u razmatranju priključenja novih proizvodnih objekata na mrežu. Uz zabrinutost o emisiji štetnih plinova iz elektrana na fosilna goriva, obnovljivi izvori dobivaju svoju priliku. Na temelju Kyoto Protokola mnoge zemlje trebaju smanjiti emisiju CO₂ kako bi se smanjio utjecaj na klimatske promjene. Stvaraju se programi za iskorištavanje obnovljivih izvora koji uključuju vjetroelektrane, male hidroelektrane fotonaponske izvore, zemni plin, energiju iz otpada, te iz biomase. Kogeneracijske sheme koriste toplinu termalnih proizvodnih objekata bilo za industrijske procese ili grijanje, te su vrlo dobar način povećanja ukupne energetske učinkovitosti [1]. Obnovljivi izvori imaju znatno manju energetske vrijednost u usporedbi s fosilnim gorivima, zbog čega su njihove elektrane manje veličine, te geografski široko raspodijeljene. Obnovljivi izvori povećavaju samoodrživost elektroenergetskog sektora u slučajevima eventualne energetske krize u proizvodnji električne energije koja je danas ovisna o isporuci ugljena, plina i nafte.

Hrvatska je prepoznala obnovljive izvore i kogeneraciju kao ključne faktore u postizanju smanjenja emisije stakleničnih plinova, zaštiti okoliša i energetske učinkovitosti te smanjenju ovisnosti o uvozu električne energije [2].

1.1 Obnovljivi izvori energije

Obnovljivim izvorima energije (OIE) smatraju se izvori energije koji su sačuvani u prirodi i koji se obnavljaju u cijelosti ili djelomično. To se posebno odnosi na energiju vodotoka, vjetra, neakumuliranu sunčevu energiju, biogoriva, biomasu, bioplina, geotermalnu energiju, energiju valova, energiju plime i oseke, energiju plina iz deponija ili postrojenja za preradu otpadnih voda.

Poticanje korištenja OIE je strateški cilj Europske unije (EU), jer je u skladu sa strategijom održivog razvoja i omogućava ostvarenje ciljeva Kyoto protokola u smislu smanjenja emisije stakleničkih plinova i zaštite okoliša. Dana 27. rujna 2001. godine donesen je dokument europskog energetskeg zakonodavstva - Direktiva 2001/77/EC Europskog parlamenta i Vijeća o promicanju uporabe električne energije iz obnovljivih izvora energije na unutarnjem tržištu električne energije [3].

Svrha ove Direktive je:

- smanjenje ovisnosti o uvoznim energentima i time povećanja sigurnosti opskrbe, zaštita okoliša,
- mogućnost ostvarenja regionalnog razvoja i time povećanja zaposlenosti otvaranjem novih radnih mjesta.

Direktivom se od zemalja članica traži prihvaćanje mjera i poticaja za ostvarivanje cilja da do 2010. godine električna energija dobivena iz OIE iznosi 22,1 % od ukupne potrošnje električne energije u EU. U skladu s tim, Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva donijelo uredbu o minimalnom udjelu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije čija se proizvodnja potiče,¹ te je odredilo postići da do 31. prosinca 2010. godine minimalni udio u ukupnoj potrošnji električne energije u Republici Hrvatskoj bude 5,8 % električne energije proizvedene iz OIE [4].

¹ Uredba stupa na snagu 1. srpnja 2007. godine, a objavit će se u »Narodnim novinama«. <http://www.nn.hr/clanci/sluzbeno/2007/1080.htm>

Ova uredba se ne primjenjuje na električnu energiju proizvedenu u hidroelektranama instalirane snage veće od 10 MW, te na električnu energiju proizvedenu u kogeneracijskim postrojenjima u kategoriji javnih toplana koja proizvode električnu energiju i toplinsku energiju radi opskrbe kupaca, a ne za vlastite potrebe. Proizvodnja električne energije iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije i kogeneracijskih postrojenja se potiče sve dok se tehnološkim razvojem opreme i razvojem tržišta električne energije ne stvore uvjeti za plasman i prodaju električne energije proizvedene iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije i kogeneracijskih postrojenja na otvorenom tržištu električne energije. Pravo na poticajnu cijenu za proizvodnju električne energije iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije i kogeneracijskih postrojenja primjenom tarifnog sustava za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije mogu ostvariti energetske subjekti koji su na temelju rješenja Agencije stekli status povlaštenog proizvođača električne energije. Minimalan udio električne energije određen ovom Uredbom predstavlja osnovu za određivanje dinamike ulaska u pogon povlaštenih proizvođača električne energije čija se proizvodnja potiče, te za sklapanje ugovora o otkupu električne energije s operatorom tržišta. Svu energiju koju proizvode povlašteni proizvođači električne energije iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije i kogeneracijskih postrojenja, a čija se proizvodnja potiče, otkupljuje operator tržišta, odnosno preuzima svaki pojedini opskrbljivač na način i pod uvjetima propisanim Uredbom. Budući da se pod „zelenom energijom“ smatra i električna energija dobivena iz hidroelektrana, u Hrvatskoj se trenutno približno 50 % ukupno proizvedene energije dobiva iz OIE.

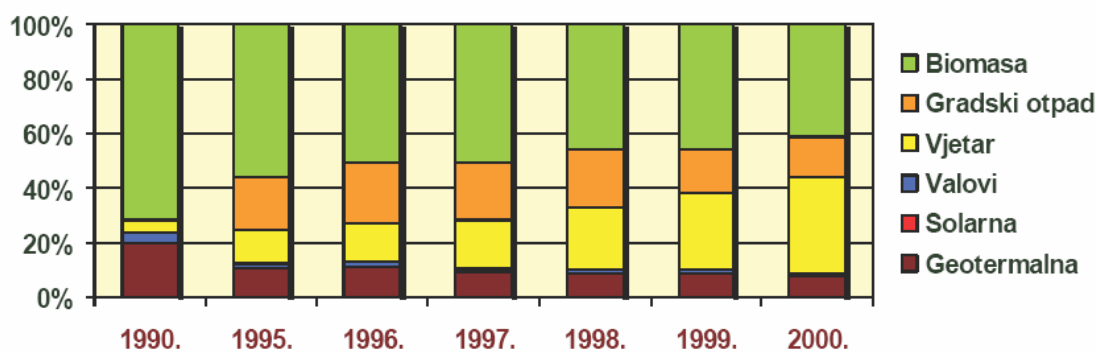
Obnovljivi izvori energije, ne uključujući hidroenergiju, daju manje od 1% ukupno potrebne energije. Taj udio u budućnosti treba znatno povećati jer neobnovljivih izvora energije ima sve manje, a i njihov štetni utjecaj sve je izraženiji u zadnjih nekoliko desetljeća. Sunce isporučuje Zemlji 15 tisuća puta više energije nego što čovječanstvo u sadašnjoj fazi uspijeva potrošiti. To je jedan od primjera iz kojeg se vidi da se obnovljivi izvori mogu i moraju početi bolje iskorištavati.

Razvoj obnovljivih izvora energije (osobito od vjetra, vode, sunca i biomase) važan je zbog nekoliko razloga:

- obnovljivi izvori energije imaju vrlo važnu ulogu u smanjenju emisije ugljičnog dioksida (CO₂) u atmosferu. Smanjenje emisije CO₂ u atmosferu je politika Europske unije, pa se može očekivati da će i Hrvatska morati prihvatiti tu politiku.
- povećanje udjela obnovljivih izvora energije povećava energetske održivosti sustava. Također pomaže u poboljšavanju sigurnosti dostave energije na način da smanjuje ovisnost o uvozu energetske sirovine i električne energije.
- očekuje se da će obnovljivi izvori energije postati ekonomski konkurentni konvencionalnim izvorima energije.

Nekoliko tehnologija, osobito energija vjetra, male hidroelektrane, energija iz biomase i sunčeva energija, su ekonomski konkurentne. Ostale tehnologije su ovisne o potražnji na tržištu da bi postale ekonomski isplative u odnosu na klasične izvore energije. Proces prihvaćanja novih tehnologija vrlo je spor i uvijek izgleda kao da nam izmiče za malo. Glavni problem za instalaciju novih postrojenja je početna cijena. To diže cijenu dobivene energije u prvih nekoliko godina na razinu potpune neisplativosti u odnosu na ostale komercijalno dostupne izvore energije. Velik udio u proizvodnji energije iz obnovljivih izvora rezultat je ekološke osviještenosti stanovništva, koje usprkos početnoj ekonomskoj neisplativosti instalira postrojenja za proizvodnju "čiste" energije. Europska unija ima strategiju udvostručavanja upotrebe obnovljivih izvora energije od 2003. do 2010. godine. To znači da bi se ukupni udio obnovljivih izvora energije povećao sa sadašnjih 6% na 12% 2010. godine. Taj plan sadrži niz mjera kojima bi se potaknule privatne investicije u objekte za pretvorbu obnovljivih izvora energije u iskoristivu energiju (najvećim dijelom u električnu energiju).

Kretanje udjela obnovljivih izvora u proizvodnji električne energije zemalja EU, bez hidroelektrana prikazan je na slici 1.

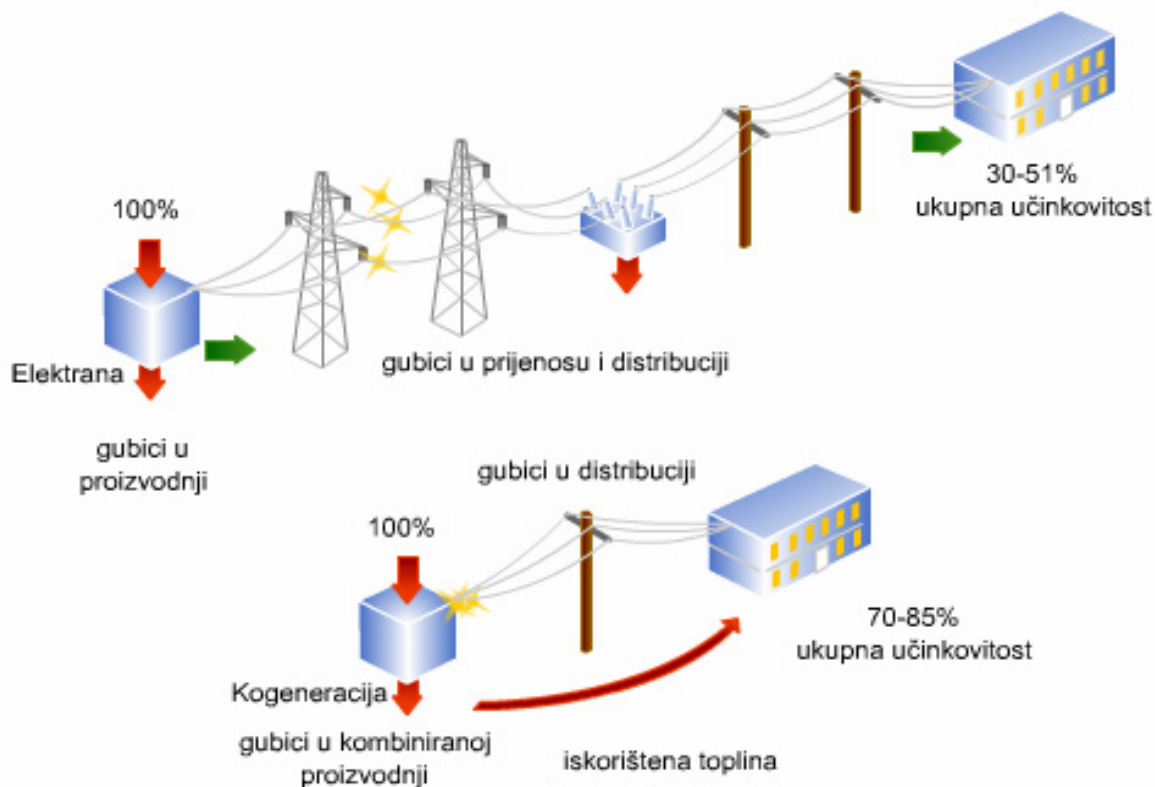


Slika 1. Obnovljivi izvori energije u EU

1.2 Kogeneracija

Kogeneracija (Combined Heat and Power ili CHP) je istodobna proizvodnja dva korisna oblika energije (električne i toplinske) u jedinstvenom procesu. Toplinska energija koja ostaje neiskorištena u konvencionalnoj elektrani (ili se ispušta u okoliš uz negativne učinke) koristi se za potrebe u raznim proizvodnim procesima ili, što je češći slučaj, za grijanje pojedinačnih građevina ili čak cijelih naselja. Toplinska energija može se koristiti za proizvodnju pare, zagrijavanje vode ili zraka. Jedan od načina korištenja kogeneracije je i trigeneracija², gdje se dio energije koristi i za hlađenje. Kao gorivo može se koristiti prirodni plin, biomasa, drvena građa ili vodik (u slučaju gorivih ćelija), a izbor tehnologije za kogeneraciju ovisi o raspoloživosti i cijeni goriva. Osnovna prednost kogeneracije je povećana učinkovitost energenta u odnosu na konvencionalne elektrane koje služe samo za proizvodnju električne energije, te industrijske sustave koji služe samo za proizvodnju pare ili vruće vode za tehničke procese.

² Trigeneracija - Elektrane koje proizvode električnu energiju, toplinsku energiju i hlade



Slika 2. Učinkovitost kogeneracije u odnosu na konvencionalne elektrane

Ukupna učinkovitost kogeneracije iznosi od 70 do 85 % (od 27 do 45 % električne energije i od 40 do 50 % toplinske energije), za razliku od konvencionalnih elektrana gdje je ukupna učinkovitost od 30 do 51 % (električne energije). Kogeneracije imaju značajnu ulogu kao distribuirani izvor energije zbog pozitivnih učinaka: manji gubici u mreži, smanjenje zagušenja u prijenosu, povećanje kvalitete napona i povećanje pouzdanosti opskrbe električnom energijom. Uz sve navedeno, smanjen je i štetan učinak na okoliš. Komercijalno dostupne kogeneracijske tehnologije su parne i plinske turbine, mikroturbine, motori s unutrašnjim izgaranjem, Stirlingov motor i gorive ćelije, u širokom rasponu snage od 1 kW za Stirlingov motor do 250 MW za plinske turbine.

Dana 11. veljače 2004. godine donesen je dokument europskog energetskeg zakonodavstva - Direktiva 2004/8/EC Europskog parlamenta i Vijeća o promicanju kogeneracije na temelju potrošnje korisne energije na unutarnjem tržištu energije [5].

Svrha ove Direktive je:

- promocija visokoučinkovite kogeneracije temeljene na učinkovitoj toplinskoj potrošnji (ušteda primarne energije najmanje 10 posto u odnosu na odvojenu proizvodnju toplinske i električne energije),
- smanjenje gubitaka u mreži,
- smanjenje emisije stakleničkih plinova.

1.3 Mehanizmi potpore za države članice EU

Cijena električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije znatno je veća od prosječne proizvodne cijene u klasičnim elektranama. Zato Direktiva 2001/77/EK Europskog parlamenta i Vijeća Europe o promicanju uporabe električne energije iz obnovljivih izvora energije na unutarnjem tržištu električne energije obvezuje svaku državu članicu EU da zakonom definiira neki od mehanizama potpore.

Dva najčešća mehanizma potpore koji se danas primjenjuju u Europi su sustav zajamčenih cijena i sustav obvezujućih kvota [6].

Sustav zajamčenih cijena (feed-in tariff system, pricing system) definiira sljedeće obveze:

- obvezu operatora prijenosnog sustava i operatora distribucijskog sustava da priključe povlaštenog proizvođača na elektroenergetsku mrežu,
- obvezu otkupa električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije,
- obvezu primjene tarifnog sustava za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije.

Ovaj sustav danas je najzastupljeniji u Europi, i to u državama koje imaju najviše instaliranih postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije (npr. Njemačka, Španjolska, Danska, Nizozemska, Francuska, Portugal).

Sustav obvezujućih kvota (system quota obligations) je zakonom definirana obveza energetske subjekata da proizvedu ili preuzmu određenu količinu električne energije podrijetlom iz obnovljivih izvora energije. Dostizanje obvezujuće kvote nadzire nadležno tijelo ovlašteno i registrirano od strane države. Dostizanje obvezujuće kvote obvezani subjekt može potvrditi sa zelenim certifikatima. Obvezujuće kvote su dostignute kada subjekt dokaže nadležnom tijelu da je kupio odgovarajući broj zelenih certifikata. Tržište zelenim certifikatima je paralelno tržištu električne energije. Proizvođač električne energije iz obnovljivih izvora energije prodaje proizvedenu energiju po tržišnoj cijeni, ali također prodaje i zelene certifikate dobivene za svaki MWh proizvedene električne energije iz obnovljivih izvora energije. Ovaj dodatni prihod od prodaje zelenih certifikata omogućava pokrivanje njegovih većih troškova proizvodnje koje ima u odnosu na ostale proizvođače.

Zelene certifikate izdaje tijelo nadležno za izdavanje certifikata, ovlašteno i registrirano od strane države. Budući da je zeleni certifikat elektronički zapis koji sadrži sve potrebne podatke, kao i „jamstvo podrijetla“, neophodno je uvesti jedinstveni registar u kojem se bilježe sva kretanja zelenih certifikata kako bi tržište bilo razvidno i nediskriminirajuće. Zeleni certifikati imaju određeni „životni ciklus“ koji podrazumijeva njihovo izdavanje od strane nadležnog tijela, trgovanje certifikatima budući da isti zeleni certifikat može promijeniti više vlasnika i konačno iskorištenje kada je količina energije za koju je izdan određeni zeleni certifikat prodana krajnjem kupcu. Ovakav sustav je tržišno orijentiran i primjenjuje ga samo šest država u Europi: Velika Britanija, Švedska, Belgija, Italija, Rumunjska i Poljska.

2 Obnovljivi izvori energije i kogeneracija

2.1 Energija sunca

Energiju koju sa Sunca primi Zemlja i Hrvatska u jednom danu (24 sata) računa se prema izrazu:

$$E_z = P_z \cdot t \quad [\text{Ws}] \quad (1)$$

$$P_z = K \cdot G_0 \cdot A \quad [\text{W}] \quad (2)$$

$$A = 2 \cdot R_z \cdot \pi \quad [\text{m}^2] \quad (3)$$

gdje je:

E_z - energija koju sa Sunca primi Zemlja,

$G_0 = 1370 \text{ W/m}^2$ - snaga sunčeva zračenja na rubu atmosfere,

$R_z = 6,378 \cdot 10^6 \text{ m}$ - polumjer zemlje,

$A_H = 56594 \text{ km}^2$ - površina Hrvatske,

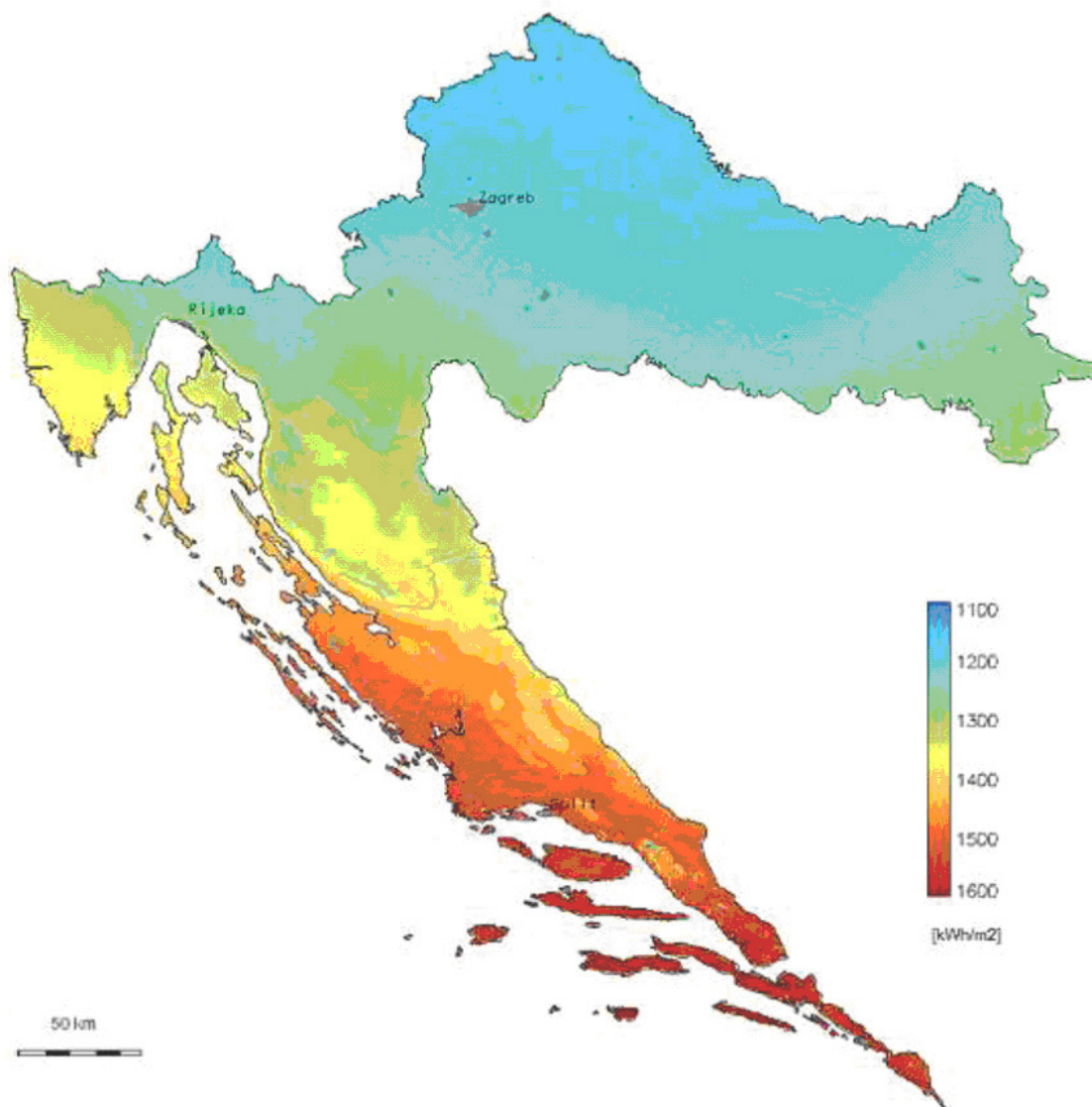
$K = 0,5$ - indeks prozračnosti,

$t = 12$ sati, Sunce sja 12 sati na dan.

Zračenje na ravnoj plohi može biti:

- globalno (ukupno),
- direktno i
- difuzno (raspršeno)

Važan je iznos i trajanje dnevne ozračenosti (insolacije). Najčešće se mjeri samo globalna (ukupna) ozračenost. Tada je potrebno izračunati udio direktne i difuzne komponente.



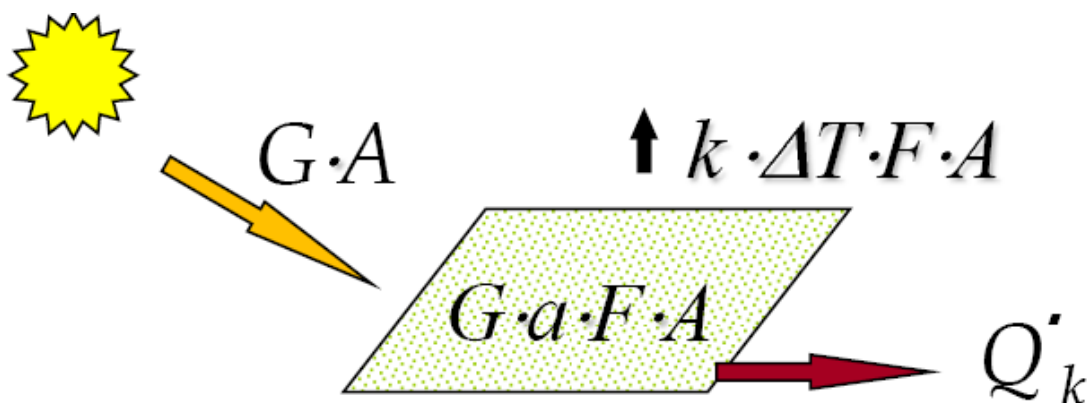
Slika 3. Ukupna godišnja ozračenost Hrvatske [7]

Rezultati mjerenja su dostupni kao ozračenost na ravnu plohu za prosječni dan u mjesecu. Ozračenost se označava s H , a izražava u $[Wh/m^2]$ ili $[J/m^2]$. Često su dostupne vrijednosti kao u tablici 1.

Tablica 1. Mjesečne prosječne dnevne ozračenosti na horizontalnu plohu

H [MJ/m ²]	sije.	velj.	ožu.	tra.	svib.	lip.	srp.	kol.	ruj.	lis.	stu.	pro.	GOD
Split	6,5	9,8	14,3	18,6	23,3	25,9	25,4	22,4	17,4	12,7	7,4	5,7	1600
Zagreb	3,7	6,5	9,7	14,8	19,3	20,6	21,3	18,7	14,0	8,3	3,6	2,7	1200

Sunčeva energija se može koristiti za grijanje (pasivno i aktivno) i za proizvodnju električne energije direktno u elektranama. Kod aktivnog solarnog grijanja solarni toplinski kolektori preuzimaju energiju svjetlosnog zračenja i griju vodu. Solarni toplinski kolektori se mogu kategorizirati prema temperaturi na kojoj griju vodu: niskotemperaturni kolektori, srednje temperaturni kolektori i visokotemperaturni kolektori. Efikasnost ravnih kolektora prikazana na slici 4. jednaka je korisnoj toplini u odnosu na solarno zračenje.



