

KOMPARATIVNA ANALIZA KOGENERACIJE FOSILNIH GORIVA I KORIŠĆENJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

COMPARATIVE ANALYSIS OF FOSSIL FUEL COGENERATION AND RENEWABLE ENERGY SOURCES UTILIZATION

Nikola Mančev, Branka Nakomčić-Smaragdakis, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ENERGETSKE TEHNOLOGIJE

Kratak sadržaj – U radu je dat opis načina funkcionisanja tehnologija kogeneracije i obnovljivih izvora energije. Takođe, pomenute tehnologije su analizirane po tri različita aspekta: tehničkom, ekonomskom i ekološkom. U zaključku je izneto mišljenje o pogodnosti upotrebe datih tehnologija u modernim energetske sistemima.

Ključne reči: Kogeneracija, obnovljivi izvori energije, životna sredina.

Abstract – The article describes cogeneration and renewable energy technologies. Also, these technologies are compared in three aspects: technical, economical and environmental. Summary contains authors opinion on suitability of technologies for implementation in modern energy systems.

Keywords: Cogeneration, renewable energy sources, environment.

1. UVOD

Energija predstavlja osnovni pokretač ljudskog života. U modernim društvima je to izrazito primetno jer težnja ka održivosti nalaže obezbeđivanje sigurnog i pristupačnog načina snabdevanja energijom. Posmatrajući trenutno stanje, uočava se da je energija postala sastavni deo ljudskih života u skoro svakoj sferi – transportu, industriji, medicini i dr [1]. Prema poreklu, energetske izvore možemo podeliti na obnovljive i neobnovljive izvore energije. U obnovljive izvore energije se ubrajaju solarna energija, energija biomase, energija vode, geotermalna energija i energija vetra. Što se tiče neobnovljivih izvora energije, izdvajaju se nuklearna energija i različiti tipovi fosilnih goriva (ugalj, nafta, prirodni gas). Obnovljivi izvori energije su oni izvori energije koji potiču iz prirodnih izvora koji se regenerišu u kratkom vremenskom periodu. Neobnovljivi izvori energije su oni izvori energije koji potiču od konačnih i statičkih zaliha energije. Primena ovih izvora energije nije održiva jer se neobnovljivi izvori energije ne mogu generisati dovoljnom brzinom kojom se troše.

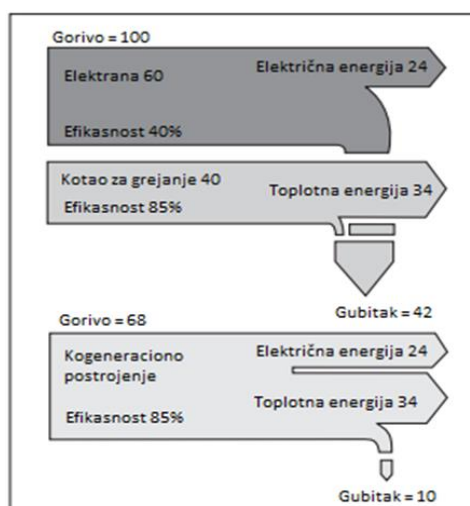
2. OPIS TEHNOLOGIJA

Kogeneracija predstavlja kombinovanu proizvodnju dva različita tipa energije, uglavnom su to mehanička i toplotna, poreklom od jednog energetske izvora [2].

NAPOMENA:

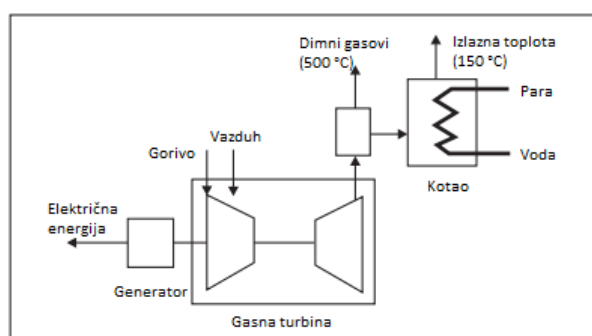
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Branka Nakomčić-Smaragdakis, vanr. prof.

