

UČINKOVITOST MALIH I MIKRO KOGENERACIJA

Prof. dr. sc. Radmilo P r o t i ć, Zagreb

UDK 620.91:338.49
STRUČNI ČLANAK

Razmatra se učinkovitost malih i mikro kogeneracija različite izvedbe za decentraliziranu proizvodnju električne energije i topline u odnosu na velike energetske sustave. Osim učinkovitosti analizira se ekonomska i ekološka prednost danas i u budućnosti.

Ključne riječi: centralizirani i decentralizirani sustavi, male i mikrokogeneracije, učinkovitost, konkurentnost, ekonomičnost, zaštita životne sredine.

Uvod

U protekloj dekadi potrošnja prirodnog plina ubrzano se razvijala posebno u proizvodnji električne energije. Povećana potrošnja potencirana je rastućim zalihama prirodnog plina, razvitkom prometa specijalnim tankerima – metanijerima, interkontinentalnim plinovodima, te napretkom u tehnologiji izgaranja. Posebna pozornost pridaje se sniženju kapitalnih troškova. Istodobno, tržište energije doživjelo je radikalne promjene u porastu brige za smanjenje plinova staklenika ("Greenhouse Gases" – GHG) te ostalih polutanata – zagađivača životne sredine.

Liberalizacija tržišta privukla je mnoge nezavisne proizvođače energije, što je rezultiralo novim rješenjima u opskrbi energije, (u proizvodnji i prometu), ali i u načinu financiranja projekata, posebno u domeni malih i mikro kogeneracija, što je doprinijelo dramatičnim promjenama u energetske lancu.

Progres u razvitku energetske gospodarstva bio je vođen ekonomijom u izboru "goriva". "Energetska kriza" rasprave o "Greenhouse effects" – doprinijele su sve većoj pozornosti radi poboljšanja učinkovitosti kao jednom od najvažnijih marketinških problema.

Trendovi razvitka proizvodnje električne energije i topline idu u pravcu malih decentraliziranih jedinica za poznatog kupca, što je u suprotnosti s ekonomskom logikom minimizacije troškova velikih centraliziranih jedinica. Buduća pretvorba energije za proizvodnju električne energije i topline sve će više biti zastupljena u malim jedinicama. Niže cijene energije će biti rezultat uvođenja učinkovitih tehnologija pretvorbe, ali u otvorenom tržištu i tržištu gdje je provedena deregulacija. Međutim, važnu ulogu u sniženju cijena energije igrat će konkurencija nezavisnih proizvođača kojih će biti sve više na tržištu.

Realno poboljšanje u energetske učinkovitosti polazi od teoretskih postavki nužnosti uvođenja novih energetske tehnologije s konkurentnim cijenama u cijelom energetske lancu. To uključuje nacrt, dizajne, konstrukcije i izvedbu, sposobnost djelovanja sustavnih dijelova i uređaja koji su bili odlučujući čimbenici u nastojanju poboljšanja energetske učinkovitosti.

Male jedinice kogeneracije kao na primjer, plinski stroj, plinska turbina, goriva ćelija i dr. moraju biti proizvedene u što većem broju, jer masovna proizvodnja zahtijeva velik obujam tržišta.

1. OSNOVNA OBILJEŽJA RADA KOGENERACIJSKIH POSTROJENJA

1.1. Pod kogeneracijom se podrazumijeva istodobna proizvodnja električne energije i toplinske energije za poznatog korisnika smještenog na malom prostoru s elektroenergetskom snagom manjom od 10 MWe. Proces se odvija s maksimalnom uporabom kemijske energije goriva i učinkovitošću do 90%. Da bi se ostavila navedena učinkovitost preduvjet je velik broj sati rada tijekom godine. (7).

U gore citiranoj definiciji nije naznačena podjela na male i mikro kogeneracije unutar kogeneracije do 10 MWe. Međutim, M. Šunić kogeneracijska postrojenja dijeli u dvije skupine do 100 kW i od 100 do 5.000 kW uvažavajući karakteristike elektroenergetske mreže i načina priključenja na tu mrežu (7. str. 63).

Kako je u naslovu članka naglašena podjela na male i mikro kogeneracije, to će se u nastavku objasniti zašto smo se opredijelili na takvu podjelu.

Na 21. World Gas Conference, Nice, 2000., u referatima Buholza (12), Johnsona (14) i dr. posebno se tretiraju male, a posebno mikro kogeneracije. Obično

se mikro kogeneracije svrstavaju one do 200 kWe elektroenergetske snage, a male kogeneracije preko 200 kWe do 10 MWe.

Diferencijacija između malih i mikro kogeneracija je nužna jer je njihova proizvodnja i namjena specifična, što će se vidjeti tijekom izlaganja.