Slika 4. Efikasnost ravnih kolektora

Efikasnost je korisna toplina kroz sunčevo zračenje.

$$\eta = \frac{\dot{Q}_k}{G \cdot A} = \frac{Q_k}{H \cdot A} \quad (4)$$

Korisna toplina je primljeno minus gubici:

$$Q_k = F \cdot A \cdot [a \cdot G - k \cdot \Delta T] \cdot \Delta t \quad (5)$$

$$Q_k = F \cdot A \cdot [a \cdot H - k \cdot \Delta T \cdot \Delta t] \quad (6)$$

Pa se efikasnost može izraziti kao:

$$\eta = F \cdot \left[a - \frac{k \cdot \Delta T}{G} \right] \quad (7)$$

gdje je:

A [m²] - površina kolektora,

G [W/m²] - globalno (ukupno) ozračenje,

F - faktor prijenosa topline iz apsorbera na medij (vodu),

\dot{Q}_k [W] - korisna toplinska snaga,

k [W/m²K] – koeficijent ukupnih toplinskih gubitaka,

\mathcal{G}_u - ulazna temperatura medija,

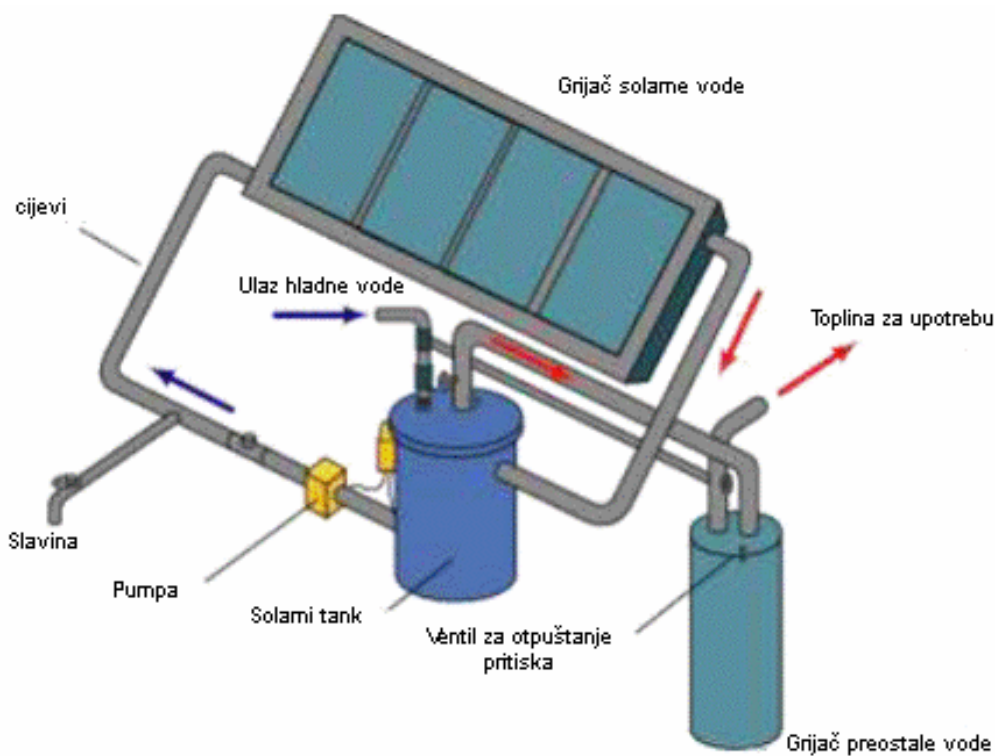
\mathcal{G}_z - vanjska temperatura zraka,

τ – transmitivnost pokrova

α – apsorptivnost apsorbera

$$\Delta T = \mathcal{G}_u - \mathcal{G}_z \quad (8)$$

$$a = \tau \cdot \alpha \quad (9)$$



Slika 5. Funkcionalna zagrijavanja vode sunčevom energijom [7]

Mogućnost kolektora da tijekom dana mijenja svoj položaj znatno utječe na njegovu efikasnost. Promjena položaja kolektora: u jednoj osi tijekom dana daje 25% do 30% više energije a u dvije osi tijekom dana daje 30% do 40% više energije. Kolektori koji mogu mijenjati položaj imaju više koristi na sunčanijim lokacijama. Kolektor koji može mijenjati položaj tijekom dana poskupljuje instalaciju duplo, otežava održavanje i veća je masa instalacije.

2.2 Energija vodenih snaga

Hidroelektrane su postrojenja u kojim se energija položaja pretvara u električnu energiju. Električna energija u hidroelektranama dobiva se pretvorbom potencijalne energije vode u mehaničku energiju okretanja turbine, koja potom pokreće električni generator. Procjena vodnih potencijala raspoloživih za proizvodnju električne energije zahtjeva

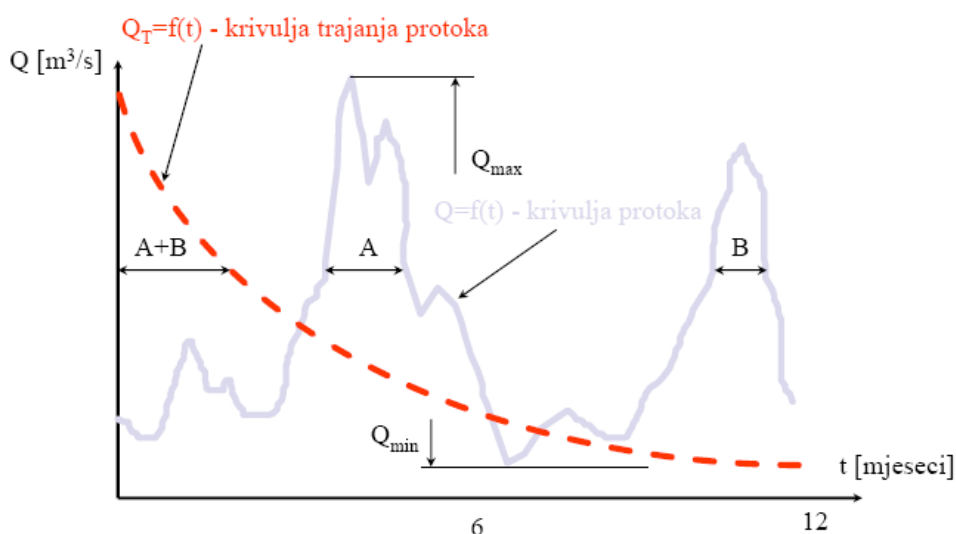
detaljne informacije o lokalnim, geografskim karakteristikama vodotoka kao što su neto pada, volumni protok u jedinici vremena itd.

Hidroelektrane sudjeluju u ukupnoj proizvodnji električne energije u Europi sa 17%. Taj postotak je primjerice u Norveškoj 99 %, dok je u Velikoj Britaniji i još nekim zemljama svega 3% pa čak i manje. Dok se na svjetskoj razini energija dobivena iz hidroelektrana kreće oko 20% u odnosu na ukupnu proizvodnju električne energije. U Hrvatskoj 50 % električne energije dobije se iz hidroelektrana [10].

Količina vode koja pritječe u vodotoke definira se faktorom otjecanja koji iznosi od zanemarivo do 0,95, a definira se prema izrazu:

faktor otjecanja = voda u promatranom vodotoku / oborinsko područje · količina padavina

Mogućnost pretvorbe energije položaja u električnu energiju ovisi o poznavanju količine vode u vodotoku po iznosu i vremenu ($H=f(Q)$ – konsumpciona krivulja). Količina vode u vodotocima ovisi o količini oborina, sastavu i topografiji tla i vremenskom rasporedu oborina. Osnovno mjerenje razine vode u vodotoku (vodostaj) vrši se pomoću vodokaza. Konsumpciona krivulja podrazumijeva istovremeno mjerenje protoka na određenom mjestu vodotoka, odnosno na određenom profilu. Krivulja je ovisna o obliku korita na mjestu vodokaza.



Slika 6. Krivulja trajanja protoka[11]

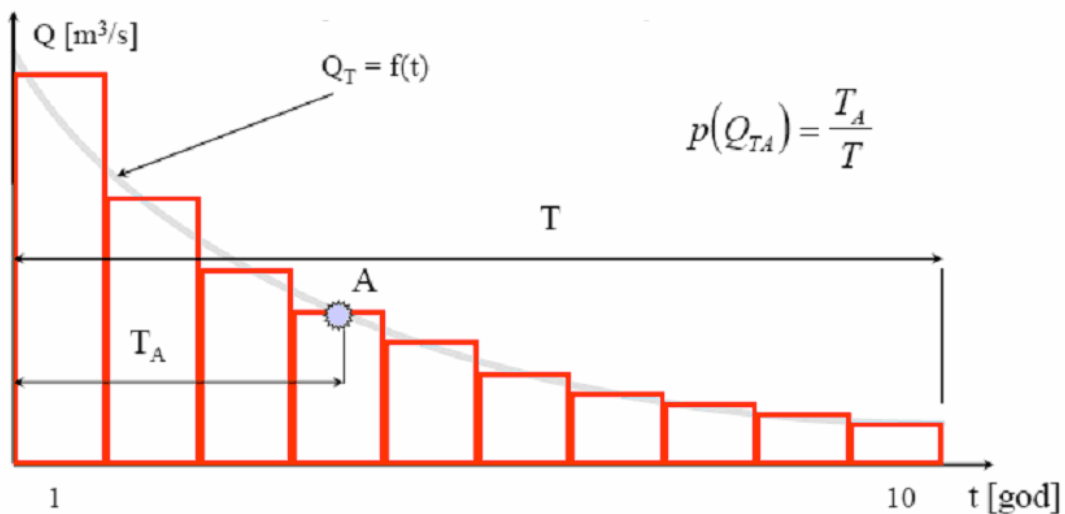
Ukupna količina vode koja proteče kroz promatrani profil vodotoka računa se prema izrazu:

$$V_{Ag} = \int_0^{12(365)} Q(t)dt = \int_0^{12(365)} Q_T(t)dt \quad [\text{m}^3] \quad (10)$$

Srednji godišnji protok vodotoka računa se prema izrazu:

$$Q_{sr} = \frac{V_{Ag}}{31,54 \cdot 10^6} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (11)$$

Krivulja trajanja protoka predstavlja krivulju vjerojatnosti koja kaže da je vjerojatnost pojave protoka Q_{TA} jednaka omjeru vremena T_A i ukupnog vremena promatranja.



Slika 7. Krivulja trajanja protoka za siječanj u razdoblju od 10 godina [10]

Maksimalni protok je protok koji HE može propustiti kroz pretvorbeni sistem. Iskoristivi volumen vode V_1 odgovara veličini izgradnje, a definira se:

$$V_i = \int_0^{Q_i} t \cdot dQ \quad (12)$$

Srednji iskoristivi protok definira se prema izrazu:

$$Q_{si} = \frac{V_i}{t_0} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (13)$$

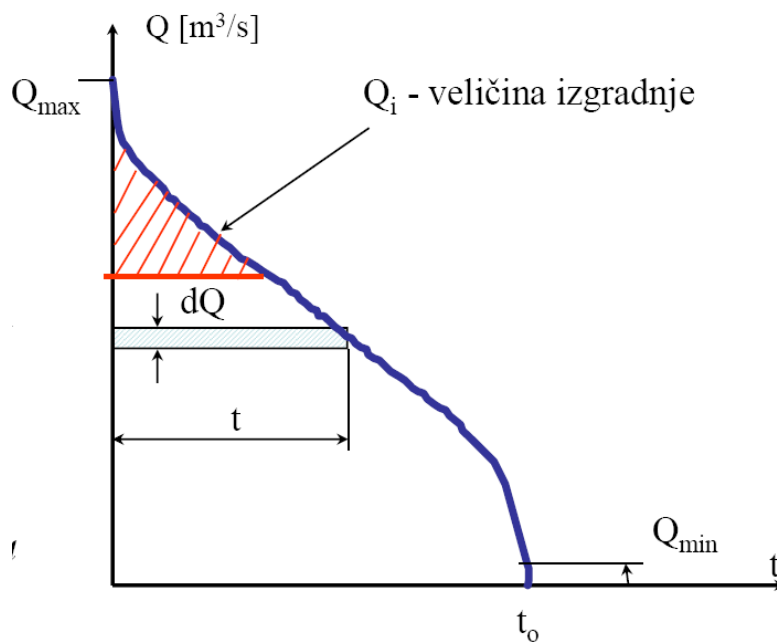
Potencijal energije vode definira se prema izrazu:

$$E = m \cdot g \cdot h \quad [\text{W}] \quad (14)$$

$$\frac{E}{t} = P = \frac{m}{t} \cdot g \cdot h \quad [\text{W}] \quad (15)$$

gdje je :

m - maseni protok



Slika 8. Veličina izgradnje [11]

$$P = \frac{V}{t} \cdot \rho \cdot g \cdot h = Q \cdot \rho \cdot g \cdot h \quad (16)$$

$$\dot{V} = \frac{V}{t} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad - \text{volumni protok}$$

$$P = 9,80665 \cdot 10^3 \cdot Q \cdot h \quad [\text{W}] \quad (17)$$

Snaga hidroelektrane definiira se prema izrazu:

$$P = 9,80665 \cdot Q_{si} \cdot h \quad [\text{kW}] \quad (18)$$

ili

$$P = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \quad [\text{kW}] \quad (19)$$

gdje je:

η - ukupna efikasnost,

ρ [kg/m^3] - gustoća fluida, (za vodu $\rho = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$),

g [m/s^2]- ubrzanje sile teže ($9,81 \text{ m}/\text{s}^2$),

Q [m^3/s] - protok,

h [m] - neto pad, koji uključuje gubitke,

Moguća godišnja električna energija definiira se prema izrazu:

$$E = 8760 \cdot P \quad [\text{kWh}] \quad (20)$$

gdje je:

P [kW]- snaga hidroelektrane,

8760 - maksimalni broj radnih sati u godini.

S obzirom na neto pad, hidroelektrane dijele se na:

- visokotlačne (100 m i više),

- srednjetlačne (30 do 100 m),
- niskotlačne (2 do 30 m).

Prema načinu korištenja vode dijele se na:

- protočne,
- akumulacijske:
 - dnevna akumulacija (punjenje po noći, pražnjenje po danu),
 - sezonska akumulacija (punjenje u kišnom, pražnjenje u sušnom periodu).

Prosječna količina padalina razlikuje se od regije do regije. Količina padalina također se mijenja iz godine u godinu, što uzrokuje promjenjivu godišnju proizvodnju električne energije u hidroelektranama. Male hidroelektrane i male akumulacije, za razliku od srednjih i velikih, bolje se uklapaju u okoliš i izazivaju manje po okoliš štetnih posljedica [9]. Korištenje hidroenergetskog potencijala za dobivanje električne energije danas je u širokoj uporabi svugdje u svijetu. Kao primjer mogu se navesti Norveška i Paragvaj, koje skoro cijelu proizvodnju električne energije temelje na hidroenergiji. Premda hidroelektrane imaju brojne prednosti kao i ostali obnovljivi izvori energije, moguć je njihov negativan utjecaj na okoliš - primjerice, poremećaj tokova podzemnih voda, te utjecaj na život flore i faune.

2.3 Energija vjetra

Energija vjetra za proizvodnju električne energije najisplativija je u izoliranim područjima, udaljenim od elektroenergetske mreže, čije su energetske potrebe relativno male, uobičajeno manje od 10 kW. Do kraja 2002. godine, ukupno instalirani kapaciteti u vjetroelektranama u svijetu iznosili su oko 30.000 MW, od čega oko 22.000 MW u Europi, većinom u Njemačkoj, Španjolskoj i Danskoj. Štoviše, proizvodnja električne energije iz vjetroelektrana priključenih na elektroenergetsku mrežu bilježi impresivan godišnji porast od oko 30% [9].

Najznačajnije tehničke karakteristike vjetroturbina su orijentacija osi turbine, broj lopatica te načini regulacije izlazne snage rotora. Vjetroturbine mogu imati vertikalne ili horizontalne osi. No, sve suvremene turbine imaju horizontalne osi. Većina današnjih turbina izvedena je s tri lopatice, iako ih ima i s dvije pa i s jednom lopaticom. Dva su osnovna načina upravljanja snagom turbine: aktivno (zakretanjem lopatica) i pasivno (pomoću turbulentnog strujanja vjetra uz lopatice pri višim brzinama), a sve veći broj turbina danas se izrađuje s kombinacijom ove dvije metode upravljanja. Shematski prikaz vjetroturbine dat je na slici 9.

Energija mase zraka je kinetička energija, definira se prema izrazu:

$$E_k = \frac{m \cdot v^3}{2} \quad (21)$$

Masu zraka određuje gustoća, površina kroz koju struji brzina i vrijeme:

$$m = \rho \cdot A \cdot v \cdot t \quad (22)$$

$$E_k = \frac{\rho \cdot A \cdot v^3}{2} \cdot t \quad (23)$$

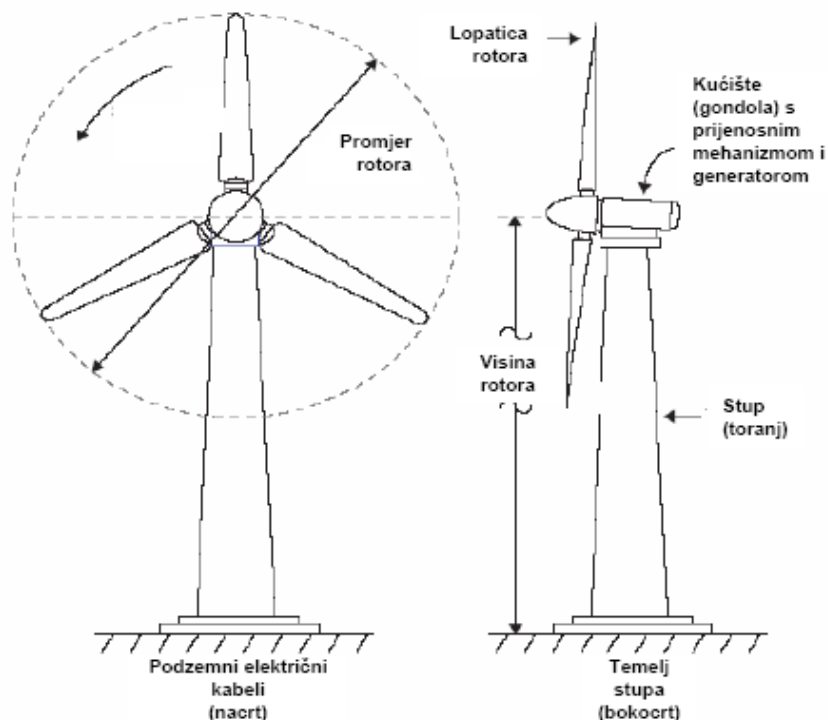
gdje je:

ρ [kg/m³] - gustoća zraka (npr. kod 15°C, $\rho=1,225$ kg/m³),

A [m²] - površina kroz koju struji zrak,

v [m/s] - srednja godišnja brzina vjetra,

t [h/godišnje] - trajanje brzine vjetra.



Slika 9. Shematski prikaz vjetroturbine

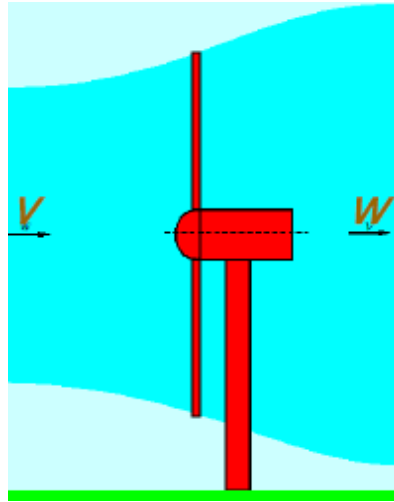
Snaga vjetra (energija/m²) je proporcionalna gustoći zraka i trećoj potenciji brzine vjetra, odnosno snaga vjetra je derivacija energije po vremenu:

$$P = \frac{\rho \cdot A \cdot v^3}{2} \quad (24)$$

Gustoća zraka:

- ovisi o temperaturi, tlaku i vlažnosti,
- za standardne uvjete na moru $\rho=1,225 \text{ kg/m}^3$ (101325 Pa i 15 °C),
- unutar uobičajenih promjena temperature i tlaka gustoća varira do 10 %.

Brzina zraka je promjenjiva sa visinom i vremenom. Iskorištena energija ovisi o brzini kojom vjetar dolazi (v) i brzini kojom odlazi (w).



Slika 10. Brzina zraka prije i nakon VA

Omjer brzina w/v označavamo sa λ . Pa je maksimalno iskorištena snaga vjetra definirana prema izrazu:

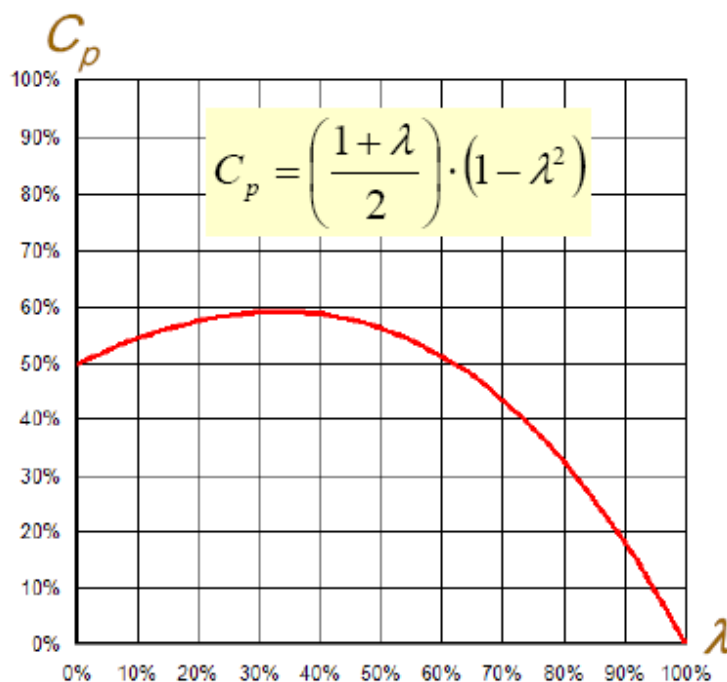
$$P = \frac{\rho \cdot A}{2} \cdot \left(\frac{v+w}{2} \right) \cdot (v^2 - w^2) \quad (25)$$

$$P = \frac{\rho \cdot A}{2} \cdot v^3 \cdot \left(\frac{1+\lambda}{2} \right) \cdot (1-\lambda^2) \quad (26)$$

$$P = \frac{\rho \cdot A}{2} \cdot v^3 \cdot C_p \quad (27)$$

Dobivena snaga iz vjetra se razlikuje od ukupne energije vjetra. C_p je omjer snaga turbine i vjetra. Za $\lambda = w/v = 1/3 \cdot C_p$ maksimalnu vrijednost je:

$$C_{p,\max} = 16/27 = 59,3\% .$$



Slika 11. Dijagram C_p o omjeru dolazne i odlazne brzine

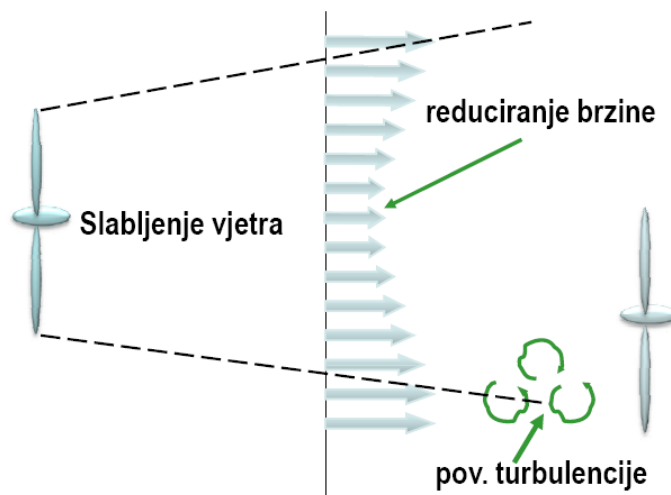
Danas se praktično pretvara do 40% energije vjetra u drugi oblik energije pa je i snaga vjetroturbine umanjena za koeficijent C_p koji je veći od koeficijenta koji daje najveću snagu, C_{pmax} .

Brzina vjetra pri kojoj su vjetroelektrane u pogonu u rasponu je od 3 do 25 m/s. Pri većim brzinama vjetra upravljački mehanizam zaustavlja rad postrojenja kako bi se zaštitilo od mogućeg oštećenja. Nedostatak korištenja ovih tehnologija je ovisnost o stohastičkoj naravi vjetra. Ukoliko imamo više vjetroagregata na istoj lokaciji brzina vjetra slabi.

Turbine postavljene niz vjetar:

- manje brzine: manje snage
- veće turbulencije: više opterećenja
- veći broj vjetroagregata u VE povećava gubitke

Kako bi se optimiziralo postrojenje vjetroelektrane za snagu i trošenje koriste se razni računalni programi za simulaciju i mjerenje.



Slika 12. Utjecaj razvoja lokacije na brzinu vjetra

Vjetroelektrana na okoliš utječe radom, izgledom i zvukom. Udaljenost stalnog čovjekovog prebivališta od vjetroelektrane treba biti veća od 300 m, tako da je razina zvuka prihvatljiva. Treba imati u vidu da se povećanjem brzine vjetra povećava i prirodni huk vjetra što relativno umanjuje šumove koji dopiru iz vjetroelektrane [10].

2.4 Energija iz biomase

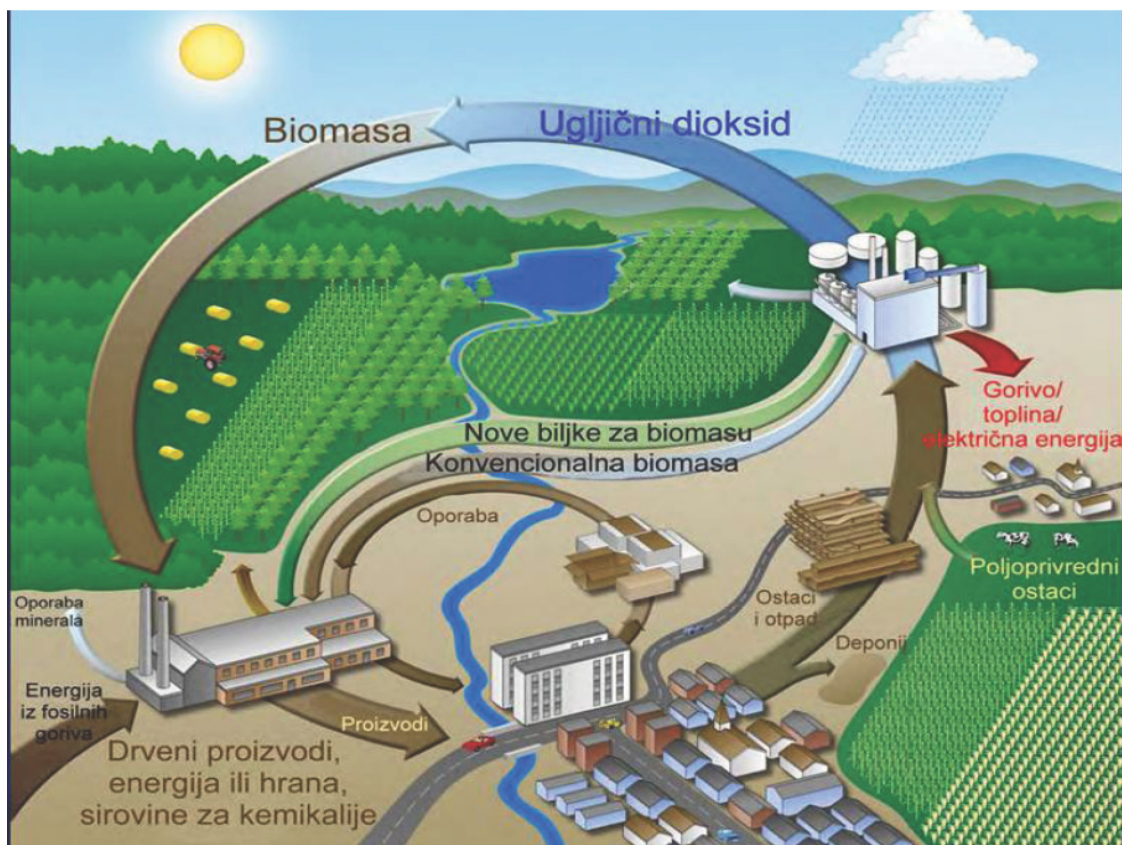
Biomasa je najstariji izvor energije koji je čovjek koristio i predstavlja skupni pojam za brojne, najrazličitije proizvode biljnog i životinjskog svijeta. Biomasa se može podijeliti na energetske biljke i ostatke ili otpad. Energetske biljke mogu biti brzorastuće drveće, višegodišnje trave ili alge, dok ostaci uključuju poljoprivredni, šumski i industrijski otpad koji se koristi za proizvodnju toplinske i električne energije te prerađuje u bioplinove i tekuća biogoriva. Biorazgrađiva frakcija komunalnog otpada, također se smatra biomasom. Biomasa je obnovljivi izvor energije koji uključuje ogrjevno drvo, grane i drveni otpad iz šumarstva, te piljevinu, koru i drveni ostatak iz drvne industrije kao i slamu, kukuruzovinu, stabljike suncokreta, ostatke pri rezidbi vinove loze i maslina, koštice

višanja i kore od jabuka iz poljoprivrede, životinjski izmet, i ostatke iz stočarstva, komunalni i industrijski otpad [13].