Primenom kogeneracije, ukupna efikasnost postrojenja može dostići 85%, a u nekim slučajevima i više. Takođe, koristi se manja količina goriva za dobitak iste količine energije kao u slučaju konvencionalnih postrojenja. Slika 1 prikazuje prednosti kogeneracionih postrojenja u odnosu na konvencionalna.



Slika 1. Prednosti kogeneracionih postrojenja u odnosu na konvencionalna [3]

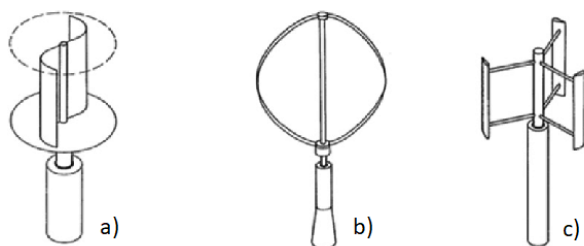
Pogonska rešenja koja primenjuju kogeneraciju su: parne turbine, gasne turbine i klipni motori. Na Slici 2 je dat shematski prikaz kogeneracionog postrojenja sa gasnim turbinama. Nakon sagorevanja goriva, generisani gasovi pod visokim pritiskom i temperaturom se koriste za pokretanje lopatice turbine čime se vrši transformacija toplotne u mehaničku energiju, dok se ostatak toplih gasova koristi za delimično ili potpuno zadovoljenje potreba za toplotnom energijom na datoj lokaciji.



Slika 2. Shema funkcionisanja kogeneracionog sistema sa gasnim turbinama [3]

U daljem tekstu su navedeni oni izvori energije čijim resursima raspolaže Republika Srbija. Većina izvora energije koji se danas koriste za generisanje električne energije, potiču isključivo od energije **Sunčevog zračenja**, pa se shodno tome može zaključiti da su takvi izvori energije nastali od energije Sunca [2]. Tehnologije koje koriste energiju Sunčevog zračenja za generisanje drugačijeg tipa energije (električna, toplotna) se mogu podeliti na solarno-toplotne i fotonaponske tehnologije. Kao što se može zaključiti, solarno toplotne tehnologije se baziraju na transformaciji solarne energije u toplotnu energiju tj. za zagrevanje prostora ili vode, a može se koristiti i za formiranje pare za generisanje električne energije. Kod solarno toplotnih tehnologija, najveću primenu imaju: solarni kolektori, koncentratori solarne energije, sistemi za zagrevanje sanitarne tople vode, sistemi za zagrevanje prostora i dr. Što se tiče fotonaponskih tehnologija, njihov primarni cilj jeste generisanje električne energije, a to se postiže upotrebom fotonaponskih ćelija.

Vetar predstavlja kretanje vazдушnih masa koje se javljaju kao posledica nejednačnog zagrevanja planete. Iskorišćenje energije vetra možemo definisati kao transformaciju energije vetra u mehaničku ili električnu energiju. Upotrebom vetrogeneratora se generiše električna energija, a razlikujemo horizontalne i vertikalne vetro-generatore. Na Slici 3 je dat prikaz najkorišćenijih modela vertikalnih vetrogeneratora (Savoniusov (a), Darijusov (b) i Rivijerov tip (c)).