1.2. Otvoreno tržište pridonijelo je velikoj konkurenciji, tako da se po mišljenju mnogih stručnjaka energija počela tretirati kao i svaka druga roba.

Velik broj različitih mehanizama utječe na trendove energetske učinkovitosti, na ponudu i potražnju u energetske sektoru.

Podržavanjem dugoročne tendencije smanjenja godišnje potrošnje energije po jedinici proizvoda za 0,5 do 0,8 postotaka, ili smanjenje energije po jedinici GDP (Gross Domestic Product), osnovne su pretpostavke dugoročne podržavane energetske politike.

Efektivni troškovi ("Cost effective") potencijalne učinkovite tehnologije zavisit će od procjene očekivanih tako i od tekućih cijena goriva, profitabilnosti kompanije, raspoloživosti i troškovima kapitala, te relativno kratkog vremena povrata kapitala. Povrat kapitala za investicije radi povećanja učinkovitosti ili poboljšanja tehnološkog procesa u razdoblju od 3 ili manje godina je uobičajeno u zemljama OECD. Međutim, za vrijeme "duboke" recesije povrat kapitala ("pay back") se smanjuje na 1-2 godine u mnogim kompanijama.

1.3. Neke važnije odrednice rada kogeneracijskog postrojenja:

- broj sati rada tijekom godine treba biti veći od 4000,
- velika prilagođenost tehničkim i ekonomskim uvjetima,
- mogućnost uporabe plina – čak 90% kogeneracijskih postrojenja koristi plin,
- važan čimbenik je cijena el. energije i pogonskog goriva i njihov međusobni odnos,
- što duže razdoblje korištenja topline tijekom zimskog ali i ljetnog razdoblja,
- poželjno je da se proizvedena toplina što više koristi za tehnološke svrhe, što je ekonomičnije, nego za zagrijavanje prostorija, ali to ne bi trebalo da bude pravilo,
- ekološka taksa pomaže sve većoj uporabi kogeneracije, ali i povećanoj potrošnji plina (7).

2. STRUKTURA OSNOVNIH KOGENERACIJSKIH POSTROJENJA

Razvitkom kogeneracije i usmjeravanjem radi podmirjenja potreba širokog kruga potrošača, povećao se na tržištu broj pogonskih postrojenja. Dok su klasične kogeneracije u pravilu velikog kapaciteta usmjerene na podmirjenje potreba prvenstveno u industriji, male i mikro kogeneracije služe za podmirjenje potreba određenog potrošača.

Disperzija malih i mikro kogeneracija je odraz potrebe širokog kruga potrošača el. energije i topline. (uslužne djelatnosti, kućanstva, bolnice, škole, hoteli i dr.).

U nastavku će se prikazati struktura malih i mikro kogeneracija s glavnim karakteristikama.

2.1. Plinski motori u pravilu pretvaraju kemijsku energiju goriva u mehanički rad, a ovaj u električnu energiju u postotku između 30-50% zavisno od kvalitete goriva i tehničke izvedbe stroja.

Porastom sve veće pozornosti zaštiti životne sredine, to je tražnja za čistim tehnologijama sve izraženija.

Od 1993. godine Japan Gas association započela je na razvitku tehnologije keramičkog plinskog stroja, pogonjenim prirodnim plinom ("Ceramic Gas Engines" – CGE) uz financijsku pomoć Ministarstva za međunarodnu trgovinu (MITI). Stroj je od keramike, lagan, kompaktna energetska jedinica, s visokom učinkovitošću u proizvodnji energije, osposobljen da koristi otpadnu toplinu ispušnih plinova, uz eliminaciju potrebe za hlađenjem vodom. Povećanje temperatura ispušnih plinova omogućava bolje iskorištenje otpadne topline u obliku pare.

Premda su japanske uredske prostorije imale mogućnost da postanu potencijalno veliko tržište i za sustav klasične kogeneracije, omjer topline, električne energije, kod znatno veće tražnje el. energije nego topline, nije bio pogodan za eksploataciju. Novi stroj je omogućio da se koristi i na tržištu na kojem ranije nije bio prisutan.