U drvno-prerađivačkoj industriji Hrvatske nastaju velike količine različitog drvnog ostatka. Taj se ostatak trenutačno najčešće koristi samo djelomično i to samo za podmirenje osnovnih toplinskih potreba pogona (grijanje i tehnološke potrebe). Dio drvnog ostatka koji se ne koristi na različite se načine uklanja iz pogona uz dodatni trošak i štetan utjecaj na okoliš. Najduže istraživani i najpoznatiji su energetske nasadi na kojima se uzgaja brzorastuće drveće kod kojeg trajanje ophodnje (vrijeme od osnivanja do sječe) iznosi od 3 do 12 godina. Na njima se mogu uzgajati razne vrste drveća, a u Hrvatskoj se najveći prinosi postižu s topolama i vrbama dobivenim različitim metodama oplemenjivanja. Prinos drvene mase na takvim plantažama kreće se od 8 do 25 tona suhe tvari po hektaru godišnje. Nasadima se pokušava smanjiti potrošnja fosilnih goriva, povećati raznolikost kultura na poljoprivrednim površinama, a služe i za uklanjanje štetnih tvari iz otpadnih voda odnosno, sprečavanje zagađenja (biofilteri). Ovakva istraživanja u Hrvatskoj provode Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Šumarski institut Jastrebarsko.

Glavna prednost biomase u odnosu na fosilna goriva je njena obnovljivost i potrajnost. Računa se da je opterećenje atmosfere s CO₂ pri korištenju biomase kao goriva zanemarivo, budući da je količina emitiranog CO₂ prilikom izgaranja jednaka količini apsorbiranog CO₂ tijekom rasta biljke. Od svih obnovljivih izvora energije, najveći se doprinos u bližoj budućnosti očekuje od biomase. Biomasa, kao i njezini produkti - tekuća biogoriva i bioplin, nije samo potencijalno obnovljiva, nego i dovoljno slična fosilnim gorivima da je moguća izravna zamjena. Republika Hrvatska postala je 1996. godine članica Okvirne konvencije o promjeni klime, odnosno Kyoto Protokola, iz čega proizlazi obveza smanjenja emisije stakleničkih plinova. Na prvi pogled se biomasa i fosilna goriva ne razlikuju, jer se spaljivanjem uvijek oslobađa CO₂. Međutim, ako se biomasa proizvodi održivo, rast šumske sastojine i druge biljne zajednice vezat će CO₂ iz atmosfere i pohranjivati ga u biljnu strukturu. Spaljivanjem biomase ugljik će se oslobađati u atmosferu da bi se opet asimilirao s novom generacijom biljaka. Tako

korištenje biomase umjesto fosilnih goriva, ugljik pohranjen u fosilnim gorivima, ostaje u tlu, a ne oslobađa se u atmosferu kao CO₂ pa je ukupna bilanca jednaka nuli, odnosno biomasa se može smatrati CO₂ neutralnim gorivom.



Slika 13. Kruženje ugljika kod korištenja biomase

Utjecaj na zapošljavanje te ostali socijalno-ekonomski aspekti predstavljaju najveću prednost korištenja biomase, kao i ostali obnovljivih izvora energije. Razvijene države Europske unije i svijeta svjesne su ovih pozitivnih aspekata i u znatnoj mjeri pomažu projekte korištenja energije biomase.

Tržište biomase u Hrvatskoj još je jako nerazvijeno. Na području Europske unije postoji već uspostavljeno tržište biomasom pa su i cijene transparentne i poznate. Tako se tijekom 2005. godine cijena iverja (drvene sječke) u Austriji ovisno o sadržaju vlage kretala između 14,8 i 18,3 €/m³, dok je cijena peleta iznosila oko 170 €/t [17].

Energetski sadržaj biomase, ali i drugih goriva može se prikazati njihovom gorivom vrijednošću. S obzirom na znatnu nehomogenost biomase, na gorivu vrijednost utječe nekoliko čimbenika. Osnovni pokazatelj raspoložive energije iz drvene biomase je udio vlage. Tako se u ovisnosti o udjelu vlage goriva vrijednost drva kreće od 8,2 do 18,7 MJ/kg. U tablici 2. dane su gorive vrijednosti raznih vrsta krute biomase u ovisnosti o sadržaju vlage i pepela, a u tablici 3. prosječne ogrjevne vrijednosti nekih tekućih i plinovitih biogoriva [14].

Tablica 2. Gorive vrijednosti krute biomase u ovisnosti o sadržaju vlage i pepela u MJ/kg

biomasa	Sadržaj pepela u postocima	Sadržaj vlage u postocima suhe tvari			
		80	40	15	0
drvo	1	9,4	12,6	16,0	18,7
biljni ostaci	5	8,3	11,2	14,2	16,7
	10	7,8	10,6	13,5	15,8
životinjski izmet	20	8,5	11,4	14,5	17,0
	25	7,9	10,6	13,6	16,0

Tablica 3. Prosječna ogrjevna vrijednost tekućih i plinovitih goriva u MJ/m³ odnosno MJ/l

biogoriva	goriva vrijednost
bioplin (60% metana)	22,0
metan	35,8
biodizel	37,2
metanol	19,9
etanol	26,8

Energija sadržana u biomasi nastaje fotosintezom, a posljedica je Sunčevog zračenja.

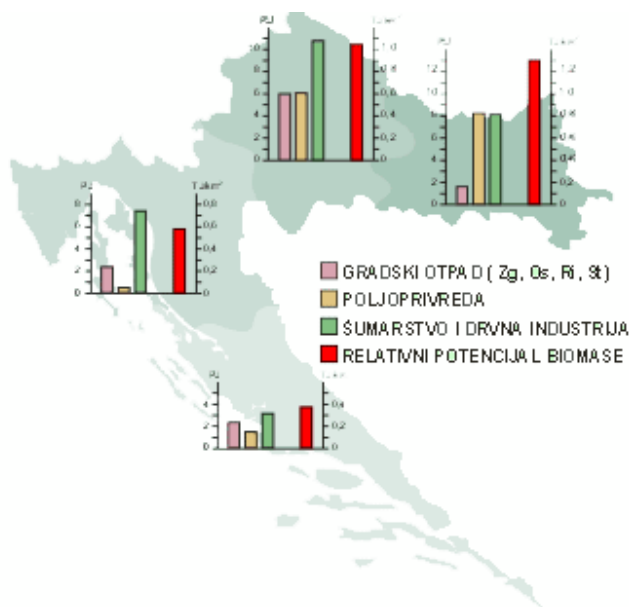
Energija iz biomase može se proizvoditi na mnogo načina. Osim izravne proizvodnje električne energije ili topline moguće je biomasu konvertirati u veći broj krutih, tekućih ili plinovitih goriva i produkata koja se mogu upotrijebiti za daljnju proizvodnju energije [15]. Izuzetno velika prednost biomase u odnosu na druge obnovljive izvore energije

(primjerice vjetar ili Sunce) jest činjenica da se ona može spremiti i koristiti kada je potrebno. Dakle, biomasa može osigurati konstantnu, nepromjenjivu opskrbu energijom.

Raspoložive tehnologije iskorištavanja biomase za proizvodnju toplinske i električne energije mogu se podijeliti na sljedeći način:

- Proces sa Stirling motorom,
- Inverzni plinsko-turbinski ciklus,
- Indirektni plinsko-turbinski ciklus,
- Parni proces,
- Organski Rankineov ciklus.

Na slici 14. prikazan je energetski potencijal bioenergije u Hrvatskoj. Vidljivo je da kontinentalni dio ima puno veći biopotencijal od primorskog, jer je veliki dio našeg primorja vrlo škrto kamenito tlo. Prema dokumentima EU predviđa se da će proizvodnja energije iz biomase u odnosu na ostale obnovljive izvore energije 2010. iznositi 73%.

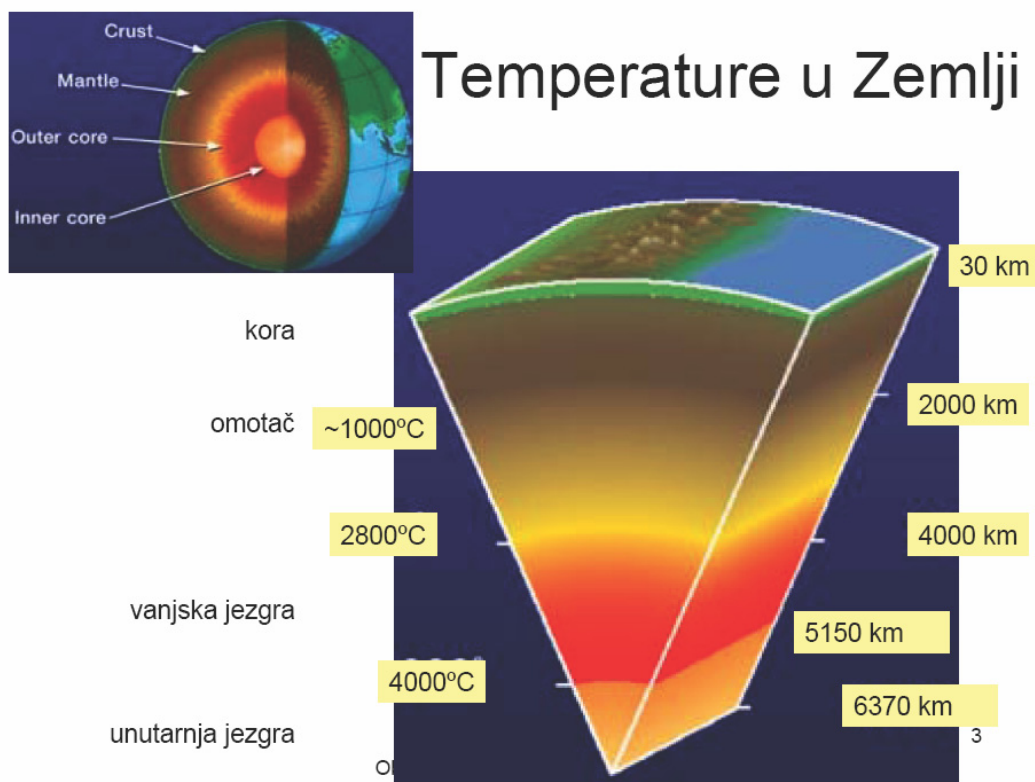


Slika 14. Potencijal bioenergije u Hrvatskoj po regijama

2.5 Geotermalna energija

Geotermalna energija definira se kao toplinska energija proizvedena u unutrašnjim slojevima Zemlje. Količine ove energije su ogromne, te su procijenjene na $4,87 \times 10^{25}$ GJ ($1,16 \times 10^{28}$ kWh). Geotermalna energija prenosi se različitim fluidima, a pretežito vodom, koja ili sama pronalazi put od unutrašnjosti Zemlje do njezine površine ili se prisilno, kroz bušotine i pomoću pumpi, vodi do površine.

Toplina iz Zemljine jezgre kontinuirano se prenosi prema njezinoj površini, te zagrijava okolni sloj stijena. Kada temperatura i tlak postanu dovoljno visoki, dio kamenog omotača se topi, pri čemu nastaje magma. Budući da je lakša (rjeđa) od okolnog stijena, magma se polagano diže prema Zemljinoj kori te prenosi toplinu iz unutrašnjosti prema površini. Ponekad vruća magma dospije do površine, a pojava je poznata kao lava. No, najčešće magma ostaje ispod Zemljine kore te zagrijava okolne stijene i vodu (kišnicu koja prodire u dubinu Zemlje) – ponekad čak na temperaturu od $300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dio ove vruće geotermalne vode putuje kroz rasjede i pukotine te dopijeva na površinu u obliku vrućih izvora ili gejzira. Ipak, većina te vode ostaje duboko ispod površine, zarobljena u pukotinama i poroznim stijenama. Ovakvi prirodni spremnici vruće vode nazivaju se geotermalnim rezervoarima.



Slika 15. Temperature u Zemlji

U geotermalnim elektranama, za pogon turbine koristi se izravno para ili vruća voda iz geotermalnih rezervoara, ili se posredno koristi toplina geotermalnog fluida za zagrijavanje drugog radnog fluida. Iskorištena geotermalna voda se potom vraća u rezervoar kroz utisnu bušotinu. Svrha vraćanja vode je njezino ponovno zagrijavanje, održavanje tlaka, te održavanje rezervoara [13].

Tri su tipa geotermalnih elektrana, a odabir ovisi o temperaturama i tlakovima u rezervoaru:

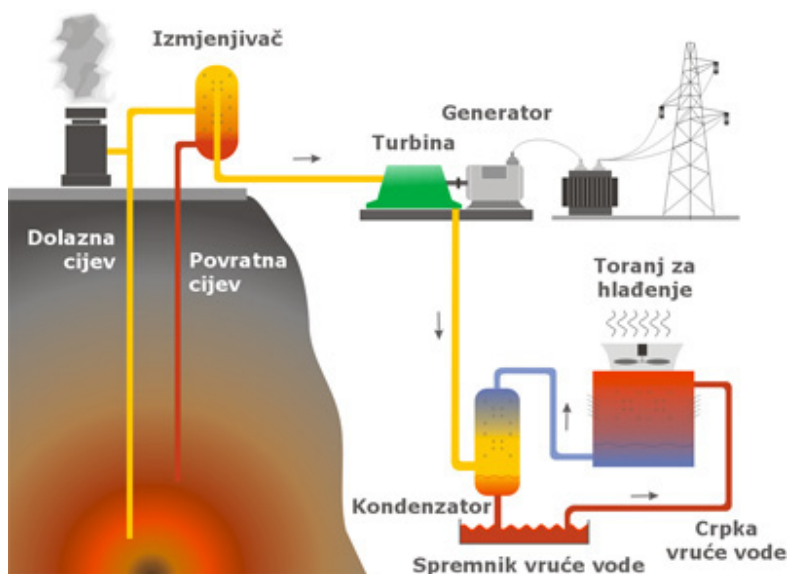
1. „Suhi“ rezervoari sadrže vodenu paru s vrlo malim sadržajem vode. Para se vodi direktno na lopatice parne turbine. Najveća geotermalna elektrana koja koristi suhu paru je elektrana Geysers, oko 145 km sjeverno od San Francisca. Proizvodnja električne energije u elektrani Geysers započela je 1960. godine. Ova je elektrana postala najuspješniji projekt obnovljivih izvora energije u povijesti.

2. Geotermalni rezervoari koji proizvode većinom vruću vodu koriste se za proizvodnju električne energije korištenjem tzv. „*flash*“ procesa. Voda temperature više od 150 °C vodi se do površine kroz proizvodnu bušotinu. Nakon što izađe iz rezervoara, voda ulazi u separator, u kojem vlada niži tlak nego u rezervoaru, što uzrokuje isparavanje vode. Para se potom koristi za pogon parne turbine.
3. Rezervoari s vrućom vodom temperature između 90 – 150 °C ne mogu proizvesti dovoljno pare u *flash* procesu, no ipak se mogu koristiti za proizvodnju električne energije u elektranama koje koriste „binarni“ proces. U binarnom procesu, geotermalna voda prolazi kroz izmjenjivač topline, gdje predaje toplinu sekundarnom fluidu, kao što je primjerice izopentan, koji ima nižu točku vrelišta od vode (lako hlapljivi fluid). Zagrijavanjem, sekundarni fluid isparava, a para se koristi za pokretanje turbine. Para se potom kondenzira. Ta ovaj se način radni fluid koristi u zatvorenom krugu, čime se izbjegavaju emisije u zrak.

Osim za proizvodnju električne energije, geotermalna energija može se koristiti izravno ili primjenom geotermalnih dizalica topline.

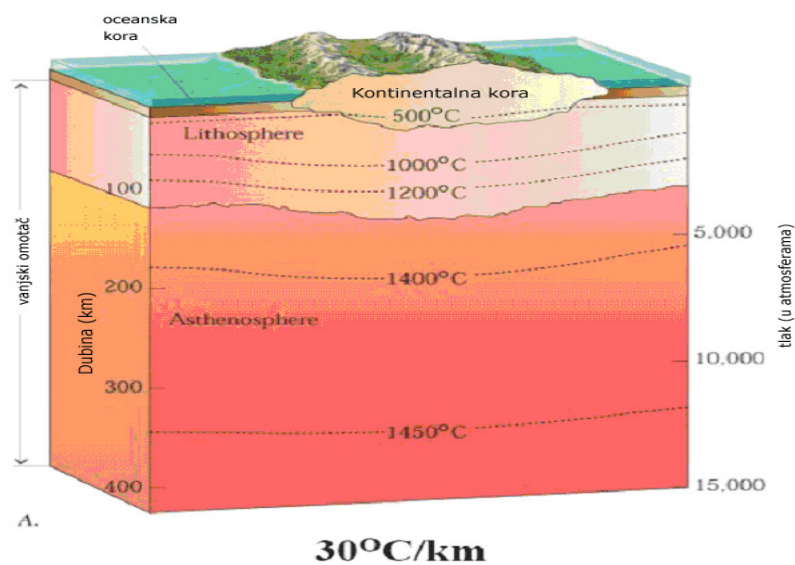
Izravno korištenje geotermalne energije omogućava dvije primjene:

- grijanje – Zemljina toplina (razlika između više temperature tla i niže temperature okolnog zraka) prenosi se kroz ukopane cijevi na cirkulirajući radni fluid, a potom na prostor kojeg treba grijati,
- hlađenje – tijekom toplih razdoblja, radni fluid na sebe preuzima toplinu iz prostora i na taj ga način hladi, a preuzetu toplinu predaje hladnijem tlu.

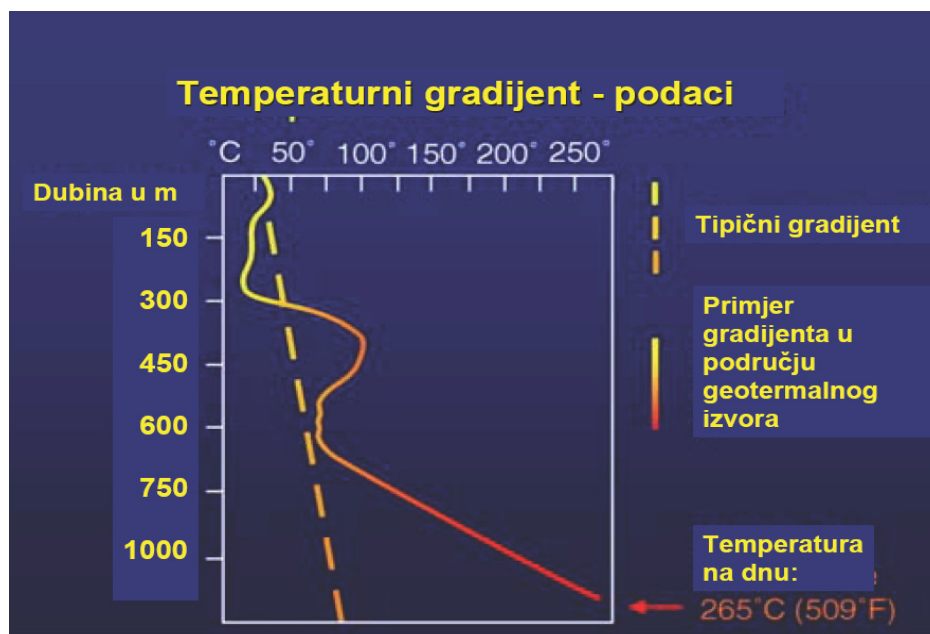


Slika 16. Shema geotermalnog postrojenja

Temperaturni gradijent, odnosno povećanje temperature po kilometru dubine, najveći je neposredno uz površinu, a s povećanjem udaljenosti od površine postaje sve manji.



Slika 17. Temperaturni gradijent

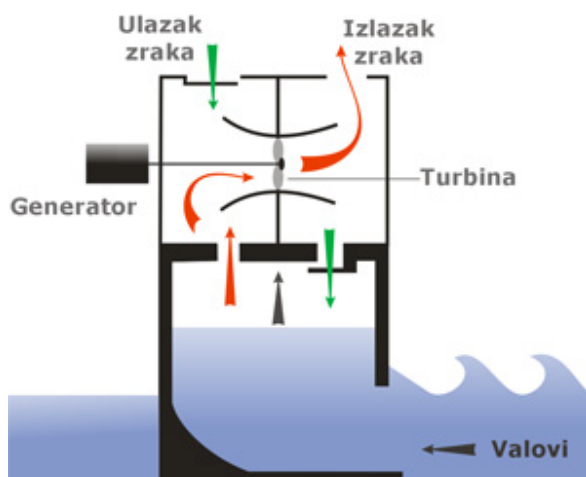


Slika 18. Primjer temperaturnog gradijenta u području geotermalnog izvora

Za praktično iskorištavanje geotermalne energije potrebno je iskoristiti prirodno strujanje vode ili stvoriti uvjete za takvo strujanje. Osnovno načelo je da se voda dovodi s površine Zemlje u dublje slojeve, u njima se ugrije preuzimajući toplinu nagomilanu u Zemljinoj unutrašnjosti i tako ugrijana ponovno pojavljuje na površini.

2.6 Energija morskih valova

Stalni oceanski vjetrovi stvaraju valovitost oceanske površine što pruža mogućnost iskorištavanja energije valova. Isplativost korištenja energije valova upitna je zbog više razloga. Uz obalu, gdje bi bilo jeftinije graditi postrojenja, energija valova je slabija, dok izvedba postrojenja na pučini poskupljuje njihovu izgradnju. Prisutan je i problem prijenosa električne energije i održavanja postrojenja.

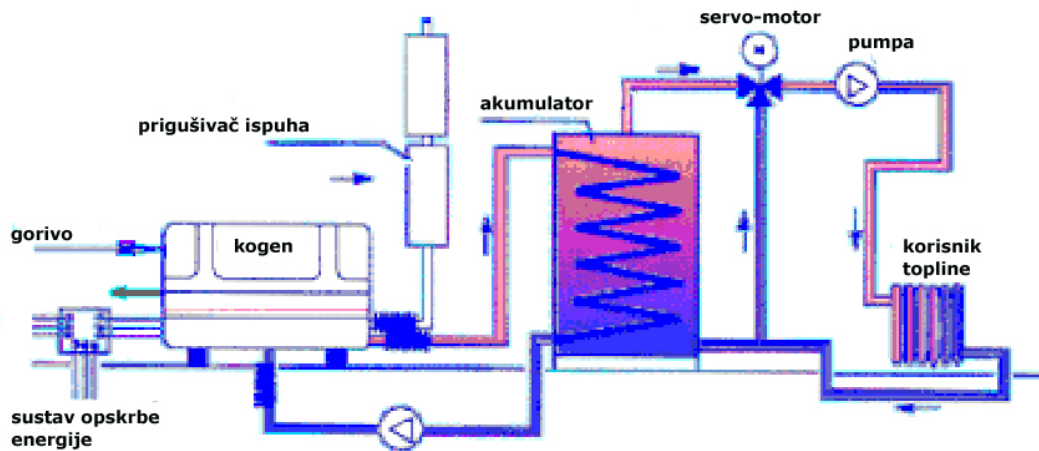


Slika 19. Shema postrojenja na morske valove

Tijekom sedamdesetih i osamdesetih godina prošlog stoljeća provedena su mnoga ispitivanja, koja su sponzorirale vlade i industrijske korporacije, a rezultati su skromni i svode se na prototipove ili demonstracijske uređaje. Ipak, prva elektrana pokretana energijom valova, nazvana Okeanós, gradi se u Portugalu, u blizini mjesta Póvoa de Varzim. U prvoj fazi, čija je izgradnja planirana u 2006. godini, elektranu će činiti 3 proizvodne jedinice ukupne instalirane snage 2,25 MW. U 2008. godini planirano je proširenje na 28 proizvodnih jedinica ukupne snage 24 MW [6]. Zanimljivo je da bi 10 % energije proizvedene u ovoj elektrani trebalo biti na raspolaganju mjesnim vlastima.

2.7 Energija iz kogeneracijskih postrojenja

Kogeneracija (Combined Heat and Power ili CHP) je sekvencijalno korištenje primarne energije goriva za proizvodnju dvaju korisnih energetske oblika: toplinske energije i mehaničkog rada slika 20.



Slika 20. Shema kogeneracijskog postrojenja

Ovako dobiveni mehanički rad se najčešće koristi za dobivanje električne energije, dok se toplinska energija može koristiti u raznim tehnološkim procesima, procesima grijanja te u procesima hlađenja. Kao gorivo može se koristiti prirodni plin, biomasa, drvena građa ili vodik (u slučaju gorivih ćelija), a izbor tehnologije za kogeneraciju ovisi o raspoloživosti i cijeni goriva. Učinkovitost kogeneracije iznosi od 70 do 85 % (od 27 do 45 % električne energije i od 40 do 50 % toplinske energije), za razliku od konvencionalnih elektrana gdje je ukupna učinkovitost od 30 do 51 % (električne energije). Prednosti kogeneracijskih sustava pred klasičnim sustavima s odvojenom opskrbom raznih oblika energije proizlaze prije svega iz visoke efikasnosti kogeneracijskih sustava. Pritom treba istaknuti da je ovakav stupanj iskoristivosti kogeneracijskog postrojenja svojstven režimu rada pri kojem se utroši sva toplinska energija proizvedena u sustavu [27].