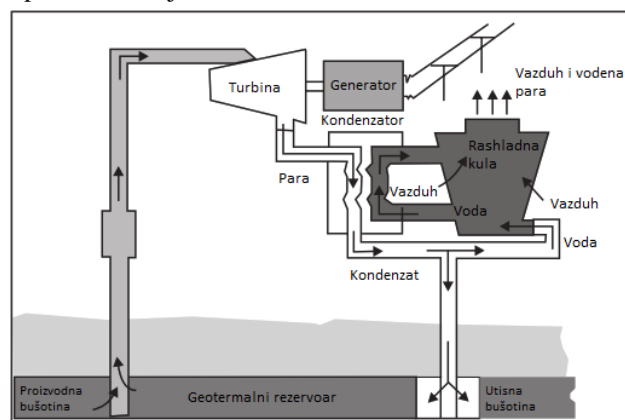
Slika 3. Modeli vertikalnih vetrogeneratora [4]

Hidro energija se može definisati kao energija sadržana u pokretnoj vodi. Pokretanjem turbine (javlja se kao posledica strujanja vode preko lopatica turbine) dolazi do rotacije rotora generatora čime se vrši još jedna transformacija energije – mehaničke u električnu energiju. Prema načinu funkcionisanja, razlikujemo natpritisne turbine i turbine slobodnog pada, dok su najpoznatiji modeli Peltonove, Kaplanove i Francisove turbine.

Postrojenja u kojem se vrše transformacije kinetičke energije u električnu se nazivaju hidroelektrane. Razlikujemo konvencionalne i reverzibilne hidroelektrane, gde se u konvencionalnim hidroelektranama odvija kretanje vode od akumulacionog jezera prema turbini, dok se kod reverzibilnih hidroelektrana, osim konvencionalnog načina funkcionisanja, primenjuje i pumpanje vode u suprotnom smeru kako bi se voda uskladištila i koristila u periodima povećane potrebe za električnom energijom.

Geotermalna energija pripada obnovljivim izvorima energije jer se toplota kontinualno generiše unutar Zemlje i to raspadom minerala. Ovakav tip energije se može direktno (zagrevanje) ili indirektno (generisanje električne energije) koristiti. Elektrane na geotermalnu energiju

moгу koristiti suhu paru, otparak ili binarnu smešu, dok je princip funkcionisanja u osnovi identičan – pokretanje turbine i generisanje električne energije u generatoru (Slika 4). Direktna upotreba se najviše vezuje za zagrevanje staklenika i ribnjaka, sušenja biljaka, kao i upotreba u banjama.



Slika 4. Shematski prikaz geotermalne elektrane koja koristi suhu paru [3]

Biomasa predstavlja sve biorazgradive materije biljnog i životinjskog porekla, dobijene od otpada i ostataka poljoprivredne i šumarske industrije [5]. Biomasa možemo transformisati u pogodniji oblik pomoću termohemijske (direktno saogrevanje, gasifikacija, piroliza) i biohemijske konverzije (aerobna i anaerobna fermentacija), kao i u procesu esterifikacije. U procesu direktnog sagorevanja, vrši se transformacija hemijske energije biomase u toplotnu energiju koja se može direktno koristiti ili za zagrevanje radnog fluida (pare) koja bi potom mogla da se koristi za zagrevanje prostora ili generisanje električne energije pomoću parne turbine. U procesu gasifikacije kao glavni proizvod se dobija biogas koji može da se koristi u gasnom motoru za generisanje električne energije.

Piroliza je termohemijski proces koji generiše biogas, bioulje, ćumur i dr. Što se tiče biohemijske konverzije, razlikujemo anaerobnu fermentaciju i aerobnu fermentaciju. U anaerobnoj fermentaciji se izdvaja biogas, dok se u aerobnoj fermentaciji, nakon procesa destilacije, može izdvojiti etanol. Biodizel je krajnji produkt procesa esterifikacije, a primenu pronalazi u auto industriji (pogonsko gorivo).

3. KOMPARACIJA TEHNOLOGIJA KOGENERACIJE I OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Tehnički aspekt - Da bi poređenje procesa kogeneracije i tehnologija koje se baziraju na obnovljivim izvorima energije bilo moguće, potrebno je odrediti tehničke faktore koji su relevantni za oba tipa tehnologija. Za početak, *gorivo* je bitan faktor za oba sistema. Primenom kogeneracije se manje troše fosilna goriva čime se čuvaju zalihe za buduće generacije. Što se tiče obnovljivih izvora energije, u pitanju su izvori energije koji se obnavljaju tokom vremena. Ukoliko posmatramo *primenu generisane energije*, primećuje se da oba sistema mogu zadovoljiti potrebe za električnom i toplotnom energijom. *Efikasnost* je sledeći bitan parametar. Ograničena je konstruktivnim rešenjima tehnologija kao i njihovim materijalima.