Tablica 1. Prikaz tehnologije kogeneracije keramičkog stroja

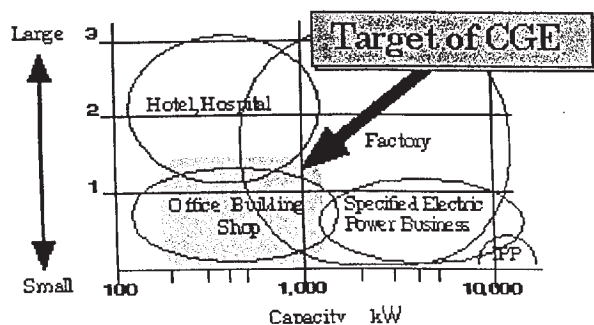
Učinkovitost proizvodnje topline (termička)	50%
Učinkovitost proizvodnje el. energije	46%
Emisija NO _x	40 ppm O ₂ = 0%
Snaga uređaja (output power) (kapacitet)	200 kW

Izvor: [11]

Razvitak stroja je ostvaren u tri tehnička područja:

- a) Razvitak visoko učinkovitog dizel stroja s unutar-njim izgaranjem pogonjenog prirodnim plinom s odgovarajućim sustavom prihvata ispušnih plinova;
- b) Osvajanje keramičkog materijala visoke kakvoće koji je poslužio kao sastavni dio stroja;
- c) Razvitkom učinkovite tehnologije smanjena je emisija NO_x uporabom ispušnih visoko temperaturnih plinova CGE (4) (slika 1 i 2)

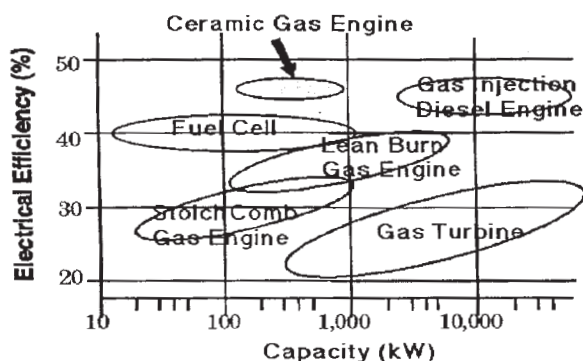
2.2. U procesu kogeneracije plinske turbine koriste se, u pravilu, za postizanje snage od 1.6 do 10 MWe. Imaju lošije elektroenergetske karakteristike u odnosu na motore, ali zato imaju bolje toplinske karakteristike. Toplinsku energiju moguće je rabiti iz ispušnih plinova, čija temperatura iznosi približno 650°C. Ta



Slika 1. Tržište kogeneracijskog keramičkog stroja

- a) Hotel, Bolnica
- b) Tvornica
- c) Ured, Trgovina
- d) Specifična postrojenja u elektronici

Snaga kW
 Large – Velike
 Small – Male
 Izvor: [11]



Slika 2. Učinkovitost kogeneracijskog keramičkog stroja

- Legenda:
- Keramički kogeneracijski stroj
 - Plinski dizel stroj
 - Goriva ćelija
 - Plinski stroj "mršavo" gorivo
 - Klasični plinski stroj
 - Plinska turbina
 - Kapacitet (kW)
 - Učinkovitost u proizvodnji električne energije

Izvor: [11]

toplina se može koristiti za proizvodnju pare visokog tlaka ili za direktne procese sušenja. Kako ispušni plinovi plinskih turbina sadrže približno 15% kisika, ti se plinovi mogu koristiti za loženje dodatnom kotlu. Stupanj iskoristivosti se povećava, pa iskoristivost kotla doseže i do 94%, a iskoristivost goriva, dok se proizvodnja el. energije kreće i do 52%, uz veću regulaciju opterećenja. Osnovna obilježja rada kogeneracije plinske turbine:

- upotrebljavaju se kod snaga od 1,6 do 10 MWe;
- imaju niža elektroenergetska svojstva u odnosu na plinske motore;

- veće toplinske vrijednosti u odnosu na plinske motore;
- specifična potrošnja goriva po jedinici energije je veća nego kod motora;
- snaga uređaja se mijenja s promjenom okoline temperature;
- može da radi u paketnoj izvedbi (7).

2.3. U Danskoj više od 50% kuća za stanovanje osnovu grijanja predstavlja decentralizirana kogeneracija.

Ona (tj. kogeneracija) predstavlja važnu polugu Danske u radi ispunjenja zahtjeva Kyoto Protocola – kao i drugih međunarodnih sporazuma za smanjenje plinova staklenika (GHG).

Od 1984. godine prirodni plin je prisutan na danskom tržištu. Od tada se stalno povećava udio kogeneracije koji se bazira na plinskim motorima ("reciclocatting engines") veličine od 100 kW do nekoliko MW.

Od 1997. godine u Danskoj se odvija program za plinski stroj tipa DACHs od 5.5 kW el. energije i 13 kW topline. Njemačka kompanija Fichtel and Sachs AG razvila je taj stroj. Danas je približno 2.600 jedinica u pogonu, pretežno u Njemačkoj.

U Danskoj, NESA (lokalna kompanija za distribuciju el. energije u suradnji sa Shell-om, instalirala je i isprobala 10 jedinica.