Direktna posljedica visoke efikasnosti kogeneracijskih postrojenja niske su vrijednosti emisija CO₂ u atmosferu pri njihovom radu. Komercijalno dostupne CHP tehnologije su parne i plinske turbine, mikroturbine, motori s unutrašnjim izgaranjem, Stirlingov motor i gorive ćelije, u širokom rasponu snage od 1 kW za Stirlingov motor do 250 MW za plinske turbine. Konvencionalne elektrane emitiraju toplinu kao postprodukt pri generiranju električne energije u okoliš kroz tornjeve za hlađenje, kao ispušne plinove, ili nekim drugim sredstvima. CHP troši toplinsku energiju ili za industrijske potrebe ili za domaćinstva. Toplinska energija dobivena kogeneracijskom tehnikom također može biti

korištena i u apsorpcijskim hladnjacima za hlađenje. Elektrane koje proizvode struju, toplinu, hlade nazivaju se i trigeneracijama, ili općenito poligeneracijama. Kogeneracija je termodinamički najpovoljnija u iskorištavanju goriva. U odvojenoj proizvodnji električne energije toplina koja se javlja kao nusprodukt mora biti bačena kao toplinski otpad. Termoelektrane (uključujući i nuklearne) i općenito toplinski strojevi ne pretvaraju svu raspoloživu energiju u koristan oblik (II. glavni stavak). CHP hvata odbačenu toplinu i time omogućava veću iskoristivost od oko 70%. To znači da se manje goriva mora potrošiti za isti iznos korisne energije. CHP je efikasniji ako je mjesto potrošnje bliže mjestu proizvodnje, dok mu korisnost pada sa udaljenošću potrošača. Udaljenost znači da mu trebaju dobro izolirane cijevi, što je skupo, dok se struja može transportirati na daleko veću udaljenost za iste gubitke. Kogeneracijska postrojenja se mogu naći u područjima sa centralnim grijanjem ili u velikim gradovima, bolnicama, rafinerijama. CHP postrojenja mogu biti dizajnirana da rade s obzirom na potražnju za toplinskom energijom ili primarno kao elektrana čiji se toplinski otpad iskorištava. Tipične CHP elektrane su:

- Plinske turbine; CHP elektrane koriste otpadnu toplinu iz plinova turbine,
- CHP elektrane s kombiniranim ciklusom,
- Parne turbine CHP elektrane koriste otpadnu toplinsku energiju iz pare nakon što napusti turbinu,
- gorive ćelije s rastaljenim karboratima.

Manje kogeneracijske jedinice obično koriste Stirling-ov motor. Neke kogeneracijske elektrane koriste i biomasu za pogon. Također postoje i bojleri koji služe samo za grijanje tople vode za centralno grijanje.

Mikrokogeneracija je također naziv za distribuirani energijski izvor i red veličine je kućanstva ili male proizvodne jedinice. Umjesto da se sve gorivo potroši na grijanje, dio se koristi i za proizvodnju električne energije. Ta se električna energija može koristiti unutar domaćinstva (obrta), ili uz dopuštenje mreže prodavati je natrag u istu. Postojeće mikroCHP instalacije koriste četiri različite tehnologije: motore na unutrašnje izgaranje, Stirling-ove motore, kružne procese s vodenom parom i gorive ćelije.

3 STRUKTURIRANJE PODATAKA ZA STATUS PP

3.1 Povlašteni proizvođač

Povlašteni proizvođač je energetska subjekt koji u pojedinačnom proizvodnom objektu istodobno proizvodi električnu i toplinsku energiju, koristi otpad ili obnovljive izvore energije na gospodarski primjeren način koji je usklađen sa zaštitom okoliša [4].

HEP-Operator prijenosnog sustava i HEP-Operator distribucijskog sustava dužni su preuzeti ukupno proizvedenu električnu energiju od povlaštenog proizvođača, dok je svaki opskrbljivač dužan, prema propisanim uvjetima iz Uredbe o minimalnom udjelu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije čija se proizvodnja potiče [2] preuzeti minimalni udjel električne energije koju su proizveli povlašteni proizvođači s pravom na poticajnu cijenu.

Status povlaštenog proizvođača električne energije stječe se temeljem rješenja Hrvatske energetske regulatorne agencije, u skladu s uvjetima koje Pravilnikom o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije [7] propisuje ministar gospodarstva, rada i poduzetništva. Povlašteni proizvođač, osim hidroelektrana snage veće od 10 MW, može steći pravo na poticaj primjenom Tarifnog sustava za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije [30].

Hrvatski operator tržišta energije (HROTE):

- sklapa ugovore o otkupu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije s povlaštenim proizvođačima koji imaju pravo na poticajnu cijenu,
- sklapa ugovore sa svim opskrbljivačima radi provođenja uredbe o minimalnom udjelu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i

- kogeneracije koju su proizveli povlašteni proizvođači s pravom na poticajnu cijenu,
- prikuplja naknadu za poticanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije od opskrbljivača,
 - obračunava i raspodjeljuje poticajnu cijenu na povlaštene proizvođače temeljem sklopljenih ugovora.

3.2 Uvjeti za stjecanje statusa povlaštenog proizvođača

Nositelj projekta ili proizvođač može steći status povlaštenog proizvođača ako je priključen na elektroenergetsku prijenosnu ili distribucijsku mrežu, te ako uzimajući u obzir sva prirodna i prostorna ograničenja i uvjete te mjere zaštite prirode i okoliša, proizvodi električnu energiju u:

- postrojenjima koja koriste obnovljive izvore energije,
- malim i mikro-kogeneracijskim postrojenjima koja ostvaruju uštedu primarne energije ($UPE > 0$),
- kogeneracijskim postrojenjima koja ostvaruju uštedu primarne energije od najmanje 10% ($UPE \geq 0,10$) [4].

U slučaju da nositelj projekta ili proizvođač odvojeno ili u sklopu složenijih energetske objekata uz postrojenja propisana Pravilnikom o korištenju OIEK koristi i druga postrojenja, status povlaštenog proizvođača i prava koja iz njega proizlaze odnose se samo na proizvodnju električne energije u postrojenjima određenim Pravilnikom.

Svako postrojenje u kojem nositelj projekta ili proizvođač primjenjuje tehnološke procese iz Pravilnika o korištenju OIEK mora imati vlastito mjerno mjesto odvojeno od mjernih mjesta koja se odnose na proizvodnju električne energije primjenom drugih tehnoloških procesa.

Ovisno o vrsti tehnološkog procesa, na svakom mjernom mjestu mjeri se:

- ukupno proizvedena električna energija u postrojenju (E_u),
- ukupno proizvedena toplinska energija (H_u),
- toplina proizvedena izvan kogeneracije (H_b),
- povratna toplina (H_p),
- potrošnja primarne energije za pogon postrojenja (Q_f).

Za postojeća kogeneracijska postrojenja, ušteda primarne energije (UPE) se izračunava na temelju potrošnje goriva i proizvodnje korisne toplinske i električne energije izmjerenih tijekom jedne kalendarske godine pogona.

3.3 Stjecanje, produženje i gubitak statusa PP

Status povlaštenog proizvođača stječe se temeljem rješenja o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije koje donosi Hrvatska energetska regulatorna agencija. Nositelj projekta koji namjerava izgraditi postrojenje podnosi Agenciji³ zahtjev za izdavanje prethodnog rješenja o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača.

Energetski subjekt koji za proizvodnju električne energije namjerava izgraditi postrojenje iz grupe postrojenja prema Pravilniku⁴ i za isto ishoditi status povlaštenog proizvođača podnosi Agenciji zahtjev za donošenje prethodnog rješenja o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije.

Uz zahtjev za donošenjem prethodnog rješenja energetski subjekt mora priložiti:

- odobrenje Ministarstva⁵ za izgradnju novog postrojenja,

³ Hrvatska energetska regulatorna agencija, HERA

⁴ Pravilnik o korištenju OIEK

⁵ Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva

- građevinsku dozvolu, kada je propisana obveza ishodaenja građevinske dozvole,
- tehnički opis projektiranog postrojenja s opisom tehnološkog procesa i uvjetima korištenja postrojenja.

Prethodno rješenje je privremeno rješenje i donosi se na rok važenja od dvije godine. U roku od dvije godine od dana konačnosti prethodnog rješenja nositelj projekta dužan je izgraditi postrojenje za proizvodnju električne energije, te podnijeti zahtjev za izdavanje rješenja. Rok od dvije godine može se na zahtjev produžiti za još 12 mjeseci.

Ukoliko nositelj projekta danim u rokovima ne podnese zahtjev za izdavanje rješenja, niti zahtjev za produženje prethodnog rješenja, prethodno rješenje prestaje važiti istekom roka na koji je doneseno.

Nositelj projekta koji je izgradio postrojenje ili proizvođač, podnosi Agenciji⁶ zahtjev za izdavanje rješenja. Rješenje se donosi na rok važenja od 12 godina.

Zahtjevu za izdavanje rješenja podnositelj zahtjeva mora priložiti:

- dozvolu za obavljanje energetske djelatnosti proizvodnje električne energije, kada je propisana obveza ishodaenja,
- pravomoćnu uporabnu dozvolu, kada je propisana obveza ishodaenja uporabne dozvole,
- ugovor o korištenju mreže,
- elaborat o ugrađenim mjernim uređajima sa shemom mjernih mjesta i načinom provedbe mjerenja, te potvrdom o ispravnosti mjernih uređaja,
- mjesečne i godišnje planove proizvodnje električne energije, za prosječne meteorološke uvjete, očekivana mjesečna odstupanja proizvodnje električne energije;

⁶ Hrvatska energetska regulatorna agencija, HERA

- značajke proizvodnog procesa u kogeneracijskim postrojenjima s mjesečnim i godišnjim planovima proizvodnje električne energije i korisne toplinske energije i očekivanim mjesečnim odstupanjima proizvodnje.

Status povlaštenog proizvođača prestaje istekom roka važenja ili ukidanjem rješenja.

Agencija će ukinuti rješenje ako:

- je rješenje doneseno na temelju neistinitih podataka o nositelju projekta ili postrojenju,
- povlaštenu proizvođač kontinuirano ne održava tehničko-tehnološke značajke i/ili uvjete korištenja postrojenja za koje je ishodio status povlaštenog proizvođača
- povlaštenu proizvođač ne dostavlja Agenciji izvješća i drugu dokumentaciju propisanu Pravilnikom⁷,
- je prestala važiti dozvola za obavljanje energetske djelatnosti, kada je propisana obveza ishoda dozvole.

U slučaju ukidanja rješenja, zahtjev za ponovnim stjecanjem statusa povlaštenog proizvođača može se podnijeti najranije protekom godine dana od dana pravomoćnosti rješenja o ukidanju.

Fizička ili pravna osoba koja je već proizvođač stupanjem na snagu⁸ Pravilnika o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije ima pravo, radi stjecanja statusa povlaštenog proizvođača, Agenciji podnijeti zahtjev za izdavanje rješenja. Rješenje se donosi s rokom važenja od 12 godina umanjenim za onoliko godina koliko je postrojenje u kontinuiranom pogonu, a najmanje na razdoblje od pet godina.

⁷ Pravilnik o korištenju OIEK

⁸ Pravilnik o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije stupa na snagu 1. srpnja 2007. godine, a objavit će se u „Narodnim novinama“.

3.4 Dužnosti povlaštenog proizvođača

Povlašteni proizvođač dužan je Agenciji⁹ dostaviti izvješće o ostvarenju godišnjih planova proizvodnje električne energije za prethodnu godinu, i to pojedinačno za sva postrojenja odnosno tehnološke procese za koje je stekao status povlaštenog proizvođača. Izvješće sadrži podatke o ostvarenim mjesečnim proizvodnjama svih korisnih oblika energije, utrošku goriva te informacije o eventualnim problemima u radu s mrežom.

Povlašteni proizvođač dužan je svake godine, do 31. listopada, dostaviti operatoru tržišta mjesečne i godišnje planove proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije, za prosječne meteorološke uvjete, te očekivanja u mjesečnim odstupanjima proizvodnje električne energije temeljem mjerenja na osnovu kojih je utvrđen potencijal obnovljivog izvora energije, značajki proizvodnog procesa u kogeneracijskim postrojenjima i drugih relevantnih podataka. Povlašteni proizvođač dužan je detaljno obraditi moguća odstupanja proizvodnje i s proračunom vjerojatnosti ostvarenja pojedinih planova proizvodnje i to pojedinačno za sva postrojenja, odnosno tehnološke procese za koje je nositelj projekta stekao status povlaštenog proizvođača.

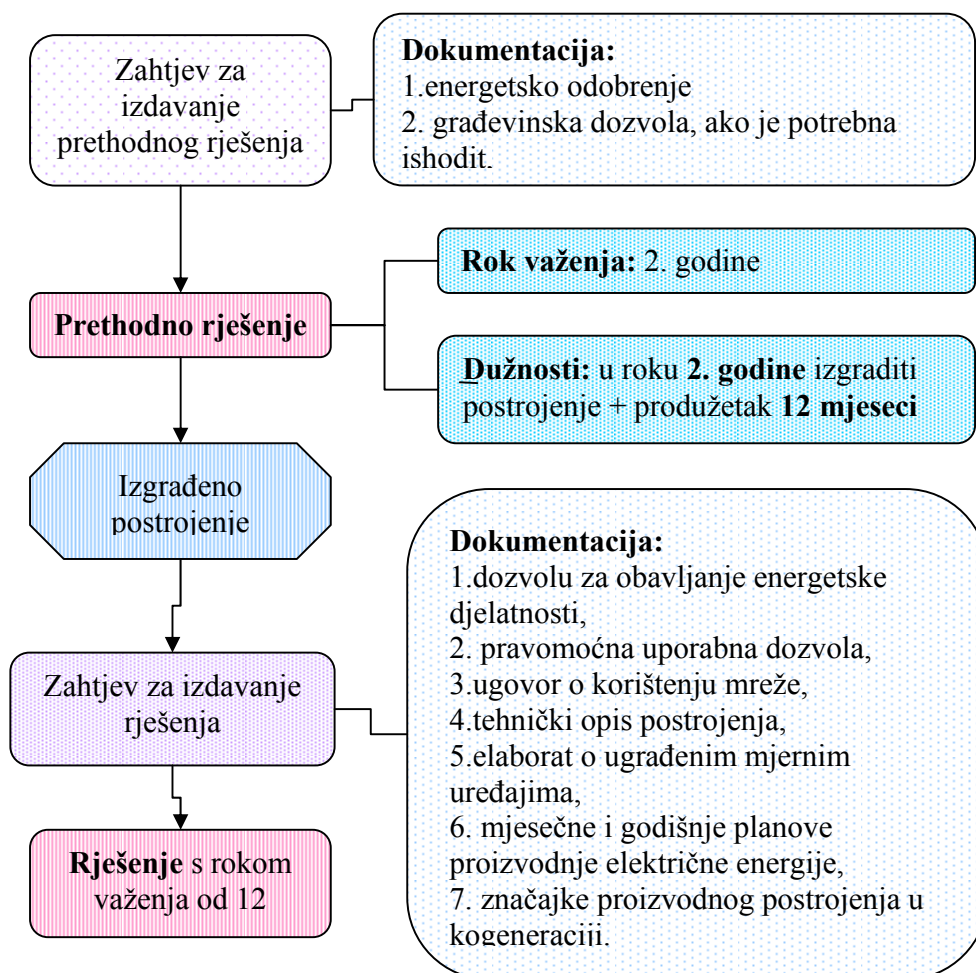
Povlašteni proizvođač dužan je u pisanom obliku obavijestiti Agenciju o svakoj planiranoj promjeni tehničko-tehnoloških značajki i/ili uvjeta korištenja postrojenja, promjeni sheme ili načina provedbe mjerenja, i to najkasnije 60 dana prije poduzimanja planiranog zahvata.

Povlašteni proizvođač mora kontinuirano održavati tehničko-tehnološke značajke i uvjete korištenja postrojenja za koje je ishodio status povlaštenog proizvođača.

Agencija nadzire ispunjavanje ovih uvjeta.

⁹ Hrvatska energetska regulatorna agencija, HERA

Nositelj projekta ili proizvođač koji je ishodio prethodno rješenje može s operatorom tržišta¹⁰ sklopiti ugovor o otkupu električne energije, sukladno tarifnom sustavu za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije.



Slika 21. Shema postupka za stjecanje statusa povlaštenog proizvođača

¹⁰ Ugovor o otkupu električne energije sklapa sa Hrvatskim operatorom tržišta (HROTE)

4 STRUKTURIRANJE REGISTRA

Pravilnik o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije [12] propisuje oblik, sadržaj i način vođenja Registra projekata i postrojenja za korištenje obnovljivih izvora energije i kogeneracije te povlaštenih proizvođača. Registar je jedinstvena evidencija o projektima obnovljivih izvora energije i kogeneracije, postrojenjima koja koriste obnovljive izvore energije, odnosno kogeneracijskim postrojenjima te povlaštenim proizvođačima na području Republike Hrvatske. Registar ustrojava i vodi Ministarstvo¹¹.

U Registru se evidentiraju podaci o nositelju projekta, projektu, povlaštenom proizvođaču električne energije i postrojenju, a uključuju sve podatke o lokaciji i tipu postrojenja, tehničko-tehnološkim značajkama i uvjetima korištenja ovisno o primijenjenoj tehnologiji, osnovne pogonske podatke (instalirana snaga postrojenja te planirana proizvodnja električne i toplinske energije) te druge podatke iz prethodnog energetskeg odobrenja i energetskeg odobrenja, prethodnog rješenja i rješenja o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača. Ministarstvo vodi Registar u elektronskom i pisanom obliku.

Registar se sastoji od registarskih uložaka te Zbirnog pregleda. Svaki subjekt upisa ima svoj registarski uložak u koji se upisuju propisani podaci. Svaki registarski uložak označava se posebnim brojem registarskog uložka. Registarski uložak sastoji se od omota registarskog uložka, preglednog lista, registarskog lista te odgovarajućih priloga i dokaza.

Registarski list sadrži sljedeće podatke:

- registarski broj iz Registra (u daljnjem tekstu: registarski broj),
- datum upisa u Registar,
- tvrtka, naziv ili ime, sjedište ili prebivalište, matični broj fizičke ili pravne osobe kojoj je izdano prethodno odobrenje ili odobrenje, prethodno rješenje ili rješenje,
- tvrtka, naziv ili ime, sjedište ili prebivalište, matični broj fizičke ili pravne osobe vlasnika postrojenja,

¹¹ Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva

- razdoblje za koje je izdano prethodno odobrenje ili odobrenje, prethodno rješenje ili rješenje,
- datum i broj izdavanja prethodnog odobrenja ili odobrenja, rješenja o upisu, prethodnog rješenja i rješenja,
- datum i broj rješenja o brisanju iz Registra,
- podatke o lokaciji postrojenja,
- podatke o tipu postrojenja ovisno o primijenjenoj tehnologiji,
- podatke o pogonskoj snazi postrojenja,
- druge podatke iz prethodnog odobrenja ili odobrenja, prethodnog rješenja ili rješenja.

Podaci koji se nalaze na registarskom listu unose se u Zbirni pregled Registra koji je dostupan putem Interneta.

Registarski broj je broj koji se dodjeljuje subjektu upisa za svaki projekt pri upisu u Registar. Registarskim brojem obilježava se svaki registarski uložak. Jednom dodijeljeni registarski broj neće se mijenjati niti će se nakon brisanja nositelja projekta dodjeljivati drugom subjektu upisa za odnosni projekt. Jednom subjektu upisa za pojedini projekt ne smije se dodijeliti više registarskih brojeva.

Radi upisa projekta u Registar, ispitivanja potencijala obnovljivih izvora energije, te uređenja imovinsko-pravnih odnosa na zemljištu u vlasništvu Republike Hrvatske, potrebno je od Ministarstva ishoditi prethodno energetska odobrenje za izgradnju postrojenja. Prethodno odobrenje izdaje se i za zatečene projekte.

4.1 Prethodno energetska odobrenje

Prethodnim odobrenjem stječu se, ovisno o vrsti i potrebama pojedinog postrojenja, sljedeća prava [12]:

- upis projekta u Registar OEIKPP čime se stječe status nositelja projekta,
- ispitivanje potencijala obnovljivih izvora energije unutar prostora ispitivanja,
- uređenje imovinsko-pravnih odnosa na zemljištu u vlasništvu Republike Hrvatske.

Na temelju prethodnog odobrenja, ovisno o vrsti i potrebama pojedinog postrojenja, nositelj projekta je dužan:

- u roku od 6 mjeseci od dana konačnosti prethodnog odobrenja započeti s ispitivanjem potencijala obnovljivih izvora energije i o tome Ministarstvu podnijeti odgovarajući dokaz,
- u roku od 36 mjeseci od dana konačnosti prethodnog odobrenja podnijeti zahtjev za izdavanje lokacijske dozvole i o tome Ministarstvu podnijeti odgovarajući dokaz.

Zahtjevu za izdavanje prethodnog odobrenja podnositelj zahtjeva mora priložiti:

1. izvadak iz katastarskog plana za katastarsku česticu na koju se postavlja ili gradi uređaj za ispitivanje potencijala obnovljivih izvora energije i/ili planira gradnja postrojenja,
2. izvadak iz sudskog registra, odnosno za fizičku osobu izvadak iz obrtnog registra u Republici Hrvatskoj ili potvrdu o prebivalištu u Republici Hrvatskoj,
3. potvrdu porezne uprave o plaćanju svih dospjelih poreznih obveza i obveza za mirovinsko i zdravstveno osiguranje i druga javna davanja,
4. ovjerovljenu izjavu o nekažnjavanju pravne osobe i fizičke osobe u svezi sa sudjelovanjem u kriminalnoj organizaciji, korupciji, prijeviri ili pranju novca, koju daje fizička osoba za sebe i/ili kao odgovorna osoba podnositelja zahtjeva,
5. preliminarnu analizu opravdanosti izgradnje postrojenja i priključka na elektroenergetsku mrežu s tehno-ekonomskim podacima i podacima prostornog uređenja.

Za hidroelektrane i geotermalne elektrane podnositelj zahtjeva treba dodatno priložiti grafički prilog koji sadrži skicu postavljanja ili gradnje uređaja na lokaciji za ispitivanje potencijala obnovljivih izvora energije s podacima o prostoru ispitivanja. Grafički prilog mora biti na topografskoj karti u mjerilu 1:25000.

Za vjetroelektrane podnositelj zahtjeva mora dodatno priložiti:

- grafički prilog u mjerilu 1:25000 u kojem je nositelj projekta definirao uži i širi prostor vjetroelektrane prema odredbama Pravilnika¹². Prostorni podaci koje prilaže podnositelj zahtjeva moraju biti ucertani na topografsku kartu mjerila 1:25000. Prostor od interesa za obavljanje ispitivanja mora biti definiran geodetskim točkama (Gauss-Krügerova projekcija). Pozicija točke određena je nazivom točke, x koordinatom (u smjeru sjevera) i y koordinatom (u smjeru istoka) te neobavezno koordinatom z (nadmorskom visinom),
- suglasnost središnjeg tijela državne uprave nadležnog za poslove zračnog prometa za obavljanje ispitivanja, ako se lokacija na kojoj će se postaviti ili graditi uređaj za ispitivanje potencijala vjetra nalazi u blizini aerodroma,
- rješenje nadležnog tijela o tipskom projektu prema odredbama Zakona o gradnji za mjerni stup izdan toj pravnoj osobi ili ugovor s pravnom osobom kojoj je izdano rješenje o tipskom projektu o korištenju tog tipskog projekta, ako se gradi uređaj za mjerenje potencijala vjetra.

Za postrojenja vjetroelektrana prostor ispitivanja mora ispunjavati sljedeće uvjete:

- sigurnosna udaljenost mjernog stupa od elektroenergetskog voda mora biti minimalno 50 m,
- prostor ispitivanja obuhvaća prizemni sloj atmosfere u visini 200 m iznad tla unutar granica koje određuju koordinate geodetskih točaka koje je podnositelj

¹² Pravilnik o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije

- zahtjeva za izdavanje prethodnog odobrenja ucrtao na topografskoj karti u mjerilu 1:25000,
- svaki projekt može biti pridijeljen samo jednom neprekinutom prostoru ispitivanja,
 - prostor ispitivanja obuhvaća minimalno potreban prostor za planiranje vjetroelektrane, odnosno prostornu cjelinu prikladnu za gradnju vjetroelektrane prema uvjetima utvrđenim u tablici 4.

Tablica 4. Kriterij za određivanje veličine potrebnog prostora ispitivanja za vjetroelektrane

Instalirana snaga, MW	Površina tlocrtna projekcije prostora ispitivanja, km ²
0-10	0-4
10-20	4-8
20-50	8-20
50-100	20-40

Ukoliko zahtijevani prostor ispitivanja zahvaća već ranije odobreni prostor ispitivanja, prethodno odobrenje može se izdati ako se zahtjevu priloži i suglasnost nositelja projekta koji je već ranije ishodio prethodno energetska odobrenje za dio prostora ispitivanja koji se preklapa. Ukoliko se dva ili više zahtjeva za izdavanje prethodnog odobrenja odnose na isto područje ispitivanja potencijala obnovljivih izvora energije, prednost ima podnositelj zahtjeva koji je prije predao potpun i uredan zahtjev.

Za postrojenja instalirane snage do uključivo 30 kW nije propisana obveza ishoda prethodnog energetska odobrenja. Upis tih postrojenja u Registar obavlja se na temelju odobrenja.

Prethodno odobrenje izdaje se na sljedeći rok važenja:

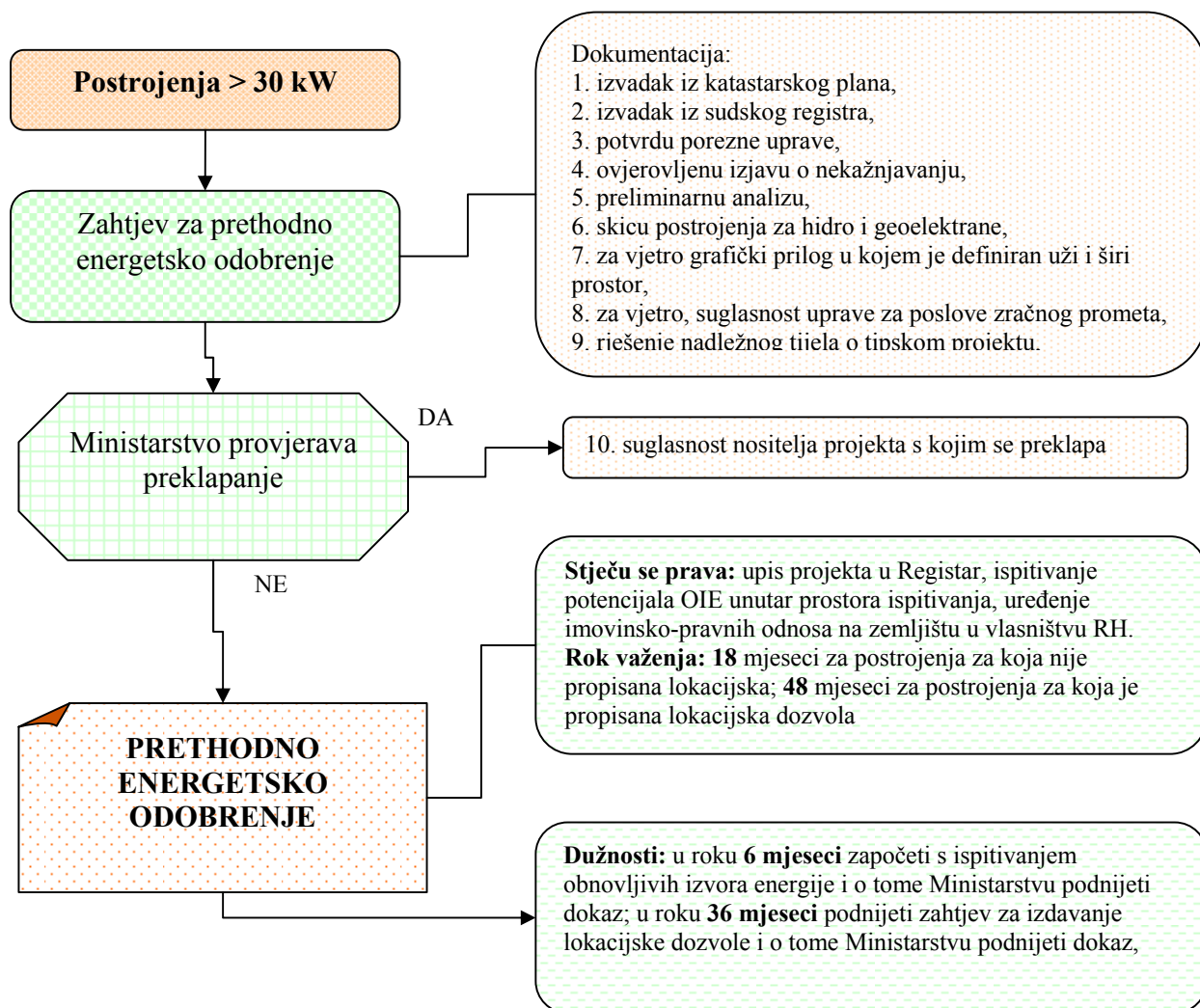
- 18 mjeseci od dana konačnosti prethodnog odobrenja za postrojenja za koja nije propisana obveza ishoda lokacijske dozvole,

- 48 mjeseci od dana konačnosti prethodnog odobrenja za postrojenja za koja je propisana obveza ishodaenja lokacijske dozvole.