Tabela 1. Prikaz različitih ekonomskih i tehničkih parametara u zavisnosti od tipa obnovljivih izvora energije [7]

OIE kategorija	Investicioni troškovi [€/kWe]	Godišnji troškovi rada i održavanja [€/kWe]	Efikasnost (električna) [%]	Životni vek [god]	Tipična snaga postrojenja [MWel]
Biomasa	2225-2995	84-146	26-30	30	1-25
Geotermal (električni)	2575-6750	113-185	11-14	30	2-50
Hidroelektrane (veće snage)	850-3650	35	-	50	250
Minihidroelektrane (veće snage)	975-1600	40	-	50	9.5
Fotonaponske elektrane	2950-4750	30-42	15-20	25	0.005-0.05
CSP elektrane*	3600-5025	150-200	33-38	30	2-50
Vetroelektrane (na kopnu)	1125-1525	35-45	-	25	2

*CSP – Concentrated solar power elektrane

Primenom kogeneracije, dolazi do povećanja efikasnosti u odnosu na konvencionalne sisteme a tada se efikasnost nalazi u opsegu 65%-90%. Što se tiče tehnologija koje funkcionišu na principima obnovljivih izvora energije, efikasnost je manja u odnosu na kogeneracione sisteme i varira od posmatranog sistema. Dakle, efikasnost fotonaponskih sistema je oko 20% u realnim uslovima, termalni solarni kolektorski sistem 60-70%, vetroelektrana oko 50%, a hidroelektrana 90%. *Oscilacija dotoka goriva* je sledeći parametar koji će se razmatrati. Nestabilnost dotoka energije kod obnovljivih izvora energije je već poznata činjenica a kao posledica se javlja odstupanje od prosečnih vrednosti generisanja električne energije. Ipak, nestabilnost se može rešiti primenom skladišta energije. Što se tiče dotoka fosilnih goriva za kogeneraciona postrojenja, jasno je da i ono varira. Generalno, najviše zavisi od globalnih rezervi koje su neravnomerno raspoređene po svetu, a svakako je problem i kada nastupi tzv. „energetska kriza“ tj. kada dođe do crpljenja postojećih i nemogućnost pronalazjenja novih izvora fosilnih goriva [6].

Ekonomski aspekt - Što se tiče tehnologija obnovljivih izvora energije, izdvajaju se visoka početna ulaganja, kao što je prikazano u Tabeli 1. Posmatranjem Tabele 1 uviđa se da tehnologije koje koriste kinetičku energiju vode imaju najniže investicione troškove, koji zavise od snage postrojenja. Najveće investicione troškove imaju fotonaponske i CSP elektrane gde trošak može dostići vrednost 5025 €/kWe. Ukoliko se posmatraju godišnji troškovi koji se tiču rada i održavanja postrojenja, najviše troškova iziskuju postrojenja na biomasu, geotermal i CSP elektrane. Troškovi održavanja i upravljanja sistema na bazi obnovljivih izvora energije su niski, a kao razlog se može navesti cena resursa/goriva koja je kod velike većine obnovljivih izvora energije jednaka nuli.

Ukoliko posmatramo isključivo kogeneraciju, njena ekonomska isplativost se opravdava povećanim stepenom iskorišćenja goriva čime se na uštedi u gorivu ostvaruje ekonomska dobit. Koliki će biti stepen uštede, najviše zavisi od karakteristika toplotne energije (vrednosti temperature i pritiska fluida), karakteristika opreme i odnosa instalisane električne i toplotne snage izvora. Kada se sve to uzme u obzir, moguće je ostvariti uštedu od 10-30% ukoliko govorimo o daljinskom grejanju, dok

se ta ušteda može drastično povećati u krugu industrijskih potrošača [8]. U Tabeli 2 je dat prikaz troškova kogeneracionog postrojenja u Nemačkoj snage 1 MW.