Plinski stroj koristi "siromašno" gorivo ("lean burning"), s odgovarajućom regulacijom, izmjenjivačem topline, katalizatorom za oksidaciju i prigušivačem zvuka. Kontrola rada stroja omogućena je na udaljenost. Potencijalno tržište u Danskoj su škole, sportski centri, administrativne zgrade, hoteli, restorani i trgovine.

2.3.1. Za sada postoje tri proizvođača malih plinskih turbina u Europi, kapaciteta od 30 kWe do 100 kWe koji prodaju proizvode putem svoje trgovinske mreže ili u zajedničkom aranžmanu. Konkurencija će osigurati brzi progres u tehničkom smislu te smanjenje troškova proizvodnje. Izgleda da su tradicionalne zapreke za kogeneraciju malih kapaciteta svladane i otvoreno je široko polje uporabe u uslužnom sektoru (10).

Tablica 2. Usporedni podaci za strojeve DACHS i Köhler and Ziegel

Stroj	Snaga kW	CO [®] mg/m ³ n	NO _x [®] mg/m ³ n	UHC [®] mg/m ³ n	Helij
DACHS (Danska)	5,5	10-180	100-370	50-400	25-27
Köhler and Ziegel (Njemačka)	40	50-150	25-50	130-150	29

[®] kod 5% O₂
 U HC = nesagorivi ugljikovodici
 Izvor: [18]

Jačina registriranog zvuka iznosi približno 57 dB (A). Oba stroja koriste katalizator za oksidaciju radi smanjenja emisije CO i UHC.

Katalizator je u funkciji i nakon 14.000 sati rada koji se tijekom reakcije kemijski ne mijenja.

U pogledu ekonomičnosti stroja, razvitak cijena energije (1999.) bio je na štetu širenja ove vrste tehnologije. Naime, cijene prirodnog plina su se povećale za približno 50%. Međutim, cijene el. energije su bile stabilne.

Povrat kapitala iznosi 10 i više godina ("pay back"). To je stvarnost na početku 2000. godine, s malom mogućnošću prodora na tržište (18).

2.4. Autor svrstava u grupu mikro turbina one čiji se kapacitet kreće od 30-300 kW. Kao u svakoj aktualnoj temi pomiješane su stvarne činjenice i mit oko tog malog postrojenja za proizvodnju el. energije i topline (14).

Danas postoji sedam programa mikro turbina u Europi, Sj. Americi i Japanu. To su: Honeywell u suradnji sa Signalom, Capstone, Ingersoll Rand (NREC); Eliot, Turbec, (Volvo/ABB); Bowman i Toyota. Osim navedenih kompanija, ima izvjestan broj koje također sudjeluju u razvitku projekta.

Japano ministarstvo za vanjsku trgovinu i industriju (MITI) nedavno je oformilo komisiju radi unaprjeđenja razvitka mikro turbinske tehnologije. U tu komisiju su uključene svjetski poznate industrije, pretežno automobilske (Hitachi, Toshiba, Mitsubishi, Toyota, Kawasaki – teška industrija te IHT).

Konkurentna rješenja su ponuđena za strojeve od strane Ingersoll Rand od 70 kW te Toyote od 300 kW. Oba modela se baziraju na potrebama automobilske industrije. U prvom stadiju turbine pokreće kompresor, a u drugom radna sposobnost stroja (load).

Takva konstrukcija stroja omogućava dulji život turbine, a potencijalno i većoj učinkovitosti uz eliminaciju gubitaka kao posljedice velike brzine električnog generatora i elektronike ("power electronic") (14).

Prednosti uporabe mikro turbine:

- kompaktan uređaj u odnosu prema konvencionalnim usporedivim kapacitetima gorivih ćelija;
- zanemariva vibracija;
- buka se relativno lako smanjuje zahvaljujući visokoj frekvenciji;
- niska emisija štetnih tvari – Mnogi uređaji imaju manju emisiju NO_x i CO u odnosu prema nazmjerničnim strojevima ("reciprocating engines") koji rabe slična goriva;
- niski troškovi održavanja;
- sposobnost da rabe različita goriva;
- stroj je konstruiran da radi 24 sata – 7 dana tjedno;
- pojednostavljeno je iskorištenje topline obzirom da je sva toplina ponovo vraćena preko ispušne cijevi za otpadne plinove;
- gdje je problem buke i vibracije;
- širok obujam topline zraka (200-250°C) može se učinkovito koristiti (14).

Nedostaci mikro turbine:

- troškovi kapitala (osnovni) su znatno veći nego kod konvencionalnih strojeva slične veličine;
- blok postrojenje je više podloženo oštećenjima;
- vrijeme do punog pogona može biti duže nego kod konvencionalnih strojeva, zavisno od konstrukcije (14).