Prethodno odobrenje se ukida i nositelj projekta briše iz Registra ako nositelj projekta:

- u roku od šest mjeseci od dana konačnosti prethodnog odobrenja nije započeo ispitivanje potencijala obnovljivih izvora energije,
- u roku od 36 mjeseci od dana konačnosti prethodnog odobrenja nije podnio zahtjev za izdavanje lokacijske dozvole, kada je za postrojenje propisana obveza ishodaenja lokacijske dozvole.

Nositelj projekta koji je brisan iz Registra zbog toga što u roku od šest mjeseci od dana konačnosti prethodnog odobrenja nije započeo ispitivanje potencijala obnovljivih izvora energije nema pravo podnijeti novi zahtjev za izdavanje prethodnog odobrenja prije proteka roka od šest mjeseci od dana pravomoćnosti rješenja o ukidanju prethodnog odobrenja.



Slika 22. Shematski prikaz postupka za dobivanje prethodnog energetska odobrenja

4.2 Energetska odobrenje

Energetska odobrenje za izgradnju postrojenja izdaje Ministarstvo na zahtjev ovlaštene fizičke ili pravne osobe.

Postupak izdavanja odobrenja prethodi postupku izdavanja građevinske dozvole.

Za izdavanje energetska odobrenja potrebno je priložiti [12]:

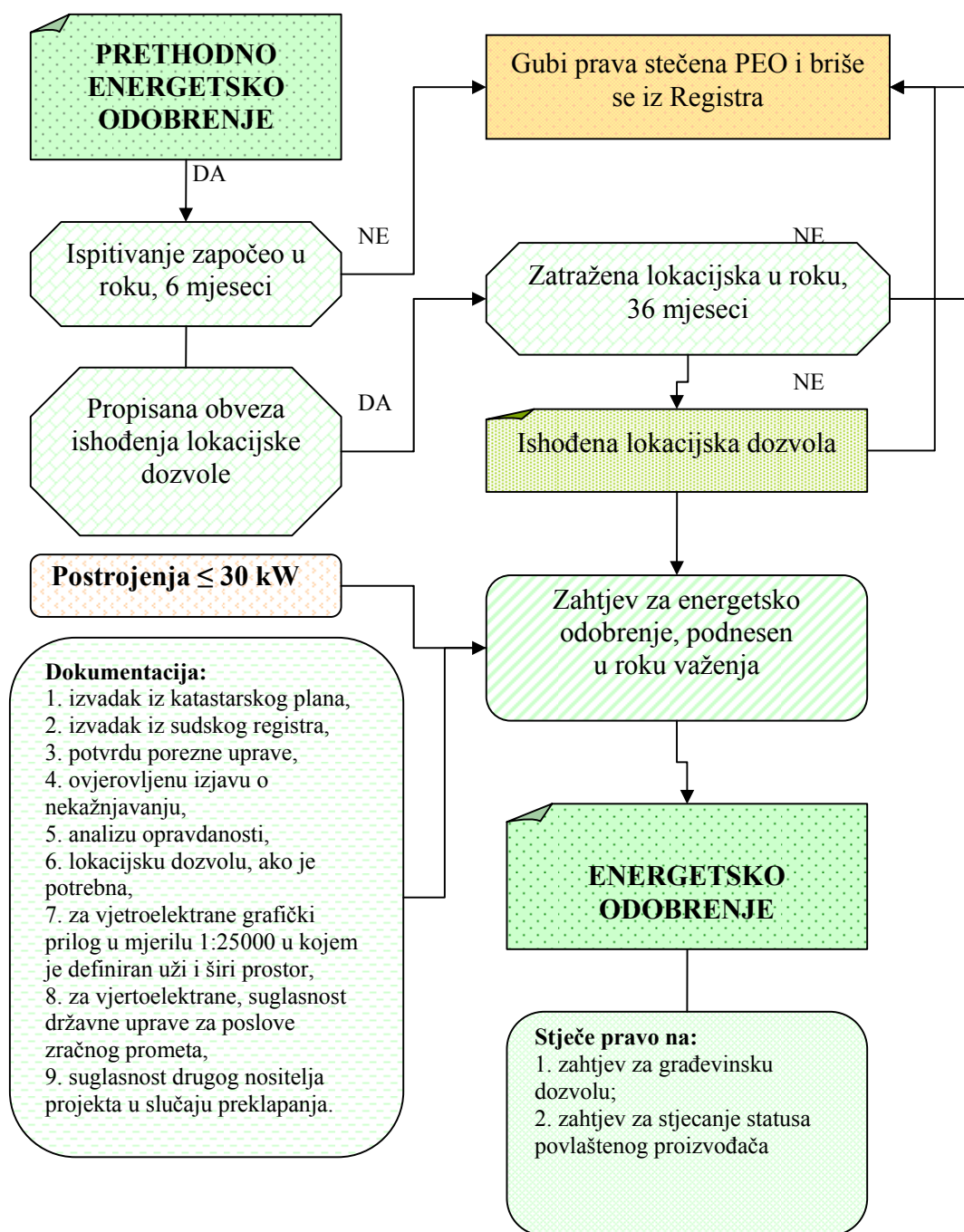
1. izvadak iz katastarskog plana za katastarsku česticu na kojoj namjerava izgraditi postrojenje,
2. izvadak iz sudskog registra, odnosno za fizičku osobu izvadak iz obrtnog registra u Republici Hrvatskoj ili potvrdu o prebivalištu u Republici Hrvatskoj,
3. potvrdu porezne uprave o plaćanju svih dospjelih poreznih obveza i obveza za mirovinsko i zdravstveno osiguranje i druga javna davanja,
4. ovjerovljenu izjavu o nekažnjavanju pravne osobe i fizičke osobe u svezi sa sudjelovanjem u kriminalnoj organizaciji, korupciji, prijeviri ili pranju novca, koju daje fizička osoba za sebe i/ili kao odgovorna osoba podnositelja zahtjeva,
5. analizu opravdanosti izgradnje postrojenja i priključka na elektroenergetsku mrežu s tehno-ekonomskim podacima i podacima prostornog uređenja,
6. lokacijsku dozvolu, kada je za postrojenje propisana obveza ishodaenja lokacijske dozvole.

Za vjetroelektrane zahtjevu za izdavanje energetskeg odobrenja potrebno je još priložiti grafički prilog u mjerilu 1:25000 u kojem je nositelj projekta definirao užu i širu prostor vjetroelektrane. Prostorni podaci koje prilaže podnositelj zahtjeva moraju biti ucrtani na topografsku kartu mjerila 1:25000. Prostor od interesa za gradnju postrojenja za proizvodnju energije mora biti definiran geodetskim točkama (Gauss-Krügerova projekcija). Pozicija točke određena je nazivom točke, x koordinatom (u smjeru sjevera) i y koordinatom (u smjeru istoka) te neobavezno koordinatom z (nadmorskom visinom).

Užu prostor vjetroelektrane ili lokacija je prostor u užoj okolini vjetroelektrane određen zamišljenom linijom na kojoj je imisija buke iz vjetroelektrane ublažena do razine propisom dopuštenih vrijednosti i u kojem su nositeljima projekta vjetroelektrana dopuštene komplementarne aktivnosti (stočarstvo, poljoprivreda, gospodarenje šumama, mala prerađivačka industrija, odlaganje otpada, promet i sl.). Širi prostor vjetroelektrane je prostor u široj okolini koji je potreban za nesmetan rad izrađene vjetroelektrane. Minimalna udaljenost najbliže vjetroturbine planirane vjetroelektrane je 2000 m zračne udaljenosti od najbliže vjetroturbine izgrađene vjetroelektrane, sve dok se ne radi o proširenju izgrađene vjetroelektrane.

U postupku odlučivanja o zahtjevu za izdavanje energetskeg odobrenja Ministarstvo provjerava u Registru zahvaća li traženi širi prostor vjetroelektrane već odobreni širi prostor neke druge vjetroelektrane, odnosno prostor ispitivanja drugog nositelja projekta. U slučaju da postrojenje vjetroelektrane zahvaća već odobreni širi prostor neke druge vjetroelektrane ili prostor ispitivanja drugog nositelja projekta taj se prostor može odobriti ako se priloži suglasnost tog drugog nositelja projekta.

Nositelj projekta koji u roku važenja prethodnog odobrenja nije podnio zahtjev za izdavanje odobrenja gubi prava stečena prethodnim odobrenjem i briše se iz Registra. Nositelj projekta dužan je ishoditi i dostaviti Ministarstvu građevinsku dozvolu za postrojenje u roku od 12 mjeseci od dana konačnosti energetskeg odobrenja. Protekom roka za ishođenje građevinske dozvole nositelj projekta gubi prava iz odobrenja i briše se iz Registra.



Slika 23. Shematski prikaz za izdavanje energetskog odobrenja

4.3 Prethodno energetska odobrenje za zatečene projekte

Nositelj zatečenog projekta je fizička ili pravna osoba, koja je započela, a do dana stupanja na snagu Pravilnika o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije, nije izgradila postrojenje vjetroelektrane.

Nositelj zatečenog projekta za izdavanje prethodnog energetskeg odobrenja mora priložiti:

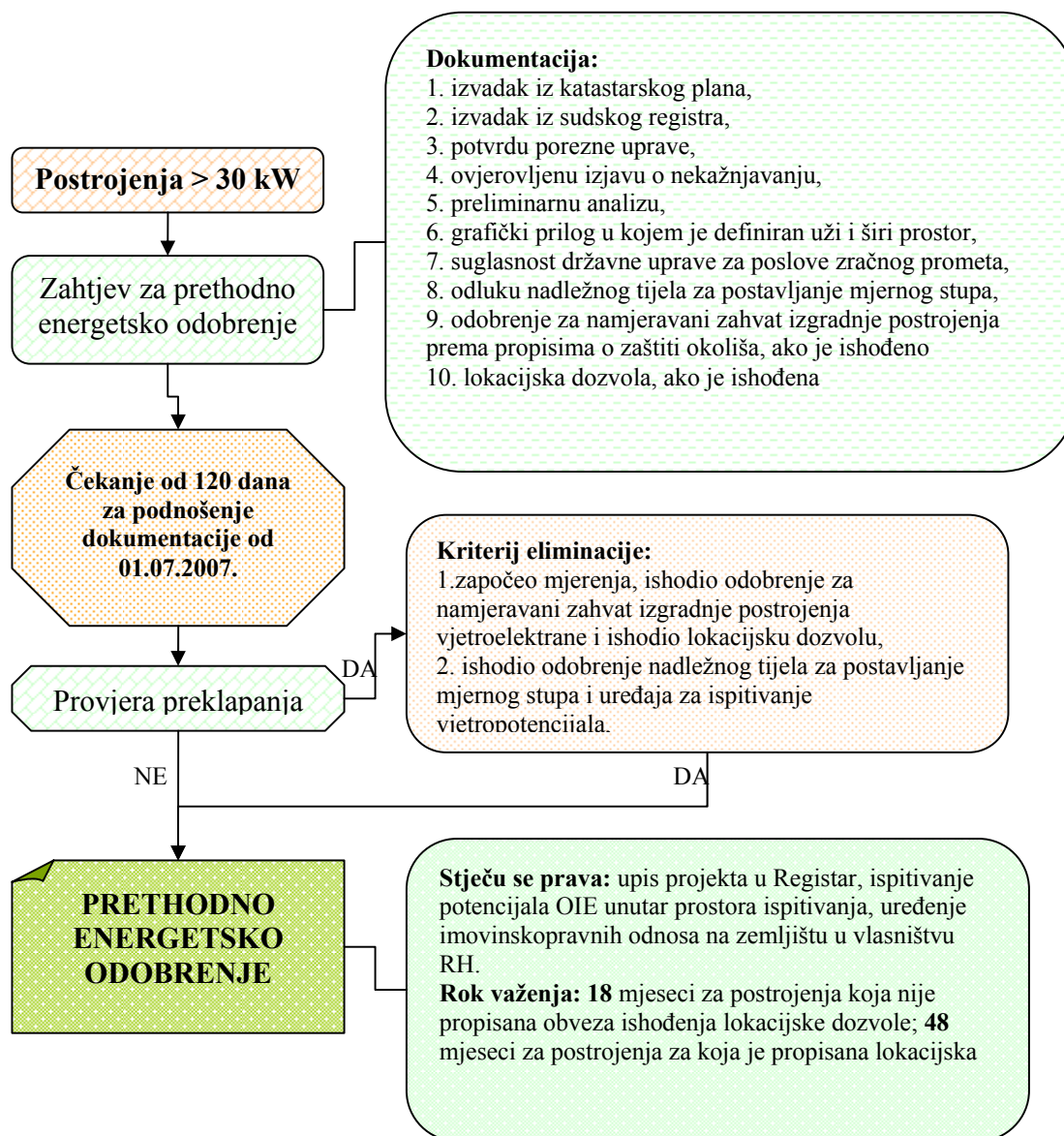
1. izvadak iz katastarskog plana za katastarsku česticu na koju se postavlja ili gradi uređaj za ispitivanje potencijala obnovljivih izvora energije i/ili planira gradnja postrojenja,
2. izvadak iz sudskog registra, odnosno za fizičku osobu izvadak iz obrtnog registra u Republici Hrvatskoj ili potvrdu o prebivalištu u Republici Hrvatskoj,
3. potvrdu porezne uprave o plaćanju svih dospjelih poreznih obveza i obveza za mirovinsko i zdravstveno osiguranje i druga javna davanja,
4. ovjerovljenu izjavu o nekažnjavanju pravne osobe i fizičke osobe u svezi sa sudjelovanjem u kriminalnoj organizaciji, korupciji, prijeviri ili pranju novca, koju daje fizička osoba za sebe i/ili kao odgovorna osoba podnositelja zahtjeva,
5. preliminarnu analizu opravdanosti izgradnje postrojenja i priključka na elektroenergetsku mrežu s tehno-ekonomskim podacima i podacima prostornog uređenja.
6. grafički prilog u mjerilu 1:25000 u kojem je nositelj projekta definirao užu i širi prostor vjetroelektrane. Prostorni podaci koje prilaže podnositelj zahtjeva moraju biti ucrtani na topografsku kartu mjerila 1:25000. Prostor od interesa za obavljanje ispitivanja mora biti definiran geodetskim točkama (Gauss-Krügerova projekcija). Pozicija točke određena je nazivom točke, x koordinatom (u smjeru sjevera) i y koordinatom (u smjeru istoka) te neobavezno koordinatom z (nadmorskom visinom),

7. suglasnost središnjeg tijela državne uprave nadležnog za poslove zračnog prometa za obavljanje ispitivanja, ako se lokacija na kojoj će se postaviti ili graditi uređaj za ispitivanje potencijala vjetra nalazi u blizini aerodroma,
8. odluku nadležnog tijela za postavljanje mjernog stupa i uređaja za ispitivanje vjetropotencijala izdanu toj pravnoj osobi ili ugovor s pravnom osobom koja je ishodila odluku nadležnog tijela za postavljanje mjernog stupa ili odgovarajući dokaz o započetom ispitivanju vjetropotencijala,
9. odobrenje za namjeravani zahvat izgradnje postrojenja vjetroelektrane prema propisima o zaštiti okoliša, ako je ishodeno,
10. lokacijsku dozvolu za postrojenje vjetroelektrane prema propisima o prostornom uređenju, ako je ishodena.

Ukoliko se dva ili više zahtjeva za izdavanje prethodnog energetskeg odobrenja, koja su podnijeli nositelji zatečenih projekata, odnose na isto područje ispitivanja potencijala obnovljivih izvora energije, Ministarstvo može izdati prethodno odobrenje samo jednom podnositelju.

Kod ishodenja prethodnog energetskeg odobrenja za zatečene projekte prednost ima, prema sljedećem redu prvenstva, podnositelj zahtjeva koji je prije:

1. započeo mjerenja, ishodio odobrenje za namjeravani zahvat izgradnje postrojenja vjetroelektrane i ishodio lokacijsku dozvolu,
2. ishodio odobrenje nadležnog tijela za postavljanje mjernog stupa i uređaja za ispitivanje vjetropotencijala,
3. započeo ispitivanje vjetropotencijala na lokaciji.



Slika 24. Shematski prikaz dobivanja prethodnog energetska odobrenja za zatečene projekte

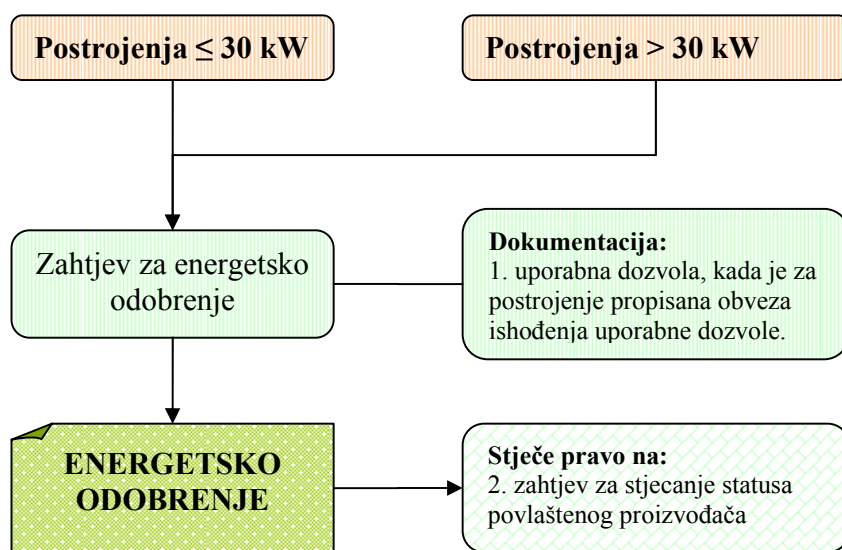
4.4 Odobrenje za izgrađena postrojenja

Fizička ili pravna osoba koja je proizvođač na dan stupanja na snagu Pravilnika o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije mora, radi upisa u Registar obnovljivih izvora energije i kogeneracije i povlaštenih proizvođača, u roku od 120 dana

od dana stupanja na snagu Pravilnika, podnijeti zahtjev za upis, s priloženom uporabnom dozvolom, kada je za postrojenje propisana obveza ishodenja uporabne dozvole.

U zahtjevu je potrebno da navede slijedeće podatke:

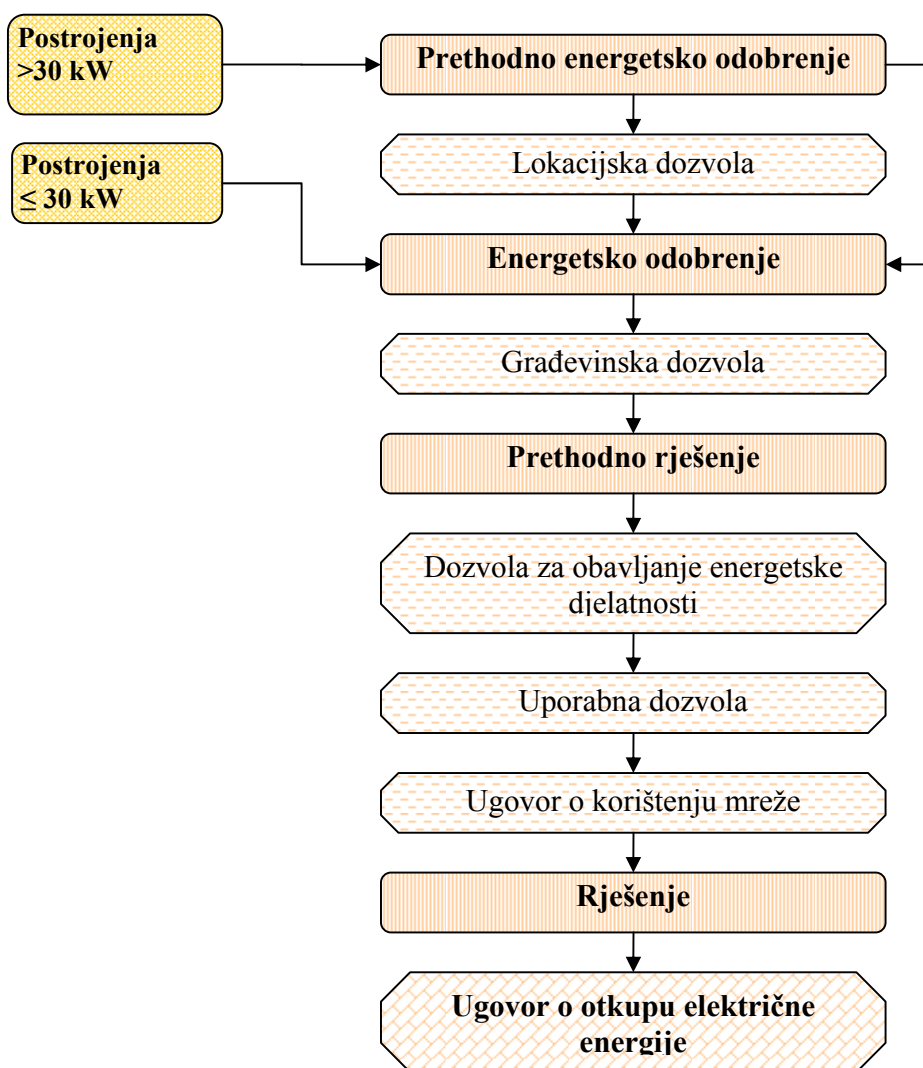
- naziv postrojenja,
- šifru postrojenja prema Pravilniku o korištenju OIEK,
- lokaciju postrojenja (županija, općina, grad, katastarska općina, katastarska čestica),
- naziv i sjedište podnositelja zahtjeva,
- odgovornu osobu,
- instaliranu snagu postrojenja.



Slika 25. Shematski prikaz podnošenja zahtjeva za energetske odobrenje za izgrađena postrojenja

Nosilac projekta nakon što je ishodio energetske odobrenje može podnijeti Hrvatskoj energetske regulatornoj agenciji zahtjev za stjecanje statusa povlaštenog proizvođača električne energije. Od Agencije najprije može ishoditi prethodno rješenje, ako

zadovoljava sve propisan uvjete,¹³ a zatim kad izgradi postrojenje i rješenje o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača. Tek s rješenjem o stjecanju statusa može sklopiti s HROTE ugovor o otkupu električne energije. Na osnovu ugovora o otkupu električne energije HROTE vrši isplatu povlaštenom proizvođaču za isporučenu električnu energiju u mrežu po povlaštenoj tarifnoj cijeni. Prikaz postupka nositelja projekta od zahtjeva za prethodnim odobrenjem do potpisivanja ugovora o otkupu električne energije s HROTE prikazan je na slici 26.



Slika 26. Shematski prikaz postupka od prethodnog odobrenja do HROTE

¹³ Uvjeti za stjecanje statusa povlaštenog proizvođača propisani su Pravilnikom o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije

5 INFORMATIZACIJA REGISTRA

Registar obnovljivih izvora energije i kogeneracije te povlaštenih proizvođača električne energije zamišljen je kao GIS baza podataka. Podaci su podijeljeni na kartografske podatke o prostornim objektima i podatke koji te objekte dodatno opisuju. Prostorni podaci mogu biti rezultat geodetskih terenskih mjerenja, očitani sa aerofotogrametrijskih snimaka terena, topografskih karata, geoloških karata ili satelitske fotografije. Ovi podaci se sastoje iz podataka o smještaju prostornih objekata, njihovom međusobnom položaju u prirodi i svojstava kojima su prikazani na karti (boja, debljina, tip linije i slično). Drugi tip podataka koji nije moguće izravno prikazati na karti je pohranjen u obliku izvješća, rješenja, odobrenja i slično. Ti podaci se povezuju sa grafičkim podacima preko ključeva kojim su jednoznačno međusobno povezani i čine jednu cjelinu.

Globalni informativni sustav ili GIS zahtijeva opsežne pripreme prije početka samog korištenja. Često puta je potrebno izraditi vrlo veliku bazu prostornih objekata (*spatial database*), pribaviti odgovarajuću računalnu i programsku podršku, razviti pojedine dijelove programske podrške, instalirati sve potrebne programe na računalo, uskladiti rad programske podrške i testirati ispravnost rada računala sa programskom podrškom. Tek kada sve profunkcionira kako treba tek tada korisnik može početi koristiti GIS.

Da bi korisnik mogao polučiti korist od korištenja GIS-a potrebno mu je omogućiti prikaz podataka i informacija u obliku standardiziranih karata, obavljanje prostornih pretraživanja i prikaz rezultata, te provođenje složenijih prostornih analiza. Mnoge od navedenih zadaća izvode se i sada na "klasičan" način, a GIS treba povećati učinkovitost izvođenja tih i novih zadaća. Neke kompleksne analize prostora nije niti moguće izvoditi bez korištenja računala. U tim slučajevima GIS povećava učinkovitost i omogućava kvalitetnije informacije potrebne planerima i osobama zaduženim za donošenje odluka. Drugim riječima GIS poboljšava učinkovitost i uspješnost.

Ukoliko se kreće od samog početka (izrada karata, prikupljanje mjerenih podataka za izradu geodetskih i inih podloga itd.) cijena je vrlo visoka čak do 80% ukupne cijene

koštanja. Prihvat podataka iz drugih GIS projekata, geografskih i stručnih karata i geodetskih podloga čiju izradu je financirala država ili iz privatnih izvora, osjetno smanjuje troškove. Koordinacijom GIS programa, pogotovo među lokalnim upravama, smanjuju se troškovi izrade i održavanja baza podataka, a povećava se učinkovitost korištenja baza i povećava isplativost investiranja. Dobro ustrojen geografski informacijski sustav koristi za pregledavanje prostornih objekata i pojava, jednostavno prikazivanje u obliku karata, pretraživanje po zadanim kriterijima i prikaz rezultata, analizu karata i modeliranje prostora [19].