Tabela 2. Prikaz pojedinih troškova koji se javljaju u kogeneracionom postrojenju [9]

Aktivnosti	Troškovi
Investicije	730 000 €
Godišnja kamatna stopa (4,5%)	40 000 €
Godišnja proizvodnja	6000 h
Cena električne energije	7 €ct/kWh
Prirodni gas	3 €ct/kWh
Supstitucija grejanja	339 000 €
Električna energija isporučena mreži	448 000 €
Finansijski podsticaji države	99 000 €
Ušteda	116 000 €

Ekološki aspekt - Uticaj fosilnih goriva na životnu sredinu je poznat: počevši od iskopavanja energenata (nafta, uglj, prirodni gas) pa do same primene, svaka aktivnost u ovom lancu doprinosi zagađenju životne sredine. Iako kogeneracija predstavlja visokoefikasnu i ekološki pogodnu tehnologiju, javlja se određeni uticaj štetnih materija (CO₂, NO_x, PM_{2,5}, PM₁₀) koji, u ukupnom zbiru, nije zanemarljiv [10]. To se može primetiti posmatranjem Tabele 3, gde je prikazan uticaj kogeneracionih postrojenja na kvalitet vazduha u Londonu.

Posmatrajući tehnologije obnovljivih izvora energije, poznato je da su to „čistiji“ izvori energije koji ne zagađuju životnu sredinu. Ipak, to nije u potpunosti tačno. Prilikom generisanja toplotne ili električne energije, zavisno od tehnologije, dolazi do narušavanja određenih aspekata životne sredine. Kod solarnih tehnologija, neki od problema koji se javljaju su formiranje fotonaponske elektrane na obradivom zemljištu čime se onemogućuje njegova upotreba, pojava refleksije svetlosti sa panela i problem odlaganja na kraju životnog veka. Pri normalnom radu solarno toplotnih tehnologija ne dolazi do zagađenja okoline, jedino u slučaju većeg kvara može doći do isparavanja radnog fluida koji sadrži antifriz čije prisustvo u zemljištu ili podzemnim

Tabela 3. Uticaj kogeneracionih postrojenja na kvalitet vazduha [10]

Opštine	Broj postrojenja	Snaga [kWe]	Prosek radnih sati [h/god]	Emisija materija iz kogeneracionih postrojenja [t/god]			
				CO ₂	NO _x	PM _{2,5}	PM ₁₀
Kamden	63	22 853	4 761	80 804	985	5,8	5,8
Enfield	19	14 489	5 727	54 411	322	2,6	2,6
Kensigton i Čelzi	34	16 932	3 796	24 887	239	1,5	1,5
Sautvork	103	25 336	4 301	144 587	1 044	7,7	7,7
Vestminster	157	31 743	4 577	127 611	1 905	10,4	10,4
Ukupno	376	111 353	4 586	440 578	4 448	28,0	28,0

vodama izaziva negativne efekte. Što se tiče tehnologija koje transformišu energiju vetra u električnu, javljaju se različita narušavanja životne sredine poput buke vetrogeneratora, refleksije, uticaja senke, uticaja na ptice i dr. Kod hidroelektrana, najveći problem je moguće plavljenje okolnog područja, a takođe se izdvajaju i loš uticaj na kvalitet vode i ribe. Tehnologije koje koriste energiju iz geotermalnih izvora mogu štetno uticati na životnu sredinu u slučaju da se radni fluid, bogat mineralima, izlije u okolno zemljište ili površinske vode. Biomasa se smatra CO₂ neutralnim gorivom. To je slučaj jer se prilikom formiranja biljke, u procesu fotosinteze, iz vazduha koristi ugljen-dioksid, dok se prilikom procesa sagorevanja, u atmosferu oslobađa ista količina ugljen-dioksida koja je bila preuzeta iz atmosfere u procesu fotosinteze. Generalno, tehnologije obnovljivih izvora energije ne generišu zagađujuće materije (osim biomase u manjoj količini) poput CO₂, NO_x, PM_{2,5}, PM₁₀ čime se zaključuje da su to ekološki pogodne tehnologije.