Primjena mikro turbine:

Najbolja je iskoristivost ako se rabi:

- pri radu velikog broja sati godišnje;
- pri radu koji zahtijeva puno opterećenje (14)

Uvođenje mikro turbine u industriju, smatralo se, da to predstavlja "cijepanje tehnologije" ("disruptive technology") jer su fundamentalno utjecale na rad i proizvodnju el. energije. Međutim, sada su mikro turbine raspoložive, a kroz pet godina tehnologija će biti, vjerojatno, više evolutivna nego revolucionarna.

Asortiman proizvoda koji koriste otpadnu toplinu je u porastu – (skladište topline, asimilacija hladnoće, eliminacija vlažnosti i dr.).

Razvitkom tehnologije mikro turbine i cijene kW će se postupno smanjivati. Međutim, ono što će posebno zadati mnogo truda i napora je izgraditi velik broj instalacija i uređaja te mrežu za distribuciju topline.

Inicijativa US Department-a Energy (DOE) u pogledu unaprjeđenja rada mikro turbine brzo će rezultirati novim tehnologijama. DOE radi na tome da mikro turbina bude u stanju proizvoditi i više od 40% el. energije. To će se ostvariti pomoću osovine turbine proizvedene od keramike, te temperatura od približno 1000°C.

Očekuje se da će navedena poboljšanja biti ostvarena u roku od 3 do 5 godina (14).

2.4.1. Procjenjuje se da je tržište zainteresirano za male, odnosno mikro kogeneracije od 30 kW do 200 kW. To je raspon koji odgovara uslužnom sektoru, ali ne i isključivo. Tehničke barijere su otklonjene. Međutim, u daljnjem razvitku gorivih ćelija potrebno je postići poboljšanje ekonomičnosti goriva, veću pouzdanost u radu, niže troškove kapitala (nižu proizvodnu cijenu) te niže troškove održavanja (10).

2.5. **Parna turbina** ima najlošiju elektroenergetsku učinkovitost u odnosu prema plinskom stroju i plinskoj turbini. Međutim, parna turbina ima velike mogućnosti uporabe (otpadne) topline. Iz rashladnog sustava ispušnih plinova koristi se vrela i hladna voda, pare niskog, srednjeg i visokog tlaka. Proizvodnja el. energije iznosi od 18 do 22%.

2.6. **Uporaba gorivih ćelija** kao kogeneracijskih postrojenja uzrokovana je prednostima u odnosu na motore i turbine. Širok je raspon mogućnosti uporabe gorivih ćelija za proizvodnju el. energije i topline, pa se ta postrojenja sve više rabe iz slijedećih razloga:

- proizvodnja se odvija s nižim toplinskim opterećenjem u odnosu prema motorima i turbinama;

- moguće je postići visoku učinkovitost kod malih i velikih postrojenja;
- goriva ćelija provodi el. energiju i toplinsku energiju izravno iz kemijske energije plina elektrokemijskom reakcijom bez standardnog izgaranja goriva;
- emisija NO_x prouzročena izgaranjem je zanemariva i iznosi svega 10 ppm. Visoka učinkovitost osigurava i znatno manju emisiju CO₂ koja je također zanemariva;
- postrojenja gorivih ćelija mogu se izgraditi samo gdje je potreba za el. energijom i toplinom, uključujući i podzemne prostorije urbanih prostora;
- visok stupanj iskorištenja goriva – u električnom dijelu do 50%, a u toplinskom i do 45%;
- mogućnost uporabe raznih vrsta plinova bogatim vodikom;
- ne stvaraju buku prilikom rada;
- mogu rabiti vrlo niski tlak plina;
- utjecaj na okoliš je praktički zanemariv;
- toplinsku energiju je moguće dobiti kao toplu vodu i niskotlačnu paru (7,20).

2.6.1. Tehnologija gorivih ćelija je čista i učinkovito koristi gorivo, nemaju pokretnih dijelova što povećava održavanje. Međutim, njihova proizvodnja je za sada dosta skupa, a i pouzdanost nije dokazana u pogledu izdržljivosti materijala.

Gorive ćelije kapaciteta 200 kWe ("Phosphoric Acid Technology") nalaze se na tržištu godinama. Opće je mišljenje, međutim, da nisu dovoljno "zrele" ("mature") da bi zauzele značajnije mjesto na tržištu. Treba istaći da se ta tehnologija podržava na tržištu. Nedavno je iz automobilske industrije preuzeta goriva ćelija

("Proton exchange membrane" – PEM). Te gorive ćelije mogu osigurati toplu vodu od 90°C, a raspon njihovog kapaciteta prikladan je za kogeneraciju u uslužnom sektoru. Predviđa se, da će se neke od njih koristiti kao prototip za stacionirane kogeneracije.