Ovaj projekt ne nudi cjelokupno rješenje GIS-a, niti je demonstracija svih mogućnosti GIS-a već je to test primjenjivosti GIS-a u poslovima vođenja Registra projekata obnovljivih izvora energije i kogeneracije i povlaštenih proizvođača (Registar OIEKPP) [19]. Projektom je obuhvaćeno cjelokupno područje Republike Hrvatske ali samo s obzirom na postojeće i planirane obnovljive izvore energije i kogeneraciju.

5.1 Dijelovi sustava

GIS se sastoji od pet sastavnih dijelova: ljudi, podaci, programska podrška (GIS upravljački sustavi), operacijski sustavi računala i računalna sučelja (Interfaces) i računalna podrška (Hardware).

U ovom slučaju radi se o četiri skupine ljudi koji sudjeluju na poslovima GIS-a; korisnik koji je ujedno i operater i analizator sustava, dobavljač programske podrške i tvrtka koja brine o sistemskim rješenjima i unapređenju GIS-a i stručnjaci koji brinu o ispravnosti podataka koji ulaze u sustav.

GIS sustav mora pružiti mogućnost prihvata podataka različitih formata, ne samo formata koje sustav koristi već i formata koje koriste i drugi sustavi ili računalni programi za obradu slike i teksta. Radi se o formatima koji čine GIS kompatibilnim sa drugim

sustavima (AutoCAD DXF format, dBase DBF format ili ASCII format). Kompatibilnost je važna zbog potrebe za korištenje postojećih podataka iz različitih izvora.

Najznačajnija osobina GIS-a je nadopunjavanje grafičkog prikaza prostornih objekata opisom iz baza podataka koje sadrže podatke koji dodatno opisuju prostorne objekte.

Unos grafičkih podataka s karata najčešći je i najzahtjevniji dio prikupljanja podataka. Alat za unos podataka digitalizacijom s karte otisnute na papiru poželjni je dio GIS paketa. Nakon pretvorbe podataka u digitalni oblik, a prije samog unosa u GIS bazu, podatke je potrebno pročistiti i dotjerati, te zatim geokodirati. Podrška koja je potrebna sastoji se od alata kojima se mogu pročistiti rasterske karte od nepotrebnih sadržaja, ukloniti pogreške nastale skeniranjem. Rasterske podatke je također potrebno dodatno obraditi prije korištenja u GIS bazi za što su također potrebni alati koje GIS paket treba posjedovati. Pretvorba rasterskih formata u vektorski format i obrnuto često se koristi tijekom pripreme podataka za unos u bazu i alati za to su vrlo važan dio paketa. Mogućnost generalizacije je svojstvo koje dolazi do izražaja prilikom pregleda podataka ili analize prostornih objekata unesenih u GIS bazu. Generalizacija je postupak uklanjanja suvišnih segmenata od kojih se sastoji pojedini prostorni objekt. Ovisno o mjerilu prikaza objekata, neke točke se mogu jednostavno izbaciti.

Generalizacija poligona je postupak izbacivanja vrlo malih poligona obzirom na odabrano mjerilo prikaza podataka. Duple točke (koje imaju iste koordinate) i linije koje se preklapaju također je potrebno odstraniti i za to je poželjno da postoje alati u paketu. Ručno uklanjanje takvih podataka vrlo je mukotrpno, zahtjeva puno vremena i gotovo da je nemoguće. Skenirani podaci pa zatim digitalizirani sa ekrana (head-up digitalizacija) ili digitalizirani pomoću digitalizatora, obiluju prekinutim linijama, križanim linijama, preklopima linija, otvorenim poligonima i sličnim pogreškama nastalim pri unosu i potrebno ih je dotjerati. Alati koji to rade moraju pružati mogućnost intervencije operatera kako ne bi došlo do gubitka potrebnih podataka ili do spajanja linija koje ne trebaju biti spojene. Sa tim alatima treba pažljivo rukovati i pažljivo odabrati tolerancije koje oni nude kako ne bi došlo do gubitka vrlo sitnih objekata koje je potrebno prikazati.

Ovaj dio posla iziskuje puno vremena i strpljenja ali je i vrlo važan za cjelokupnu uspješnost baratanja podacima u GIS-u. Pogreške koje nisu odstranjene ili su nastale u ovoj fazi mogu rezultirati potpunim kolapsom cjelokupnog sustava u toku korištenja. Njihove posljedice su vidljive prilikom pretraživanja i prikaza podataka i tijekom analiza koje se traže u fazama naprednog korištenja GIS-a.

Posljednja faza unosa podataka je geokodiranje. Kako mu samo ime govori GIS je geografski informacijski sustav pa prema tome podaci moraju biti prostorno orijentirani. Mogućnost transformacije podataka iz jednog koordinatnog sustava u drugi kao i iz jedne projekcije u drugu najvažnija je zadaća tijekom unosa podataka u GIS bazu. Podjednako je važno da je to moguće sa rasterskim podacima kao i sa vektorskim. Ukoliko je to moguće samo sa jednim od formata, nužno je da postoje alati za konverziju slikovnih formata (raster u vektor i obratno).

Osim navedenih mogućnosti, koje su uglavnom korektivne prirode, GIS paket mora posjedovati i alate za održavanje baze podataka koja vodi računa o svim svojstvima prostornog objekta (boja linije, debljina linije, vrsta linije, grafička svojstva simbola za prikaz pojedinog prostornog objekta i slično). Jednako tako, baza podataka sadrži podatke o samom sustavu (tablice koje koristi upravljački sustav baze podataka za baratanje svim podacima unesenim u GIS bazu).

Upravljački sustav baze podataka (DBMS) dopušta unos podataka, promjene podataka i to jednako nad grafičkim i tabelarnim (strukturiranim) podacima. Vrlo često tabelarni podaci već postoje organizirani u neku bazu podataka i GIS koristi samo jedan dio pohranjenih podataka. Upravljački sustav GIS baze podataka mora omogućiti korisniku naknadne promjene grafičkih podataka kao što je na primjer promjena političkih granica općine ili županije i slično. Unos novih kategorija grafičkih podataka zahtijeva mogućnost dodavanja novih slojeva (levela). Ovi poslovi su česti i u koliko ih nije moguće automatski obaviti zahtijevaju mnogo ljudskog rada.

Sposobnost sustava da selektivno poziva pohranjene podatke prema korisnikovim zahtjevima jedna je od najvažnijih osobina GIS-a. Podaci mogu biti pozvani prema njihovim opisnim svojstvima ili grafičkim karakteristikama ili u kombinaciji. Analiziranje prostornih objekata zahtjeva povezivost prostornih objekata sa njihovim opisom. Podaci koji se vode u Registru prikazani su dijelom na kartama (prostorni prikaz), a dijelom raznim dokumentima koji se vode prema zakonu. GIS tehnologija omogućava sofisticirane analize u kojima se koriste obje grupe podataka istovremeno. Upiti postavljeni u GIS bazu mogu se odnositi na grafička svojstva ili na tekstualni opis objekta. Naprednije tehnike dopuštaju i da jednostavnim klikom na objekt dobijemo podatke o njemu pohranjene u bazi podataka.

Podaci bilo grafički bilo alfanumerički pozvani iz GIS-a mogu biti prikazani; na zaslonu računala, otisnuti u obliku karata, prikazani tabelarno ili grafikonima. Podaci mogu biti pretvoreni u oblik koji pogoduje direktnom unosu podataka u druge računalne programe za daljnju obradu podataka. Povoljnost GIS paketa svakako je u što većem broju mogućih pretvorbi podataka za razne namjene.

Većina današnjih GIS programskih paketa koriste različite uređaje za unos i pretvorbu analognih podataka u digitalni oblik (AD pretvorba). Najčešći oblik je digitalizacija pomoću stolnih digitalizatora različitih formata (A3-A0). Pomak miša na dasci digitalizatora registrira se u računalu (slično pantografu, pomak na jednoj strani pantografa uzrokuje pomak olovke na drugom kraju uređaja). Drugi uređaj koji se koristi za pretvorbu podataka je skener. Ovaj uređaj optičkim putem registrira podatke sa papira i pretvara ih u digitalni zapis uz pomoć odgovarajućeg programa za pretvorbu. Treći način je foto snimanje objekata u prirodi i pretvorba slike u digitalni oblik ili pretvorba fotografije u digitalni oblik skeniranjem. Digitalizatorom dobivamo vektorske podatke, a skenerom rasterske. Dobro vidljive rasterske podatke moguće je pretvarati u vektorske uz pomoć računalnih programa automatski, a lošije vidljive ručno sa zaslona monitora (head-up digitalizacija)

5.2 Geodetski parametri

Oblik zemlje moguće je aproksimirati matematski pomoću:

- ravnine
- kugle
- elipsoida

Ravnina se koristi kada se radi o malim područjima na kojima se obavljaju mjerenja malih udaljenosti kod kojih je zaobljenost Zemljine površine nebitna (udaljenosti manje od 10 km). Kugla se koristi kod općenitih aproksimacija. Oblik kugle slabo aproksimira oblik Zemlje. Uslijed spljoštenosti Zemlje na polovima radijus ekvatora razlikuje se od radijusa na polovima za oko 20 km. Elipsoid ima različiti radijus duže poluosi od radijusa kraće poluosi koja prolazi kroz polove. Koristi se za aproksimaciju veličine i oblika Zemlje u cijelosti ili samo na pojedinom dijelu (lokalno). Postoje stotine modela koji se koriste za aproksimaciju lokalno ili globalno. Za Hrvatsku se najčešće koristi Besselov elipsoid koji lokalno aproksimira Zemljin oblik i veličinu i usvojen je i za ovaj projek

Najčešće korišteni koordinatni sustav je geografski koordinatni sustav. Karakteristični parametri sustava su nulti meridijan (Greenwich) i nulta paralela (ekvator). Geografska širina pojedine točke (latitude) je kut koji zatvara normala na plohu elipsoida povučena iz pojedine točke i ekvatorijalne ravnine (\square). Geografska dužina (longitude) je kut koji zatvara ravnina postavljena kroz nulti meridijan okomito na ekvatorijalnu ravninu i ravnina položena kroz pojedinu točku također okomito na ekvatorijalnu ravninu (\square). Visina točke je udaljenost točke od referentnog elipsoida mjerena duž okomice položene kroz točku na elipsoid. Većina GIS paketa barata sa geografskim koordinatama koje se iskazuju u SS:MM:SS.XX (stupnjevi:minute:sekunde) ili SS.XXXX (stupnjevi iskazani u obliku decimalnog broja). Ponekad su mjere iskazane u radijanima. Preciznost prikazivanja stupnjeva u decimalnom obliku ovisi o broju decimala. Ako uzmemo da luk od jednog stupnja na ekvatoru ima duljinu od 111,11 km onda je jasno da luk od 0,001

stupnja ima duljinu 111 m. Prema tomu najmanji objekt kojeg možemo pouzdano prikazati ima dimenzije od 111 m.

Transverzalni merkator (TM) je koordinatni sustav vrlo često korišten u GIS-u. John Heinrich Lambert modificirao je Merkatorov koordinatni sustav u transverzalni (zarotirao ga je za 90^0). Kod ovog koordinatnog sustava "ekvator" je u smjeru sjever-jug. Takav koordinatni sustav koristimo i mi na području Republike Hrvatske i usvojen je i za potrebe ovog projekta.

Hrvatska je smještena iznad ekvatora, orijentacija joj je sjeverozapad-jugoistok, veličinom stane između 15 i 18 meridijana i ima relativno nepovoljan oblik. Kako bi se što bolje sačuvao njen oblik koristi se konformna projekcija i to transverzalni Merkator. Gauss i Kruger modificirali su projekciju pa se ona i naziva po njima Gauss-Krugerova projekcija. U Republici Hrvatskoj ova se projekcija koristi za prikaz planova, karata i detalja. Projekcija je usvojena i za potrebe ovog projekta.

Karta bilo da je dio GIS-a bilo da je otisnuta na papiru prikazuje objekte na zemljinoj površini u umanjenom mjerilu. Svrha karte je da prikaže važne detalje iz prirode na što manjem prostoru bez gubitka bitnih detalja uz zadovoljavajuću točnost poštujući proporcije objekata i njihovu međusobnu udaljenost. Što se veće područje želi prikazati to je sitnije mjerilo potrebno odabrati. U GIS-u treba voditi računa da prikaz podataka u računalu nema ograničenja u mjerilu. Povećanja i umanjenja nisu ovisna o mjerilu karte sa koje su podaci preuzeti u računalu. Povećavanjem ne dobivamo detaljniji prikaz objekta od izvornika. Za potrebe ovog projekta usvojena su sljedeća mjerila za prikaz geografskih objekata na kartama:

1:25000 mjerila topografskih karata općeg sadržaja (vode, prometnice, granice lokalnih uprava i samouprava, elektroenergetska mreža, aerodromi, zračni koridori itd.) sukladno s Pravilnikom o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije.

5.3 Grafička baza podataka

Za potrebe Ministarstva gospodarstva, rada i poduzetništva pribavljene su topografske karte od Državne geodetske uprave. Karte su mjerila 1:25000 i isporučene su u digitalnom obliku kao (geo tiff) i kao tiskani listovi topografskih karata. Dodatno su geokodirane i prilagođene za potrebe katastra istražnih prostora i eksploatacijskih polja kojeg vodi Odjel za rudarstvo pri MINGORP-u.

Sadržaji koji su prikazani na kartama su dijelom zastarjeli i potrebno ih je osuvremeniti i uskladiti sa postojećim stanjem u dijelu prostora koji je predmetom GIS baze Registar OIEK. Granice županija i općina također je potrebno revidirati i uskladiti sa činjeničnim stanjem na terenu. Podaci su zatraženi od Državne geodetske uprave. Sukladno zahtjevima koji su postavljeni u Pravilniku o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije potrebno je izraditi sloj podataka o lokacijama uzletišta. Ujedno je nužno dodati sloj sa ucrtanim trasama dalekovoda koji prolaze u blizini ili preko prostora koji je predmetom zahtjeva za Prethodnim odobrenjem. Prostorni podaci koje prilaže podnositelj zahtjeva moraju biti ucrtani na topografsku kartu mjerila 1:25000. Prostor od interesa za obavljanje istražnih radova i postavljanje postrojenja za proizvodnju energije mora biti definiran geodetskim točkama (Gauss-Krügerove projekcija). Pozicija točke određena je nazivom točke, x koordinatom (u smjeru sjevera) i y koordinatom (u smjeru istoka) te neobavezno z koordinatom (nadmorskom visinom).

Grafička baza mora se nužno sastojati od slijedećih slojeva podataka:

- granica Republike Hrvatske, kopnena i morska
- granice županija
- granice općina
- ceste (državne i lokalne)
- uzletišta
- trase dalekovoda

Slojevi koji su navedeni dijelom postoje u vektorskom obliku (granice RH, županija i općina) i treba ih ažurirati. Lokacije uzletišta kao površine (area) i trase dalekovoda kao linije (line) trebaju biti izrađeni ili preuzeti od odgovorne institucije koja navedene podatke vodi po službenoj dužnosti. Autentičnost podataka je nužna za kvalitetno donošenje odluka. Kako će baza rasti tako će se upotpunjavati grafički sadržaj novim slojevima podataka prema potrebama ministarstva. Za sada su ovo nužne informacije za pravilno vođenje Registra.

6 Model mikrokogeneracijskog postrojenja za proračun

Model za proračun za energiju na biomasu i kogeneraciju s i bez suizgaranja biomase i prirodnog plina preuzet je iz diplomskog rada kolege Marka Lipoščaka [20], gdje je kao objekt razmatranja upotrebe malog kogeneracijskog postrojenja izabrana stambena zgrada na području Zagreba. Zgrada ima 20 stanova i to po četiri stana po svakoj etaži što ukupno čini pet etaža. Objekt je pravokutnog tlocrta, dimenzija 17,5 x 20 m, dok je visina objekta 15 m. Kao strategija vođenja kogeneracijskog postrojenja uzeto je pokrivanje toplinskog opterećenja. U tom slučaju instalirano kogeneracijsko postrojenje daje upravo onoliko topline koliko je potrebno za zadovoljavanje ukupne toplinske potrošnje objekta. Na neki način kogeneracijska jedinica „prati“ toplinsko opterećenje. Pritom se eventualni višak proizvedene električne energije isporučuje (prodaje) u mrežu, dok se eventualni manjak električne energije uzima (kupuje) iz mreže. To znači da postrojenje treba biti dimenzionirano tako da se sva proizvedena toplina iskoristi, te da ono pokriva najveći dio toplinskih potreba zgrade. U slučaju vršnog toplinskog opterećenja, kada bi potreba za toplinom bila veća od kapaciteta postrojenja uključivao bi se vršni kotao klasičnog tipa koji bi onda zadovoljavao vršne potrebe za toplinskom energijom pretežno u zimskim mjesecima. Postrojenje će biti paralelno spojeno na električnu mrežu te isporučivati odnosno uzimati električnu energiju u slučaju viška, odnosno manjka električne energije. U razmatranje je uzeto postrojenje s plinskim motorom s unutrašnjim izgaranjem. Toplinska nazivana snaga postrojenja iznosi: $P_t = 35 \text{ kW}$, odnos toplinske i električne snage: $N = 0,7$ a električna nazivana snaga postrojenja:

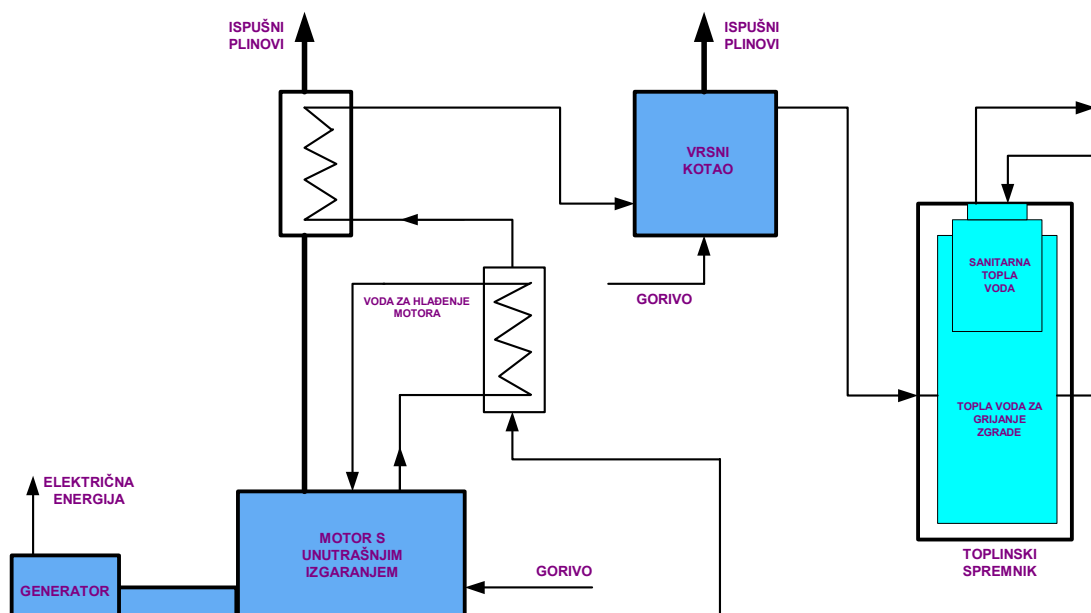
$$P_e = P_t \cdot N \quad [\text{kW}] \quad (28)$$

$$P_e = 24,5 \text{ kW}$$

Kako je odabrana nazivna snaga kogeneracijskog postrojenja od 35 kW_t puno manja od maksimalnog toplinskog opterećenja koje se pojavilo kroz promatrani period [22], da bi se pokrila vršna toplinska opterećenja potrebno je ugraditi vršni kotao koji će ih

pokrivati. Sveukupno učin postrojenja je jednak zbroju nazivne snage kogeneracijskog postrojenja i snage vršnog kotla. Režim rada postrojenja nije povoljan kada ono radi u režimu čestog variranja snage ili prečestog uključivanja i isključivanja. S obzirom da je toplinsko opterećenje promatranog objekta izrazito promjenjivo, pribjeglo se ugradnji spremnika tople vode za grijanje i sanitarnu toplu vodu koji bi na neki način izravnavao krivulju režima rada postrojenja. Višak toplinske energije u određenom trenutku spremao bi se u spremnik, dok bi se u slučaju manjka topline sistem opskrbljivao pohranjenom energijom u spremniku. Ugradnja spremnika doprinijela bi i smanjenu investicijskih troškova jer pravilnim dimenzioniranjem spremnika ne bi bilo potrebe za prevelikim učinkom vršnog kotla.

Za ovaj slučaj izabran je kapacitet spremnika od 80 kWh. Spremnik se zapravo sastoji od dva manja spremnika, onog za vodu potrebnu za grijanje i onog za sanitarnu toplu vodu. Tako da imamo sistem koji se sastoji od glavne komponente: kogeneratora nazivne snage 35 kW_t odnosno 24,5 kW_e, vršnog kotla učina 90 kW_t i spremnika tople vode kapaciteta 80 kW_t. Shema ovakvog postrojenja dana je na slici 27. [20].



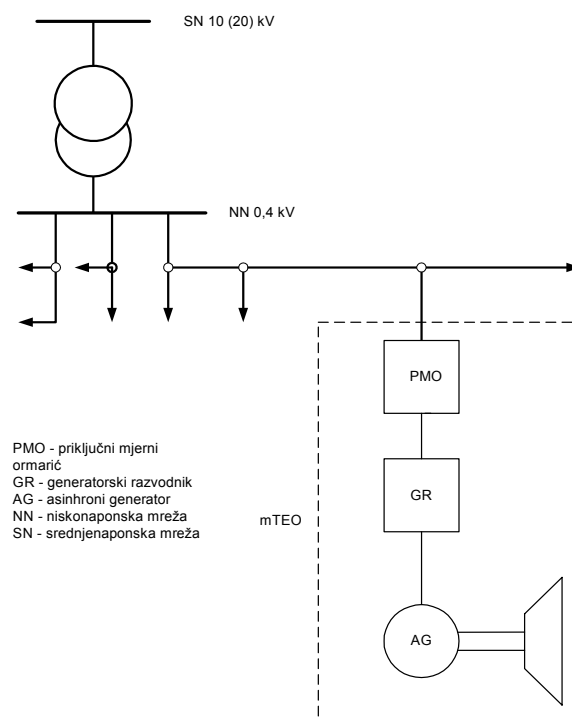
Slika 27. Funkcionalna shema postrojenja

Plinski motor izgaranjem pogoni generator električne energije pri čemu je električna iskoristivost sistema 35%. Jedna trećina toplinske energije dobivene iz goriva kod motora je sadržana u dimnim plinovima temperature oko 540°C.

Osjetna toplina dimnih plinova prelazi u izmjenjivaču topline (kotlu na dimne plinove). Drugi dio od oko 85 - 90% iskoristive energije kod ovakvih kogeneracijskih sistema prenosi se rashladnim sustavom motora preko izmjenjivača topline, na vodu koja cirkulira u sistemu grijanja objekta.

Kogeneracijsko postrojenje, uz eventualno spremanje ili oduzimanje energije iz toplinskog spremnika, pokrivat će cjelokupni raspon toplinskog opterećenja od 0 kW_t do 35 kW_t i to u razinama snage od 19 kW_t, 23 kW_t, 28 kW_t i 35 kW_t ovisno o razini toplinskog opterećenja i napunjenosti toplinskog spremnika u konkretnom satu rada. U slučajevima kada bi opterećenje nadmašivalo 35 kW_t a akumulirana energija bila ispod 60% kapaciteta spremnika, uključivao bi se vršni kotao i na taj način zadovoljavao toplinske potrebe objekta u pojedinom satu.

Kogeneracijsko postrojenje će se priključiti na niskonaponsku mrežu i to izravno na niskonaponski vod, kao što je prikazano na slici 28.



Slika 28. Shema priključenja kogeneratora na niskonaponsku mrežu

Kogeneracijsko postrojenje će u ovom slučaju raditi paralelno s mrežom i isporučivati odnosno uzimati električnu energiju iz mreže. Kod paralelnog rada s elektroenergetskim sustavom niti u jednom trenutku ne smije biti ugrožena opskrba objekta električnom energijom kao ni djelovanje bilo kojeg uređaja u sustavu. Da bi se to osiguralo potrebno je imati sustav automatske regulacije i vođenja postrojenja. Iz podataka mjerenja koji se nalaze u dodatku na CD-u vidi se da je vršna snaga koju zahtijeva potrošnja električne energije zgrade veća od nazivne snage kogeneratora koja iznosi 24,5 kW_e. To znači da će zgrada određenim satima morati kupovati električnu energiju. To potvrđuje i odabrana strategija vođenja postrojenja prema toplinskom opterećenju. S druge strane pokrivanje toplinskog opterećenja uzrokovat će zasigurno i određen višak električne energije i to osobito u zimskim mjesecima kada postrojenje uglavnom radi maksimalnom snagom.

Osnovni podaci koji su dobiveni na osnovu modela koji se nalazi na CD-u prikazani su u tablici 5.

Tablica 5. Godišnji iznosi električne energije

Električna energija	Iznos	Jedinice
ukupno proizvedeno električne energije u godini dana	144940	kWh
ukupno prodano u mrežu (višak) u godini dana	92084,27	kWh
ukupno kupljeno iz mreže (manjak) u godini dana	8511,56	kWh
ukupno potrošeno u godini dana	61367,89	kWh

Iz navedenog vrijedi jednadžba:

$$Q_{e,uk,potrošeno} = O_{e,uk,proizvedeno} + O_{e,uk,kupljeno} - Q_{e,uk,prodano} \quad (29)$$

Iz nje međutim nije bilo moguće odrediti iznos ukupnog viška odnosno manjka električne energije bez prethodnog izračuna viška odnosno manjka za svaki pojedini sat, te njihovog naknadnog zbrajanja kroz period od godine dana.

Da bi se mogla odrediti količina goriva koju postrojenje troši potrebno je uz poznavanje donje ogrjevne vrijednosti goriva poznavati i koliki dio goriva se u kogeneracijskom postrojenju korisno utroši. Drugim riječima potrebno je poznavati stupanj efikasnosti postrojenja. Prema većini izvora, danas se smatra da je električni stupanj iskoristivosti kogeneracijskog postrojenja ovog tipa oko 35%, dok je toplinski stupanj iskoristivosti oko 55%. Zbrajanjem te dvije vrijednosti dobivamo ukupni stupanj iskoristivosti kogeneracijskog postrojenja od:

$$\eta_{kog}=0,9 \text{ ili } 90\%$$

Dakle devedeset posto energije unesene gorivom u kogeneracijsko postrojenje bit će korisno utrošeno. Ostalih deset posto čini gubitke. Na njih otpadaju gubici u generatoru, mehanički i toplinski gubici postrojenja, te gubici osjetne topline dimnih plinova.