4. ZAKLJUČAK

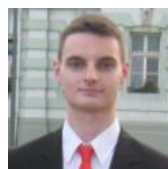
Povećana potreba za energijom uslovljena je kontinualnim povećanjem broja stanovnika na planeti. Zbog toga, rezerve fosilnih goriva se ubrzano troše, a kao moguće rešenje za nastali problem se javljaju tehnologije obnovljivih izvora energije. Pošto se teži ka energetskej tranziciji sa fosilnih goriva na obnovljive izvore energije, kogeneracija se može predstaviti kao neophodan korak koji bi ubrzao transformaciju energetske sistema. Kao optimalno rešenje za globalne energetske potrebe, nameće se zajednička upotreba obnovljivih izvora energije i kogeneracije fosilnih goriva. Upotrebom kogeneracije se racionalnije i efikasnije koristi preostala količina fosilnih goriva, a samim tim se određene količine čuvaju za buduće generacije što predstavlja jedan od statuta održivog razvoja.

5. LITERATURA

- [1] G. N. Tiwari, R. K. Mishra. 2012. Advanced Renewable Energy Sources. The Royal Society of Chemistry, Kembriđ, Velika Britanija.
- [2] D. Gvozdenac, B. Nakomčić-Smaragdakis, B. Gvozdenac-Urošević. 2011. Obnovljivi izvori energije. FTN izdavaštvo, Novi Sad, Republika Srbija.
- [3] S. C. Bhatia. 2014. Advanced renewable energy systems, Part 1. Woodhead Publishing India Pvt. Ltd., Nju Delhi, Indija.

- [4] R. Kishore, A. Marin, S. Priya. 2014. Efficient Direct-Drive Small-Scale Low-Speed Wind Turbine. Energy Harvesting and Systems; 1(1-2).
- [5] S. Omer, A. Kopljar, A. Hodžić. 2020. Biomasa kao gorivo. Univerzitet u Bihaću, Bihać, Bosna i Hercegovina.
- [6] Z. Milovanović. 2019. Termoenergetska postrojenja – Teoretske osnove. Univerzitet u Banjoj Luci, Banja Luka, Bosna i Hercegovina.
- [7] Ž. Despotović, 2012. Obnovljivi Izvori Energije – Stanje i Perspektive u Svetu i Srbiji, forum Info Dani 2012, Republika Srbija.
- [8] M. Mesarović, N. Đajić, 2004. Istraživanja i projektovanja za privredu 4 i 5. Journal of Applied Engineering Science, Beograd, Republika Srbija.
- [9] D. Marković, S. Furtula, B. Jovković, 2013. Finansijski podsticaji energetskej efikasnosti u državama EU i Srbiji. Ekonomske teme (2013) 51
- [10] Ricardo Energy and Environment, 2018. Pilot study on the air quality impacts from Combined Heat and Power in London. Report for Greater London Authority.

Kratka biografija:



Nikola Mančev rođen je u Zrenjaninu 1997. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Energetskih tehnologija je odbranio 2022. godine. Kontakt: mancev.nikola25@gmail.com



Branka Nakomčić-Smaragdakis rođena je u Zrenjaninu. Diplomirala je na FTN-u na Mašinskom odseku, smer Termoenergetika i procesna tehnika, magistrirala je na Interdisciplinarnim studijama iz Inženjerstva zaštite životne sredine. Doktorirala je na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Toplotne tehnike. Oblast istraživanja i naučnog rada: Modelovanje i simulacija termoprocesnih sistema, Obnovljivi izvori energije i Upravljanje rizicima.