U pogledu razvitka kogeneracije gorive ćelije PEM predviđa se da bi bila na tržištu (masovna proizvodnja) u roku od četiri do sedam godina.

Zahvaljujući činjenici elektrolit PEM (PEFC) gorive ćelije, polymer mebrane, daleko je najjeftiniji način proizvodnje el. energije i topline iz vodika. S obzirom na prilično jednostavnu strukturu koja u kombinaciji s radnom temperaturom od 80° do 90°C – prikladan je za opskrbu stambenih zgrada, kuća za stanovanje, privatnih kuća, u bližoj budućnosti i u automobilskoj industriji.

Mnogi od vodećih proizvođača u svijetu uključile su se u razvitak gorive ćelije za putnička vozila i autobuse, koje bi trebale zamijeniti konvencionalne motore s unutarnjim izgaranjem.

2.6.2. Ozbiljni naponi su uloženi s ciljem smanjenja broja galvanskih elemenata i poboljšanja kvalitete goriva. S obzirom na primjenu u putničkim vozilima, trebat će prilagoditi i veličinu gorivih ćelija. Međutim, najveća je pozornost usmjerena ipak osim na veličinu, na težinu, i izbor goriva te kako smanjiti troškove proizvodnje gorivih ćelija. Kad je riječ o izboru goriva, onda je bez premca ukapljeni vodik. Međutim na današnjem stupnju razvitka vodik nije moguće nabaviti na benzinskim postajama. Taj problem je moguće riješiti kad bude riješeno uskladištenje ukapljenog vodika. Prednost vodika je i u tome što ne

Tablica 3. Pregled različnih vrsta gorivih ćelija, proizvodna svojstva i mogućnost primjene

Vrsta gorive ćelije	Gorivo	Radna temperatura	Elektrolit	Mogućnost primjene
<u>AFC</u> Alkalne Fuel Cell	Čist Vodik	70°C	Lužina	Zračni brodovi, primjena u rudarstvu
<u>PEM (PEFC)</u> Proton Exchange Mebrane Fuel Cell	Vodik uključujući male količine CO ₂ i N ₂	80°C	Polymer mebrana	Mali obrt, kompjuterska oprema, kuće (familijarne) rezidencije, auto, autobus
<u>PAFC</u> Phosforic Acid Fuel Cell	Vodik s dodatkom malih količina CO ₂ i N ₂	200°C	Fosforna kiselina	Apartmani, uredske prostorije, javni bazeni za kupanje
<u>MCFC</u> Molten Carbonate Fuel Cell	Vodik CO	Približno 650°C	Otopljen lithium i kalijev karbonat	Apartmani, kuće, industrijski kompleksi
<u>SOFC</u> Solid Oxid Fuel Cell	Vodi, CO, methane	Približno 850°C	Sloj keramike	Obiteljske kuće, apartmani, industrijski kompleksi

Izvor: Wilfried Bucholz – How will emerging technologies impact the future of Micro and Small scale Cogeneration 21-WGC-6-9 June 2000. Nice – France

zahtijeva proces reformiranja. Diskusije se vode i o mogućnostima uporabe metanola, benzina. Metanol se proizvodi svuda, ali emisija štetnih tvari će se povećati, uz opasku da sadrži u mnogo manjem obujmu ugljikovodike. Zbog toga je potrebno namješavanje benzenom ili aditivima. Najveći problem je nedostatak mreže za distribuciju. Osim toga, metanol je otrovni materijal koji zahtijeva rukovanje s najvećim oprezom.

Ukoliko benzin bude izabran kao gorivo, postojeća kompletna infrastruktura može se koristiti. Negativna strana uporabe benzina je povećana emisija štetnih tvari posebno CO₂. Međutim, ova se opaska odnosi na sadašnju tehnologiju proizvodnje benzina.

2.6.3. Primjena gorivih ćelija je jednostavnija u stambenim zgradama nego primjena u prometu (automobil, kamion i dr.). U posljednje vrijeme u SAD, Njemačkoj, Japanu razne kompanije istražuju i testiraju gorivu ćeliju PEM ("Proton Exchange Membrane Fuel Cell"), malog kapaciteta, za uporabu u obiteljskim kućama i apartmanima. Jedna od tih kogeneracijskih jedinica pod nazivom "Home Energy Centre" (HEC) proizvodi DAIS Corporation - Odessa - Florida - USA. Jedinica je sastavljen i kompletirana od strane HGC - Hamburg Gas Consult GmbH (Hamburg - Njemačka). Za sada je 6 Alpha jedinica instalirano za različite primjene u Njemačkoj.