7 Proračun za status povlaštenog proizvođača

Nositelj projekta ili proizvođač za svoje postrojenje može steći status povlaštenog proizvođača ako je priključen na elektroenergetsku prijenosnu ili distribucijsku mrežu te proizvodi električnu energiju u:

1. postrojenjima koja koriste obnovljive izvore energije,
2. malim i mikrokogeneracijskim postrojenjima koja ostvaruju uštedu primarne energije ($UPE > 0$),
3. kogeneracijskim postrojenjima koja ostvaruju uštedu primarne energije od najmanje 10% ($UPE \geq 0,10$).

Da bi izračunali uštedu primarne energije potrebno je poznavati prosječnu godišnju učinkovitost korisne toplinske energije i električne energije, zatim električnu energiju proizvedenu u kogeneraciji, korisnu toplinu, godišnju potrošnju primarne energije za pogon kogeneracije i sl. Da bi izračunali potrebne parametre koristit ćemo podatke s CD-a iz diplomskog rada Marka Lipoščaka [22]. Kolega je razmatrao mikrokogeneracijsko postrojenje sa plinskim kotlom, koje kao gorivo troši prirodni plin ili lož ulje. Međutim u našem slučaju se traži da se kao gorivo koristi biomasa. Razmatrana mikrokogeneracija, kako je već ranije rečeno, koristit će se za potrebe stambene zgrade.

Kogeneracijsko mikro postrojenje paralelno je spojeno na električnu mrežu, te isporučuje odnosno uzima električnu energiju u slučaju viška, odnosno manjka električne energije. Ukupna potrebna toplina za razmatranu zgradu određena je orijentaciono i to na način da se cijeli objekt promatra kao jedna prostorija. Postrojenje će raditi oko 3500 sati godišnje punom snagom. Za pokrivanje opterećenja manjeg od 35 kW_t postrojenje će morati raditi u režimu rada djelomičnog opterećenja. Pošto je odabrana nazivna snaga kogeneracijskog postrojenja od 35 kW_t puno manja od maksimalnog toplinskog opterećenja koje se pojavilo kroz promatrani period, da bi se pokrila vršna toplinska opterećenja potrebno je ugraditi vršni kotao koji će ih pokrivati. Sveukupni učin postrojenja sada je jednak zbroju nazivne snage kogeneracijskog postrojenja i nazivne snage vršnog kotla [20].

7.1 Proračun za bioenerganu

Razmatrano mikro-kogeneracijsko postrojenje s plinskim motorom može koristiti samo plin ili tekuće gorivo. Međutim, u ovom proračunu pretpostavljeno gorivo je biomasa, odnosno peleti koji su u krutom stanju. Peleti su odabrani radi jednostavnije nabave i mogućnosti skladištenja. Veliki broj firmi u Hrvatskoj već proizvodi pelete. Međutim, većina je orijentirana na izvoz, jer nemamo dovoljnu veliku potražnju. Prosječna nabavna cijena peleta na našem tržištu kreće se oko 200 €/toni. U ovu cijenu uračunata je cijena prijevoza. Od firmi na našem tržištu koje proizvode drvene pelete poznatije su: Adria Drvo, SAPE d.o.o. Zagreb, Drvenjača iz Mrkoplja zatim klaster Croupelet (19 hrvatskih tvrtki) [23]. Na Europskom tržištu, cijena peleta kreće se od 150 do 200 €/toni ovisno o postotku vlage u peletima [24].

Zbog korištenja biomase u krutom stanju plinski motor više se ne može uzeti u razmatranje. Pretpostavljeno je da je plinski motor zamijenjen s Stirling motorom, a svi drugi parametri ostaju isti. Pogodnost Stirlingova motora je mogućnost korištenja svih vrsta goriva. Pretpostavka je uzeta s obzirom na sljedeće podatke, koji su navedeni u tablici 6.

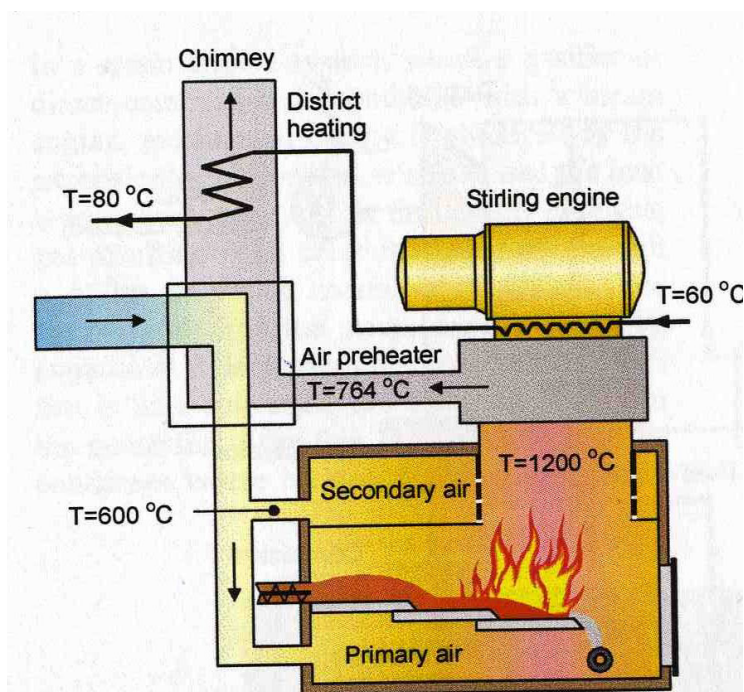
Tablica 6. Tipične tehnološke karakteristike za manje kogeneracijske tehnologije [25]

	Diesel/plin motor	mikro-turbina	Stirling motor	ORC turbina	Parna turbina
Električna snaga (kWe)	15-10000	25-250	10-150	200-1500	20-1000
Električna iskoristivost (%)	30-38	15-35	15-35	10-20	10-20
Toplinska iskoristivost (%)	45-50	50-60	60-80	70-85	40-70
Ukupna iskoristivost (%)	75-85	75-85	80-90	85-95	75-85
Proizvodnja topline (°C)	85-100	85-100, para	60-80	80-100	85-120
Životna dob (h)	25000-60000	50000-75000	50000-60000	?	>50000

Naime, kod kogeneracije na plinski motor električni stupanj iskoristivosti kreće se oko 35%, dok je toplinski stupanj iskoristivosti oko 55 %. Kod Stirlinga kao što se vidi električni stupanj iskoristivosti je od 15 do 35 %, a toplinski 60 do 80 %. Međutim, ukupna efikasnost kod jedne i druge kogeneracije kreće se oko 90%. Na osnovu tih podataka uzete su sljedeće pretpostavke:

- ukupno proizvedena i potrošena električna energija jednaka je energiji iz ranije navedenog razmatranja,
- ukupna prodana i kupljena električna energija jednaka je energiji iz ranije navedenog razmatranja,
- energetska vrijednost potrošenog goriva jednaka je energetske vrijednosti iz ranije navedenih razmatranja.

Na osnovu ovih pretpostavki podaci [22] dobiveni mjerenjem bit će relevantni za proračun. Stirlingov motor je obećavajuća alternativa za manju proizvodnju električne energije. Sistem se temelji na zatvorenom kružnom procesu. Prednost Stirling motora u usporedbi s motorima s unutrašnjim izgaranjem je u tome što se toplina ne proizvodi u kružnom procesu izgaranja goriva unutar cilindra, već prijenosom izvana kroz izmjenjivač topline, na isti način kao kod parnog kotla. Sistem sa Stirlingovim motorom možemo praktički upotrijebiti za sva goriva. Tehnologija Stirling motora smatra se kao jedna od obećavajućih tehnologija za kogeneracije na biomasu [25]. Funkcionalna shema mikrokogeneracije s Stirling motorom prikazana je na slici 29.



Slika 29. Mikrokogeneracija sa Stirling motorom

Uštedu primarne energije u ovom slučaju nije potrebno računati prema opisanom proračunu u Pravilniku za stjecanje statusa povlaštenog proizvođača električne energije.

Naime, prema članku 7. Tarifnog sustava za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije razmatrano postrojenje ima pravo na poticajnu cijenu 0,95 kn/kWh za vrijeme trajanja više i niže dnevne tarifne stavke [31].

7.2 Proračun za kogeneraciju, sa i bez izgaranja biomase

U diplomskom zadatku se traži proračun kogeneracijskog postrojenja sa i bez suizgaranja biomase i prirodnog plina. Tako da se u ovom proračunu razmatraju dva slučaja, odnosno dva postrojenja. Prvi slučaj kada je pretpostavljeno kogeneracijsko postrojenje s motorom s unutrašnjim izgaranjem koje kao gorivo koristi prirodni plin. Drugi slučaj je kada je

pretpostavljeno kogeneracijsko postrojenje sa Stirling motorom, koje kao gorivo koristi prirodni plin i 10% biomase, odnosno pelete.

Da bi mogli odrediti da li kogeneracija može ući u sustav poticanja, najprije treba odrediti uštedu primarne energije. Način izračuna uštede primarne energije propisan je Pravilnikom o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije.

Godišnja potrošnja primarne energije za pogon kogeneracijskog postrojenja izračunava se kao suma umnoška donje ogrjevne vrijednosti i ukupne godišnje količine goriva.

$$Q = \sum_{i=1}^n H_{d,i} \cdot B_i \text{ [MJ]} \quad (30)$$

Za kogeneraciju na prirodni plin: $Q = 1355288,73$ [MJ]

za kogeneraciju prirodni plin + 10% biomase: $Q = 1355288,73$ [MJ]

gdje je:

$H_d = 33,338 \text{ MJ/m}^3$ - donja ogrjevna vrijednost prirodnog plina, prema PLINCRO [27]

B – ukupna godišnja količina svakog od n goriva;

Godišnja potrošnja primarne energije iz fosilnih goriva za pogon kogeneracijskog postrojenja izračunava se kao suma umnožaka donje ogrjevne vrijednosti i ukupne godišnje količine svakog od fosilnih goriva. U slučaju kogeneracijskog postrojenja na prirodni plin nema dopunskog izgaranja otpada, biomase, tekućih biogoriva ili bioplina, a pri računanju pokazatelja energetske učinkovitosti kogeneracije uzima se u obzir potrošnja samo fosilnih goriva. Stoga za prvi slučaj možemo reći da je potrošnja primarne energije Q jednaka potrošnji primarne energije iz fosilnih goriva. Međutim, u slučaju kogeneracije na prirodni plin i 10% biomase godišnja potrošnja primarne energije iz fosilnih goriva razlikuje se od godišnje potrošnje primarne energije.

$$Q_f = \sum_{i=1}^{n_f} H_{d,i} \cdot B_i \text{ [MJ]} \quad (31)$$

za kogeneraciju na prirodni plin: $Q = Q_f = 1355288,73$ [MJ]

za kogeneraciju prirodni plin + 10% biomase: $Q_f = 1219759,85$ [MJ]

Ukupna godišnja proizvedena toplina je toplina godišnje proizvedena u kogeneracijskom postrojenju, što znači da je to zbroj godišnje topline proizvedene u kogeneratoru i godišnje topline koju proizvede vršni kotao. Mjeri se na granici postrojenja. Ista je za oba razmatrana slučaja:

za kogeneraciju na prirodni plin: $H_u = 745409$ [MJ]

za kogeneraciju prirodni plin + 10% biomase: $H_u = 745409$ [MJ]

Ukupna godišnja proizvedena električna energija u kogeneracijskom postrojenju je izmjerena električna energija na stezaljkama glavnih generatora i izražava se u MWh. Također je jednaka za oba razmatrana slučaja, pa je:

za kogeneraciju na prirodni plin: $E_u = 144,94$ [MWh]

za kogeneraciju prirodni plin + 10% biomase: $E_u = 144,94$ [MWh]

Ukupna učinkovitost kogeneracijskog postrojenja definirana je izrazom i jednaka je za oba slučaja kogeneracije:

$$\eta_u = \frac{3600 \cdot E_u + H_u}{Q} \quad (32)$$

za kogeneraciju na prirodni plin: $\eta_u = 0,94$

za kogeneraciju prirodni plin + 10% biomase: $\eta_u = 0,94$

Toplina proizvedena u kogeneracijskom postrojenju izvan kogeneracije je u našem slučaju toplina proizvedena u vršnom kotlu. Ona je također jednaka za oba slučaja, te iznosi:

za kogeneraciju na prirodni plin: $H_b = 335016$ [MJ]

za kogeneraciju prirodni plin + 10% biomase: $H_b = 335016$ [MJ]

Gubici topline zbog kogeneracije su ukupni godišnji gubici nastali pri korištenju proizvedene topline koji prelaze tehnološki opravdane gubitke, npr. prekomjerni gubici nastali u distribucijskom sustavu. Međutim, u ovom slučaju nastale gubitke ćemo zanemariti jer kogeneracija se nalazi u stambenoj zgradi tako da nema distribucijskih gubitaka. Naime, gubitke koji nastaju distribucijom topline kroz cijevi unutar zgrade, ne uzimamo kao gubitke, jer kod početne simulacije proračuna pretpostavljeno je da se cijela zgrada promatra kao cjelina, a ne kao sustav od 20 jedinica (stanova). Za oba slučaja proračuna kogeneracije oni se zanemaruju.

za kogeneraciju na prirodni plin: $H_g = 0$ [MJ]

za kogeneraciju prirodni plin + 10% biomase: $H_g = 0$ [MJ]

Povratna toplina je ukupna godišnja toplina povratnog kondenzata, mjeri se na granici postrojenja i izražava u MJ. To je toplina koja se vraća od spremnika tople vode nazad u proces. Kako je kod izračuna akumulacije spremnika ova toplina već uzeta u obzir [22] kroz proračun, stoga se u ovom dijelu proračuna zanemaruje:

za kogeneraciju na prirodni plin: $H_p = 0$ [MJ]

za kogeneraciju prirodni plin + 10% biomase: $H_p = 0$ [MJ]

Korisna toplina proizvedena u kogeneracijskom postrojenju u procesu kogeneracije je toplinska energija proizvedena u procesu kogeneracije koja se koristi u tehnološkim procesima, procesima grijanja ili sekundarnim procesima hlađenja (trigeneracija) koja ne prelazi ekonomski opravdanu potražnju, odnosno potražnju koja nije veća od one koja bi se pokrila nekim zamjenskim izvorom toplinske energije. U našem slučaju može se reći da je to stvarno potrošena toplina za grijanje i sanitarnu vodu minus toplina proizvedena u vršnom kotlu.

$$H_k = H_u - H_b - H_g - H_p \quad [\text{MJ}] \quad (33)$$

za kogeneraciju na prirodni plin: $H_k = 1032868,61 \quad [\text{MJ}]$

za kogeneraciju prirodni plin + 10% biomase: $H_k = 1032868,61 \quad [\text{MJ}]$

Električna energija proizvedena u kogeneraciji je električna energija proizvedena u procesu kogeneracije i izražava se u MWh. Proizvodnja električne energije iz kogeneracije smatra se jednakoj ukupnoj godišnjoj proizvodnji električne energije, E_u , u danom postrojenju mjereno na stezaljkama glavnih generatora u kogeneracijskim postrojenjima s ukupnom učinkovitošću η_u većom ili jednakom 75% na godišnjoj razini [18]. Ukupna učinkovitost u ovom slučaju je veća od 75%, pa stoga za oba proračuna vrijedi:

za kogeneraciju na prirodni plin: $E_k = E_u \quad (34)$

za kogeneraciju prirodni plin + 10% biomase: $E_k = E_u \quad (35)$

Ukupna godišnja energetska učinkovitost je pokazatelj učinkovitosti pretvorbe primarne energije u električnu energiju i korisnu toplinsku energiju definirana je izrazom i jednaka je za oba slučaja proračuna:

$$\eta_k = \frac{3600 \cdot E_k + H_k}{Q} \quad (36)$$

za kogeneraciju na prirodni plin: $\eta_k = 1,15$

za kogeneraciju prirodni plin + 10% biomase: $\eta_k = 1,15$

Prosječna godišnja učinkovitost proizvodnje električne energije kogeneracijskog postrojenja je definirana je izrazom:

$$\eta_e = \frac{3600 \cdot E_k}{Q_f} \quad (37)$$

za kogeneraciju na prirodni plin: $\eta_e = 0,39$

za kogeneraciju prirodni plin + 10% biomase: $\eta_e = 0,43$

Prosječna godišnja učinkovitost proizvodnje korisne toplinske energije kogeneracijskog postrojenja definira se kao:

$$\eta_t = \frac{H_k}{Q_f} \quad (38)$$

za kogeneraciju na prirodni plin: $\eta_t = 0,76$

za kogeneraciju prirodni plin + 10% biomase: $\eta_t = 0,85$

Ušteda primarne energije (UPE) je pokazatelj energetske učinkovitosti kogeneracije, koji se izražava kao relativna ušteda iskorištenja energije goriva u odnosu na ekvivalentnu proizvodnju u odvojenim referentnim postrojenjima definirana je izrazom [18]:

$$UPE = 1 - \frac{1}{\frac{\eta_e}{\eta_{ref,e}} + \frac{\eta_t}{\eta_{ref,t}}} \quad (39)$$

za kogeneraciju na prirodni plin: $UPE = 0,37$

za kogeneraciju prirodni plin + 10% biomase: $UPE = 0,43$

Izračunom uštede primarne energije možemo utvrditi da li razmatrana postrojenja mogu steći status povlaštenog proizvođača. U oba slučaja proračuna $UPE > 0$, što znači da oba pretpostavljena postrojenja imaju pravo na status povlaštenog proizvođača električne energije. Zahtjev za stjecanje statusa podnosi se Hrvatskoj energetskej regulatornoj agenciji. Na osnovu rješenja o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača nositelj projekta pretpostavljenih postrojenja može sklopiti ugovor s HROTE o otkupu električne energije po povlaštenoj tarifi. Prema tarifnom sustavu za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije, za kogeneracijska postrojenja do 50 kW visina tarifne stavke za vrijeme trajanja više tarife iznosi 0,61 kn/kWh a za vrijeme trajanja niže tarife 0,32 kn/kWh.

8 Ekonomska analiza

Kako bi odredili godišnji iznos ušteda zbog vlastite proizvodnje električne energije treba prije svega definirati cijenu električne energije koja se kupuje iz mreže, te cijenu po kojoj bi se eventualni višak proizvedene električne energije isporučivao u mrežu. Tarifnim sustavom za usluge elektroenergetskih djelatnosti koje se obavljaju kao javne usluge¹⁴ propisana je cijena električne energije. Svakom je kupcu omogućen odabir tarifnog modela koji najviše odgovara njegovom načinu potrošnje. Modeli su podijeljeni po naponskim razinama, odnosno po kategorijama potrošnje [29]. Cijene po kojima HEP ODS d.o.o. prodaje električnu energiju za kategoriju poduzetništvo za kupce na niskom naponu prikazane su u tablici 7. Kod zimskog računanja vremena VT (visoka tarifa) obračunava se od 07 do 21 sat, a NT (niska tarifa) obračunava se od 21 do 07 sati [30]. Kod ljetnog računanja vremena VT obračunava se od 08 do 22 sata, a NT od 22 do 08 sati. Zimsko računanje vremena počinje posljednje nedjelje u listopadu tako da oduzimamo jedan sat, tj. kazaljke sata pomičemo jedan sat unatrag u odnosu na "staro" vrijeme. Ljetno računanje vremena počinje posljednje nedjelje u ožujku tako da dodajemo jedan sat, tj. kazaljke sata pomičemo jedan sat unaprijed u odnosu na "staro" vrijeme.

Tablica 7. Cijena električne energije za poduzetništvo (bez PDV-a)

Obračunski element	Tarifne stavke		Kategorija/tarifni model				
	Jed. mjere	Dnevni	Poduzetništvo				
			Žuti (Javna rasvjeta)	Plavi	Bijeli	Crveni	Narančasti
Snaga	kn/kW					31,5	
Radna energija	kn/kW	VT	0,47	0,58	0,61	0,55	0,85
		NT	-	-	0,32	0,25	-
Jalova energija	kn/kvarh		-	0,16	0,16	0,16	-
Mjesečna naknada	kn/mj		31,50	63,00	63,00	63,00	-

¹⁴ Tarifni sustav za usluge elektroenergetskih djelatnosti koje se obavljaju kao javne usluge stpio je na snagau od 01.09.2005. godine

Za izračun cijene električne energije po kojoj HEP ODS d.o.o. prodaje električnu energiju odabran je Crveni tarifni model. Taj model mogu izabrati samo kupci kategorije poduzetništvo koji su spojeni na niski napon, te imaju instalirano brojilo s mjerenjem snage. Prema tome, prodajna cijena električne energije za VT iznosi 0,55 kn/kWh, a za NT 0,25 kn/kWh. Ove cijene električne energije su vrlo niske u odnosu na cijene električne energije u Europi, stoga se u vrlo skoroj budućnosti očekuje podizanje prodajnih cijena.

Cijena otkupa električne energije iz obnovljivih izvora energije i visokoučinkovite kogeneracije određena je Tarifnim sustavom za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije kojeg je donijela Vlada RH a predložilo Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva. Ovaj tarifni sustav stupa na snagu 1.07.2007. godine.

Otkupna cijena električne energije za visokoučinkovita kogeneracijska postrojenja do 50 kW odnosno, za pretpostavljeno mikrokogeneracijsko postrojenje koje koristi prirodni plin te prirodni plin i 10 % biomase, za vrijeme trajanja VT iznosi 0,61 kn/kWh a za vrijeme trajanja niže tarife 0,32 kn/kWh [31].

Visina poticajne cijene otkupa električne energije proizvedene iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije, za vrijeme trajanja ugovora o otkupu električne energije, godišnje se korigira za indeks cijena na malo, na način da se poticajna cijena iz prethodne kalendarske godine pomnoži s godišnjim indeksom cijena na malo za prethodnu kalendarsku godinu, odnosno [31]:

$$C_{Goie} = C_{Goie} \cdot ICM_{Goie-1} \quad (40)$$

gdje je:

C_{Goie} - poticajna cijena za tekuću kalendarsku godinu,

C_{Goie-1} - poticajna cijena za prethodnu kalendarsku godinu, za 2007. godinu predstavlja visinu tarifne stavke C iz članka 4. stavka 1. Tarifnog sustava,

ICM_{Goie-1} - godišnji indeks cijena na malo prema službenim podacima Državnog zavoda za statistiku za prethodnu kalendarsku godinu,

G_{oie} - indeks godine, najmanja vrijednost 2008. godine.

Za pretpostavljenu energanu koja koristi biomasu, odnosno pelete kao gorivo, prema Tarifnom sustavu, cijena otkupne električne energije iznosi 0,95 kn/kWh za vrijeme trajanja više i niže dnevne tarife.

Visina poticajne cijene električne energije proizvedene iz kogeneracijskih postrojenja za vrijeme važenja ugovora o otkupu električne energije korigira se prema sljedećem izrazu [31]:

$$C_{Gk,m} = f_{Gk,m} \cdot C \quad (41)$$

gdje je:

$C_{Gk,m}$ - poticajna cijena za tekuću kalendarsku godinu G_k i obračunsko razdoblje u mjesecu koji prethodi obračunu m ,

C - visina tarifne stavke definirana je u članku 4. stavku 2. Tarifnog sustava,

$f_{Gk,m}$ - korekcijski faktor za godinu G_k i obračunsko razdoblje m utvrđuje se prema sljedećem izrazu:

$$f_{Gk,m} = k \cdot \frac{PPC_{Gk-1}}{PPC_{2006}} + (1 - k) \cdot \frac{CPLIN_m}{CPLIN_{2006}} \quad (42)$$

gdje je:

PPC_{2006} - prosječna proizvodna cijena električne energije u 2006. godini u Republici Hrvatskoj koju koristi operator tržišta za obračun proizvedene električne energije iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije i kogeneracijskih postrojenja,

PPC_{Gk-1} - prosječna proizvodna cijena električne energije u prethodnoj godini u Republici Hrvatskoj koju koristi operator tržišta za obračun proizvedene električne energije iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije i kogeneracijskih postrojenja,

$CPLIN_m$ - prodajna cijena prirodnog plina određena tarifnim sustavom za dobavu prirodnog plina za tarifne kupce, važeća u mjesecu koji prethodi obračunu,

$CPLIN_{2006}$ - prodajna cijena prirodnog plina određena tarifnim sustavom za dobavu prirodnog plina za tarifne kupce, važeća u posljednjem tromjesečju 2006. godine,

G_k - indeks godine, najmanja vrijednost 2007. godine, a m je indeks obračunskog razdoblja u godini,

k - težinski faktor, $k = 0,25$.

Pretpostavljeno je da će početna cijena iz 2007. godine biti konstantna kroz period od 12 godina, koliko traje ugovor o otkupu električne energije s Hrvatskim operatorom tržišta.

S obzirom na predviđanja da će cijena električne energije rasti, a također i cijena prirodnog plina, pretpostavka nije realna. Međutim, ukoliko bi radili analizu osjetljivosti rasta cijena električne energije i prirodnog plina, to bi zahtijevalo dodatne analize i proračune koji nisu tema ovog diplomskog rada.

8.1 Troškovi investicije energane i kogeneracijskog postrojenja

Troškovi investicije mikrokogeneracijskog postrojenja sa Stirling motorom kreću se od 1000 do 4800 USD/kW_e dok kod mikrokogeneracijskog postrojenja s motorom s unutrašnjim izgaranjem kreću se od 800 do 1200 USD/kW_e [35]. Kako se vidi, troškovi investicije mikrokogeneracije sa Stirling motorom su nešto skuplji, iako je ovdje pretpostavljeno da su jednaki jer tema ovog diplomskog rada nije utvrditi koja tehnologija je isplativija u odnosu na investicijske troškove već proračun statusa povlaštenog proizvođača i prihodi tijekom trajanja povlaštenog statusa.

Da bi ekonomska analiza opravdanosti ulaganja u mikrokogeneracijsko postrojenje bila valjana, potrebno je na što precizniji način utvrditi troškove investicije u postrojenje. Ovi troškovi, uz troškove goriva i troškove održavanja postrojenja, čine skup najznačajnijih čimbenika koji određuju ekonomsku prihvatljivost postrojenja. Investicijski troškovi

ovise prije svega o vrsti i veličini kogeneracijskog postrojenja, vrsti korištenog goriva, te tehničkim i ekološkim zahtjevima koji se postavljaju kao preduvjet izgradnje [34].

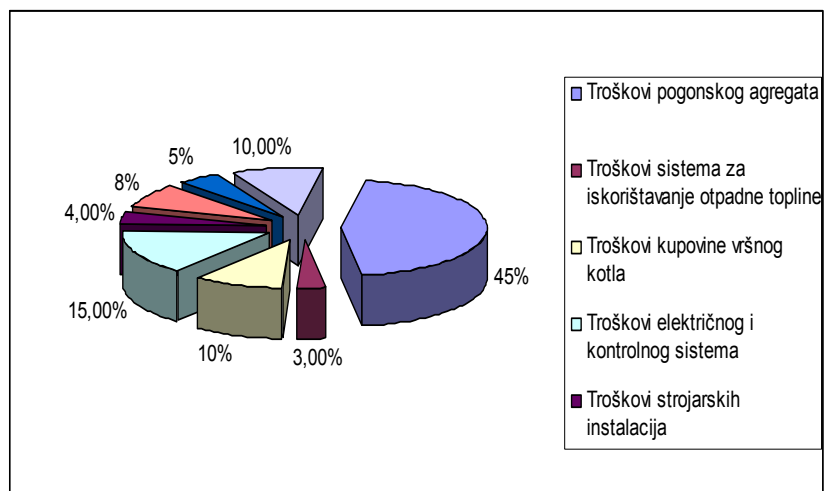
Investicijski troškovi sastoje se od troškova za kupnju opreme, te troškova za inženjering, upravljanje i vođenje projekta. Troškovi opreme se pri tome najčešće razlažu na [20]:

- Troškove pogonskog agregata – u ovom slučaju motora, generatora i njihovih pomoćnih uređaja; 40 - 50%,
- Troškove sistema za iskorištavanje otpadne topline – u ovom slučaju to je kotao na ispušne plinove; 2 - 3%,
- Troškove kupovine vršnog kotla; 5 - 10%,
- Troškove električnog i kontrolnog sistema – regulacija, upravljanje, zaštita; 8 - 15%,
- Troškove strojarskih instalacija – armatura, ventili, pumpe, izolacija i dr.; 2 - 4%.

Troškovi za inženjering, upravljanje i izvođenje projekta sastoje se od:

- Troškova za inženjering i vođenje projekta; 4-8%
- Troškova dozvola i ostalih davanja; 1-5%
- Ostalih troškova; 3-7%

Udio pojedinih troškova kao što vidimo varira. To ovisi prije svega o veličini postrojenja. Općenito se može reći da udio troškova pogonskog agregata u pravilu raste s porastom veličine, odnosno snage postrojenja, dok sa smanjenjem veličine postrojenja raste udio troškova električnih i kontrolnih sistema, strojarskih instalacija, a posebno rastu troškovi inženjeringa i vođenja projekta.



Slika 30. Raspodjela investicijskih troškova za pojedine dijelove kogeneracijskog postrojenja [20]

U pravilu, iznos investicijskih ulaganja uvijek se svodi na električnu snagu kogeneracijskog postrojenja. Samo po sebi se razumije da su jedinični investicijski troškovi veći za postrojenja manje snage od onih za veće snage.

8.2 Troškovi investicije u odvojenoj proizvodnji energije

Pošto je razmatrani objekt novogradnja, moguće su dvije varijante njegove opskrbe energijom, kogeneracijsko postrojenje ili odvojena opskrba energijom. Troškovi investicije pri odvojenoj opskrbi energije svode se na troškove ugradnje sustava za centralno grijanje, pošto se električna energija u ovom slučaju kupuje iz mreže.

Ovi troškovi sastoje se od:

- Troškova kupnje kotla za centralno grijanje,
- Troškova sistema automatske regulacije,
- Troškova spremnika goriva,
- Troškova inženjeringa, nadzora i izvođenja projekta,
- Ostalih troškova.

Prema jednom uobičajenom troškovniku za sisteme centralnog grijanja napravljena je tablica 8. koja sadrži specifikaciju investicijskih troškova u kotlovnici za centralno grijanje od 90 kW_t.

Tablica 8. Troškovi kotlovnice 135 kW [20]

Vrsta	Trošak [kn]
Kotao za centralno grijanje	60.000,00
Sistem automatske regulacije	7.000,00
Spremnik goriva	6.000,00
Inženjering, nadzor i izvođenje projekta	30.000,00
Ostalo	14.000,00
Ukupni investicijski troškovi	117.000,00

8.3 Razlika u investicijskim troškovima zbog primjene kogeneracije

Investicijski troškovi pojavljuju se samo na početku, dakle neposredno nakon donošenja odluke o investiranju. Troškovi održavanja i troškovi zbog povećanja potrošnje goriva se, međutim, pojavljuju na godišnjoj razini tijekom životnog vijeka sistema. Pošto je u ovom slučaju riječ o novom objektu, za pretpostaviti je da bi u slučaju bez primjene kogeneracije trebalo investirati u sistem centralnog grijanja. Stoga, da bi se dobila stvarna suma novaca koju je potrebno dodatno investirati ako se za pokrivanje energetske potreba objekta odabere mikrokogeneracija, potrebno je od troškova investicije u mikrokogeneraciji oduzeti eventualne troškove investicije u sistem centralnog grijanja [20]:

$$T_{\text{investicije}} = T_{\text{inv,kogeneracije}} - T_{\text{inv,kotla}} \quad (43)$$

8.4 Troškovi zbog povećanja potrošnje goriva

Primjena mikrokogeneracijskog postrojenja na promatranom objektu uzrokuje znatno povećanje potrošnje goriva u odnosu na primjenu odvojene proizvodnje energije odnosno sistema za centralno grijanje. Povećana potrošnja goriva rezultira i povećanjem troškova za gorivo. Ovi troškovi zbog toga imaju značajan udio u ukupnim godišnjim troškovima zbog ulaganja u mikrokogeneracijsko postrojenje.

Troškove zbog povećanja goriva moguće je dobiti množenjem cijene goriva i iznosa godišnje razlike u potrošnji goriva[20]:

kogeneracija na prirodni plin:
$$T_{\text{gor,pl}} = C_{\text{pl}} \cdot V_{\text{pl,razlika}} \quad (44)$$

kogeneracija na prirodni plin i 10 % biomase:
$$T_{\text{gor,pl-bio}} = C_{\text{pl}} \cdot V_{\text{pl,razlika}} + C_{\text{bio}} \cdot V_{\text{bio,razlika}} \quad (45)$$

energana na biomasu:
$$T_{\text{gor,bio}} = C_{\text{bio}} \cdot V_{\text{bio,razlika}} \quad (46)$$

gdje je:

$$C_{\text{pl}} = 2,1361 \text{ kn/m}^3 \text{ - cijena prirodnog plina, GPZ [36],}$$

$$C_{\text{bio}} = 1,36 \text{ kn/kg} \text{ - cijena biomase/peleti,[37].}$$

Iznosi zbog povećanja potrošnje goriva su:

$$T_{\text{goriva,plin}} = 34234 \quad \text{kn/god}$$

$$T_{\text{goriva,plin-biomasa}} = 37187 \quad \text{kn/god}$$

$$T_{\text{goriva,biomsa}} = 63761 \quad \text{kn/god}$$

Tablica 9. Izračun troškova zbog povećane potrošnje goriva

Efikasnost klasičnog kotla		0,85	
Efikasnost kogeneratora		0,35	
Toplinska efikasnost kogeneratora		0,55	
Ukupna efikasnost kogeneratora		0,90	
Donja ogrjevna vrijednost prirodnog plina		33338	kJ/m ³
Donja ogrjevna vrijednost biomase		16800	kJ/m ³
Cijena plina Gradska plinara Zagreb		2,1361	kn/m ³
Cijena biomase		1,36	kn/m ³
PLIN	Ukupno potrošeno goriva s klasičnim kotlom	36449,08	m ³
	Potrošnja vršnog kotla	11822,44	m ³
	Ukupno potrošeno goriva s kogeneratorom	52475,41	m ³
	Trošak goriva s klasičnim kotlom	77858,89	kn
	Trošak goriva s kogeneracijom	112092,72	kn
	Dodatni trošak goriva s kogeneracijom	34233,84	kn
PLIN + BIOMASA	Ukupno potrošeno goriva s klasičnim kotlom	36449,08	m ³
	Ukupno potrošeno plina u kogeneraciji	47227,87	m ³
	Ukupna potrošnja biomase u kogeneraciji	10413,25	kg
	Trošak plina s klasičnim kotlom	77858,99	kn
	Trošak plina s kogeneracijom	100883,45	kn
	Trošak za biomasu	14162,01	kn
	Ukupni trošak kogeneracije s plinom i biomasom	115045,46	kn
	Dodatni trošak u odnosu na klasični kotao	37186,58	kn
BIOMASA	Ukupno potrošeno goriva s klasičnim kotlom	36449,08	m ³
	Potrošnja vršnog kotla	23460,50	kg
	Ukupno potrošeno biomase s kogeneratorom	104132,45	kg
	Trošak goriva s klasičnim kotlom	77858,69	kn
	Trošak goriva s kogeneracijom	141620,14	kn
	Dodatni trošak goriva s kogeneracijom	63761,25	kn

8.5 Uštede zbog vlastite proizvodnje električne energije

Glavna korist od investiranja u kogeneracijsko postrojenje predstavljaju uštede koje se javljaju kao posljedica veće efikasnosti kogeneracijske proizvodnje u odnosu na odvojenu proizvodnju energije. Da bi se dobile godišnje uštede zbog vlastite proizvodnje električne energije, potrebno je uzeti u obzir dva slučaja. Prvi slučaj je onaj sa odvojenom proizvodnjom električne energije, kada je svu potrošenu električnu energiju potrebno kupiti. Drugi slučaj je upotreba kogeneracije kada je zbog vlastite proizvodnje potrebno kupiti samo dio potrošene električne energije, dok se jedan određen iznos i isporuči odnosno proda u elektroenergetski sustav. Obračun troškova za električnu energiju sastoji se od određivanja troškova za energiju i snagu. Slijedi obračun troškova za električnu energiju po tarifnom sustavu HEP ODS-a za prvi slučaj kada se kupuje sva potrošena energija. Troškovi u slučaju klasičnog kotla su isti za kogeneraciju na prirodni plin, kogeneraciju na prirodni plin i 10 % biomase i energanu na biomasu.

Tablica 10. Troškovi električne energije u slučaju da se sva kupuje (klasični kotao)

KLASČNI KOTAO	Godišnja potrošnja objekta:	61367	[kWh]
	Godišnja potrošnja po stanu:	3068,39	[kWh]
	Troškovi za potrošenu energiju:	27120,77	[kn/god]
	Troškovi snage	4242	[kn/god]
	Ukupni godišnji troškovi (snage i energije)	31362,76	[kn/god]
	Ukupni godišnji troškovi s PDV-om	38262,57	[kn/god]

Postupak obračuna troškova za električnu energiju za slučaj kada se koristi kogeneracija na prirodni plin, prirodni plin i 10% biomase, te energana na biomasu identičan je prethodnom obračunu. Mala razlika postoji samo kod proračuna obračunske snage zbog manje godišnje potrošnje energije.

Iznos viška za prodaju električne energije u elektroenergetski sustav je isti za sva tri slučaja proračuna, jer je pretpostavljeno početno stanje isto. Međutim, iznos od prodaje viška električne energije razlikuje se za pretpostavljeno kogeneracijsko postrojenje i

energanu na biomasu. Naime, otkupna cijena električne energije za kogeneraciju na prirodni plin iznosi za vrijeme trajanja više tarife 0,61 kn/kWh a za vrijeme trajanja niže tarife 0,32 kn/kWh. Također otkupna cijena za kogeneraciju na prirodni plin i 10% biomase iznosi 0,61 kn/kWh za VT, odnosno 0,32 kn/kWh za NT. Naime, prema Tarifnom sustavu kogeneracije koje suizgaraju fosilna goriva i biomasu, imaju pravo na poticaj po tarifama za kogeneracijska postrojenja. Jedino u slučaju kada energetska udio fosilnih goriva ne prelazi 10% od ukupne energetske vrijednosti goriva tada se obračunavaju po tarifi za biomasu. U našem pretpostavljenom kogeneracijskom postrojenju sa suizgaranjem biomase u iznosu od 10%, i gdje energetska udio fosilnih goriva iznosi 90%, poticajna cijena se obračunava po tarifi za kogeneraciju.

Način izračuna prihoda od viška električne energije zbog korištenja kogeneracije sa i bez suizgaranja prirodnog plina i biomase i energane na biomasu može se izraziti:

$$\text{kogeneracija na prirodni plin:} \quad U_{\text{višak}} = Q_{\text{višak,VT}} \cdot 0,61 + Q_{\text{višak,NT}} \cdot 0,32 \quad (47)$$

$$\text{kogeneracija na plin i 10 \% biomase:} \quad U_{\text{višak}} = Q_{\text{višak,VT}} \cdot 0,61 + Q_{\text{višak,NT}} \cdot 0,32 \quad (48)$$

$$\text{energana na biomasu:} \quad U_{\text{višak}} = Q_{\text{višak,VT}} \cdot 0,95 + Q_{\text{višak,NT}} \cdot 0,95 \quad (49)$$

Iznos ušteda zbog korištenja kogeneracije odnosno energane na biomasu prikazan je u (Tablicama 11., 12., 13.).

Tablica 11. Ušteda zbog korištenja kogeneracije na prirodni plin

Kogeneracija na prirodni plin	Višak za prodaju:	92084,27	[kWh]
	Godišnja potrošnja objekta:	8511,56	[kWh]
	Godišnja potrošnja po stanu:	425,58	[kn/god]
	Troškovi za potrošenu energiju:	3436	[kn/god]
	Troškovi snage:	811,14	[kn/god]
	Ukupni godišnji troškovi (snage i energije):	4247,14	[kn/god]
	Ukupni godišnji troškovi s PDV-om:	5181,51	[kn/god]
	Prihod od prodaje viška:	44352,67	[kn/god]
	Ušteda zbog korištenja kogeneracije	77433,73	[kn/god]

Tablica 12. Uštede zbog korištenja kogeneracije na prirodni plin i 10% biomase

Kogeneracija na prirodni plin i 10% biomase	Višak za prodaju:	92084,27	[kWh]
	Godišnja potrošnja objekta:	8511,56	[kWh]
	Godišnja potrošnja po stanu:	425,58	[kn/god]
	Troškovi za potrošenu energiju:	3436	[kn/god]
	Troškovi snage:	811,14	[kn/god]
	Ukupni godišnji troškovi (snage i energije):	4247,14	[kn/god]
	Ukupni godišnji troškovi s PDV-om:	5181,51	[kn/god]
	Prihod od prodaje viška:	44352,67	[kn/god]
	Ušteda zbog korištenja kogeneracije	77433,73	[kn/god]

Tablica 13. Uštede zbog korištenja energane na biomasu

Energana na biomasu	Višak za prodaju:	92084,27	[kWh]
	Godišnja potrošnja objekta:	8511,56	[kWh]
	Godišnja potrošnja po stanu:	425,58	[kn/god]
	Troškovi za potrošenu energiju:	3436	[kn/god]
	Troškovi snage:	811,14	[kn/god]
	Ukupni godišnji troškovi (snage i energije):	4247,14	[kn/god]
	Ukupni godišnji troškovi s PDV-om:	5181,51	[kn/god]
	Prihod od prodaje viška:	5181,51	[kn/god]
	Ušteda zbog korištenja kogeneracije	120561,11	[kn/god]

Godišnje uštede zbog vlastite proizvodnje jednake su razlici troškova za električnu energiju odvojene proizvodnje i kogeneracije/energane, a još joj treba pridodati i iznos dobiven od prodaje električne energije:

$$\text{kogeneracija na prirodni plin: } U_{ukupno,plin} = T_{uk.2} - T_{uk.2} + U_{višak} \quad (51)$$

$$\text{kogeneracija na plin i 10 \% biomase: } U_{ukupno,plin-biomasa} = T_{uk.2} - T_{uk.2} + U_{višak} \quad (52)$$

$$\text{energana na biomasu: } U_{biomasa} = T_{uk.2} - T_{uk.2} + U_{višak} \quad (53)$$

8.6 Analiza isplativosti ulaganja u mikrokogeneracijsko postrojenje

Metode proračuna isplativosti investiranja temelje se na principu prirasta financijskih sredstava u vremenu. One uzimaju u obzir vrijednost novca u vremenu koja bitno utječe na očekivane rezultate. Polazeći od dugoročnosti investicije u kogeneracijsko postrojenje u obzir se uzimaju svi troškovi i prihodi tijekom životnog vijeka postrojenja. Bitno je da u proračunu nisu važne samo sume troškova i prihoda nego i vrijeme njihova pojavljivanja. Novčani iznosi, koji se pojavljuju u isto vrijeme, mogu se usporediti samo ako se diskontiraju na isti vremenski interval. U pravilu je svejedno na koji ćemo način vremenski trenutak svesti u proračun, bitno je samo da se svode na isti interval. Praksa je pokazala da je najbolje troškove i prihode svesti na samo vrijeme prije investiranja, tj. vrijeme kada je donesena odluka o investiciji. Metode koje će se u ovom slučaju koristiti za ocjenu isplativosti investiranja u mikrokogeneracijsko postrojenje najčešće se koriste kao kriterij za procjenu isplativosti. To su:

- Metoda interne stope povrata (IRR) investicije
- Metoda diskontiranog vremena povrata investicije (DBP)
- Metoda vremena povrata investicije (SPBP)

8.6.1 Životni vijek sistema i diskontna stopa

Pri ocjeni isplativosti investiranja životni vijek postrojenja se uzima da je jednak ili kraći od tehničkog životnog vijeka postrojenja. To se osobito odnosi na slučaj kada troškovi investicije u opremu čine velik udio u ukupnim investicijskim troškovima[20].

Za mikrokogeneracijsko postrojenje u ovom radu procijenjen je životni vijek postrojenja od 20 godina. Diskontnu stopa iznosi 10%.

8.6.2 Interna stopa povrata investicije (IRR)

Interna stopa povrata investicije relativni je pokazatelj profitabilnosti i pokazuje profitnu stopu u ekonomskom vijeku projekta. Definirana je kao potreban iznos diskontne stope koji izjednačava sadašnju vrijednost troškova sa sadašnjom vrijednošću ušteta. Drugim riječima to je diskontna stopa koja bi rezultirala nulim iznosom netto sadašnje vrijednosti investicije [27].

$$NPV = \sum \frac{NP}{(1 + IRR)^n} = 0 \quad (54)$$

gdje je:

NPV – sadašnja vrijednost troškova investicije

NP – godišnji netto primitak (cash flow)

IRR – interna stopa povrata (diskontna stopa koja je rezultat ove jednadžbe)

Proračun interne stope povrata investiranja u mikrokogeneracijsko postrojenje napravljen je u dodatku na CD-u. Iznosi za sva tri proračuna:

kogeneracija na prirodni plin: $IRR = 11,38\%$

kogeneracija na plin i 10 % biomase: $IRR = 9,97\%$

energana na biomasu: $IRR = 17,41\%$

8.6.3 Vrijeme povrata investicije (SPBP)

Vrijeme povrata investicije jedan je od najjednostavnijih kriterija za određivanje isplativosti investiranja. Ono se dobije dijeljenjem investicijskih troškova s godišnjim netto primitkom (cash flow) [27].

$$SPBP = \frac{T_{inv}}{NP} \quad [\text{god}] \quad (55)$$

Za ovaj slučaj dobivene su slijedeće vrijednosti vremena povrata investicije:

kogeneracija na prirodni plin: $SPBP = 7,77$ god

kogeneracija na plin i 10 % biomase: $SPBP = 8,53$ god

energana na biomasu: $SPBP = 5,51$ god

Za razliku od interne stope povrata, vrijeme povrata investicije ne uzima u obzir vremensku vrijednost novca, odnosno diskontnu stopu. Zbog toga je ovaj pokazatelj indikativan, ali ne i posve ekonomski realan.

8.6.4 Diskontirano vrijeme povrata investicije (DPB)

Diskontirano vrijeme povrata investicije definirano je kao vrijeme potrebno da se iz netto prihoda povrate investicijski troškovi uz definiranu diskontnu stopu [27].

$$DPB = \frac{\sum \frac{T_{inv} : n}{(1+i)^n}}{\sum \frac{U_{uk}}{(1+i)^n}} \quad [\text{god}] \quad (56)$$

gdje je:

n – ekonomski vijek trajanja postrojenja

i – diskontna stopa

Za ovaj slučaj dobivene su slijedeće vrijednosti vremena povrata investicije:

kogeneracija na prirodni plin: $DPB = 15,75$ god

kogeneracija na plin i 10 % biomase: $DPB = 20,11$ god

energana na biomasu: $DPB = 8,41$ god

9 ZAKLJUČAK

Uvođenjem Registra obnovljivih izvora energije i kogeneracije za projektno praćenje razvoja OIEK, ostvarit će se potreba za nadzorom i provođenjem sustava odobrenja za postrojenja koja koriste OIEK te za praćenje i učinkovito upravljanje sredstvima poticaja.

Sustav energetske odobrenja podijeljen je u prethodno energetske odobrenje i energetske odobrenje s namjerom da se osigura projektno praćenje od strane Ministarstva i evidentiranje/registriranje, a s druge strane da se osigura investicijska sigurnost za projekte koji po svojoj logici planiranja i izgradnje uključuju dugu fazu ispitivanja potencijala i prikupljanja potrebnih dozvola i suglasnosti, te izrade elaborata. Podzakonski akti koji definiraju sustav odobrenja, stjecanje statusa i vođenje registra rađeni su tako da u startu eliminiraju sve nositelje projekata koji bi malverzacijama pokušali doći do energetske odobrenja i rješenja za stjecanje statusa povlaštenog proizvođača. Posebna se pažnja posvetila zatečenim projektima, koji će biti u fazi izrade s 01.07.2007. kada podzakonski akti stupaju na snagu. Naime, prema iskustvu s terena očekivalo se najviše problema za projekte vjetroelektrana koji se preklapaju odnosno mjere potencijal na istoj lokaciji. Za njih se osmislio sustav eliminacije, koji bi se trebao pokazati dobar prema mišljenjima struke.

Proračunom uštede primarne energije za kogeneraciju sa i bez suizgaranja biomase, pokazano je da se ostvaruje ušteda primarne energije te da promatrano postrojenje može steći status povlaštenog proizvođača električne energije, a s time i pravo na poticajnu otkupnu cijenu električne energije. Usporednom tehničkih i ekonomskih pokazatelja pokazalo se da energana na biomasu i kogeneracijsko postrojenje troši za istu proizvedenu toplinu duplo više goriva u odnosu na kotao za centralno grijanje. Viša potrošnja goriva uzrokuje i povećavanje troškova za gorivo. Osim povećanih troškova goriva kod pretpostavke mikrokogeneracijskog postrojenja znatno su veći i troškovi investicije. Bitna prednost energane i kogeneracijskog postrojenja je proizvodnja vlastite električne energije koju ne treba kupovati iz mreže, a u ovom pretpostavljenom primjeru

jedan dio električne energije je isporučen u mrežu. U pravilu, uštede zbog primjene kogeneracijskog postrojenja zbog veće efikasnosti kogeneracijske proizvodnje energije nadmašuju dodatne troškove zbog investiranja i povećane potrošnje goriva. U sva tri razmatrana proračuna pokazalo se da se investicija isplati, te da je najisplativija energana na biomasu zbog vrlo visoke poticajne cijene otkupa električne energije koja iznosi 0,95 kn/kWh koja vrijedi za vrijeme trajanja više i niže dnevne tarife. Pokazalo se da je ušteda kod energane na biomasu oko 40 % viša u odnosu na kogeneracijsko postrojenje sa i bez izgaranja biomase.

Zaključujem da na osnovu navedenih proračuna da su poticajna sredstva za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije više nego dovoljna za pokrivanje povećanih troškova goriva i investicije, te za ostvarivanje ušteda.

10 LITERATURA

- [1] Dizdarević N., Majstorović M., Žutobradić S., Distribuirana proizvodnja električne energije, EIHP, Zagreb, <http://www.eihp.hr>
- [2] Strategija energetskega razvoja Republike Hrvatske, 2002.
- [3] Direktiva 2001/77/EC Europski parlament i Vijeće o promicanju uporabe električne energije iz obnovljivih izvora energije na unutarnjem tržištu električne energije, 2001.
- [4] Uredba o minimalnom udjelu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije čija se proizvodnja potiče, Narodne novine 33/07, 2007.
- [5] Direktiva 2004/8/EC Europskog parlamenta i Vijeća od 11. veljače 2004. o unapređenju kogeneracije na temelju potrošnje korisne energije na unutarnjem tržištu energije kojom se izmjenjuje i dopunjuje Direktiva 92/42/EEZ, 2004.
- [6] Hrvatski operator tržišta, <http://www.hrote.hr>
- [7] Šimić Z., Energija sunca, Korištenje energije sunca za proizvodnju električne energije, FER, 2007.
- [8] EIHP, SUNEN: Program korištenja energije sunca, Zagreb 1998.
- [9] Brošura o tehnologijama za uporabu obnovljivih izvora energije, Transfer najboljih primjena i raspoloživih tehnologija za uporabu obnovljivih izvora energije u izoliranim regijama, http://www.vbpc-res.org/files/brosura1/Brochure1_CRO.pdf
- [10] Šimić Z., Hidroenergija, Obnovljivi izvori i NTPE, 2006.
- [11] Šimić Z., Hiroenergija – male HE, Obnovljivi izvori i NTPE, 2007.
- [12] Klarin B., Vjetroenergetika, <http://www.fesb.hr/~bklarinhv/tehnnet/tehnnet.html>
- [13] Brošura: Biomasa kao obnovljivi izvor energije, Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva i Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva, 2007.
- [14] EIHP, BIOEN: Program korištenja biomase i otpada, Zagreb 1998.
- [15] Šimić Z., Energija biomase, FER, 2007.

- [16] Bioenergija, http://www.our-energy.com/bioenergija_hr.html
- [17] EIHP, <http://www.eihp.hr/krvatski/biomsa1.htm#b>
- [18] Pravilniku o stjecanju statusa Povlaštenog proizvođača električne energije, Narodne novine, 2007.
- [19] Globan M., Projektni plan za registar OIEKPP, 2007.
- [20] Lipošćak M., Diplomski rad: Mirkokogeneracijsko postrojenje s Dieselovim motorom, Zagreb, 2002.
- [21] Pravilnik o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije, Narodne novine, 2007.
- [22] Lipošćak M., CD MicroCOGEN, 2002.
- [23] <http://www.poduzetnistvo.org/print.php?select=novosti&id=1173282081&archive=1173458202>
- [24] <http://www.propellets.at/cms/cms.php>
- [25] OPET Network, Micro and small-scale CHP from biomass (<300 kW_e), websrv2.tekes.fi/.../Viestinta_ja_aktivointi/Julkaisut/OPET-
- [26] Šimić Z., Energija vjetra, Korištenje energije vjetra za proizvodnju električne energije, FER, 2007.
- [27] Duić N., Uvod u osnove energetike, <http://powerlab.fsb.hr/osnoveenergetike>
- [28] PLINCRO, www.plincro.hr
- [29] Tarifnim sustavom za usluge elektroenergetskih djelatnosti koje se obavljaju kao javne usluge, Narodne novine 101/02, 2002.
- [30] HEP ODS d.o.o., <http://www.hep.hr/ods/kupci/tarifni.aspx>
- [31] Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije, Narodne novine 33/07, 2007.
- [32] Šimić Z., Geotermalna energija, Obnovljivi izvori energije i NTPE, 2006.
- [33] Državni hidrometeorološki zavod, <http://klima.hr/faqs.html>
- [34] EIHP, KOGEN: Program kogeneracije, 1998.
- [35] Biomasa i bioplin, Elektrotehnički fakultet Osijek, Osijek, 2007.
- [36] Gradska plinara Zagreb, <http://www.plinara-zagreb.hr/>
- [37] Propellets Austria, <https://www.propellets.at>