Prva jedinica HEC bila je kupljena od Hein Gas Hamburger Gas Werke GmbH, a instalirana u kolovozu 1999. godine u višekatnici s 38 apartmana. Zgrada se nalazi u Harburgu južnom predgrađu Hamburga. Jedinica se sastoji od dva svežnja gorivih ćelija ("Cell stacks") svaki kapaciteta od po 1,75 kW.

Pored visoke ukupne učinkovitosti gorive ćelije u usporedbi sa standardnim parnim kotlom ("Condensing boiler") i termoelektranama pogonjenih ugljenom, goriva ćelija drastično smanjuje emisiju štetnih tvari (ugljikovodike C_nH_m, CO₂, NO_x). Daljnja značajka gorivih ćelija je učinkovitost u proizvodnji el. energije koja doseže do 50% (PEM).

Tablica 4. Potreba za električnom energijom i toplinom u raznim tipovima stambenih zgrada te udio kogeneracije gorive ćelije u podmirenju tražnje

Tip zgrade	Obiteljska kuća	Zgrada sa 6 apartmana	Zgrada sa 12 apartmana	Jedinica mjere
Potražnja el. energije	4,300	29,000	55,000	kWhe - godišnje
Proizvedena od HEC-a	95%	60%	37%	
Potražnja topline	17,000	51,000	86,000	kWh _{th} - godišnje
Proizvedene od HEC-a	100%	41%	25%	

Izvor [12]

Zanimljivo je da se u kombiniranoj potrošnji energije u stambenim zgradama (tabl. 4) potrošnja prirodnog plina povećala između 30 i 40% uz smanjenje emisije CO₂ između 11 i 20% ali i ostalih plinova staklenika.

Zgrade su građene prema njemačkim standardima iz 1995. godine (12).

Uz poboljšanje ekonomičnosti u proizvodnji gorivih ćelija, njihova je uporaba determinirana smanjenjem proizvodnih troškova. To je moguće ostvariti u masovnoj proizvodnji, odnosno potražnji.

Pretpostavlja se da će Alpha goriva ćelija biti u serijskoj proizvodnji u 2003. godini.

Podatak koji privlači našu posebnu pozornost glasi: "Očekuje se da bi HEC - fuel cell mogla imati pretežni udio u opskrbi energijom stambenih zgrada u Njemačkoj u razdoblju od pet do deset godina (12). Podatak koji izaziva divljenje, ali i oprez i sumnju.

2.6.4. Kompanija Sulzer Hexis Ltd osnovana 1997. godine, aktivna je u razvitku proizvodnji i marketinškoj ponudi gorive ćelije, koja je ekološki i ekonomski primjerena u području kogeneracije.

Sulzer Hexis je razvio gorivu ćeliju SOFC (Solid Oxid Fuel Cell) visokih temperaturnih svojstava, posebnih karakteristika materijala, procesa kontrole i cjelovitosti sustava.

Sustav gorive ćelije, u današnje doba, bio je razvijen da zadovolji potražnju kućanstva u el. energiji. Neiskorištena toplina se može istodobno koristiti i za opskrbu toplom vodom (grijanje i dr.).

Prva generacija gorive ćelije Hexis sistema snage 1 kW električne energije, uz učinkovitost od 40%, planirana je za 2001. godinu.

Solid oxide fuel cells (SOFC) izabrana je zbog njenih prednosti - jednostavnom u fazi pripreme goriva. To omogućava širok raspon uporabe goriva fosilnog i biološkog podrijetla. U 2001. godini goriva ćelija Hexis koristit će prirodni plin kao pogonsku snagu.

Oxid fuel cell - goriva ćelija je jačine 1 kW el. i 2 do 3 kW topline koja se može pohraniti, dok se ne ukaže potreba za njenu uporabu.

Od rujna 1998. godine poboljšan je rad gorive ćelije SOFC, tako da su pokusi dobili dugoročno obilježje, pa je istodobno goriva ćelija u radu u šest gradova u svijetu: Bazelu, Oldenburgu, Duisburgu, Tokiju, Bilbao i Groningen (Nizozemska).

Jedinice u tim gradovima bile su u pogonu 21.000 radnih sati i proizvele, približno, 10.000 kWh el. energije koja je predana u javnu el. mrežu. Očekuje se da bi se broj sati el. energije u 2000. godini mogao barem udvostručiti, s obzirom da će sustav biti duže vrijeme u pogonu.

Podaci za prvi kvartal 2000. godine potvrđuju realnost predviđanja. Naime, u tom razdoblju gorive ćelije bile su u pogonu 9.000 sati, uz maksimalnu učinkovitost od 40% proizvodnje el. energije (13).

Tablica 5. Tehnički podaci gorive ćelije (DOFC – Solid Oxid fuel cells) – Hexis system

Promjer	120 mm
Visina	518 mm
Broj ćelija	70
Ukupna površina (Cell Area)	0.7 m ²
Radna temperatura	950°C
Napon	39 V
Jakost	27 A
Snaga	1053 W
Gorivo	Prirodni plin iz niskotlačne mreže (lit. 13)

Obilježja i prednosti gorive ćelije Hexis system:

- Fleksibilnost u izboru goriva;
- Uporaba tijekom cijele godine;
- Visoka učinkovitost;
- Nema emisije NO_x ni CO;
- Niski troškovi održavanja uz tih rad bez buke (13).

2.6.5. Načela rada Stirling motora bila su poznata skoro prije 200 godina. Međutim, do nedavna, tehnički problemi i troškovi investiranja bila su zapreka širenju ove tehnologije uporabe goriva. Stirling stroj može rabiti sve vrste goriva, kao gorivo izvan pokretne stubline.

Rad stroja je tih i iz razloga zaštite životne sredine prihvatljiv. Očekuje se da će za nekoliko godina biti spreman za tržište u konkurenciji s izmjeničnim strojevima i gorivim ćelijama. U 1999. godini dvije danske kompanije NSA i DONG istodobno su testirale u laboratorijima vrlo male Stirling strojeve od 0,8 kWe, i 5 kWe topline.

Ispitivanja su obavljena u uvjetima rada s prekidima, a druga, u kontinuiranom radu. Stroj je bio u radu 1400 sati, a registrirani su sljedeći rezultati: $h_{el.} = 8\%$, a $h_{(topl.)} = 81\%$. Ukupna učinkovitost je blizu prihvatljivih 89%.

Prilično mala proizvodnja el. energije može zadovoljiti potrebe većine kućanstava. Emisija CO = 180 ppm, a NO_x 100 ppm kod 5% O₂. Jačina zvuka kreće se na razini od 43 dB (A). Posebno se ukazuje na okolnost da razina cijena prirodnog plina u odnosu na niske cijene energije mogu biti zapreka bržem prodoru sustava Stirling motora. Tehnički problemi su po svoj prilici riješeni, ostaje da se znatno poboljša ekonomičnost proizvodnje Stirling motora (18).

3. INVESTICIJSKA ULAGANJA I TROŠKOVI ODRŽAVANJA

3.1. Ekonomičnost proizvodnje malih i mikro kogeneracija određena je troškovima kapitala, troškovima goriva te troškovima održavanja. U troškove kapitala spadaju troškovi kapitala ("interest costs") i amortizacija (otpis – write offs). Specifične investicije

se kreću između 600 US\$/kW do 2000 US\$/kW, zavisno od zemlje proizvođača i veličine kapaciteta. Male jedinice su skuplje, s obzirom na mali obujam proizvodnje. Glavni razlog relativno visokih troškova investicija su relativno visoki troškovi kontrole i dodatne opreme nezavisno od veličine postrojenja (grafikon 1).

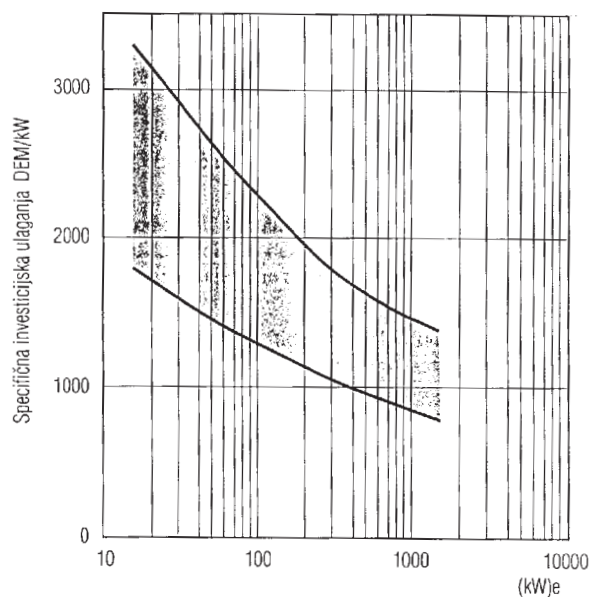
Postrojenja koja se rade po narudžbi su u pravilu skuplja od onih koja se proizvode serijski.

Plinski motor koji radi na načelu paljenja iskrom ("spark ignition") u odnosu na primjer, fuel cells ne zahtijeva znatno veće investicije po kW nego moderno postrojenje velikog kapaciteta – termocentrale. Tehnička amortizacija postrojenja može biti duža od 15 godina, što je također konkurentno velikim termocentralama (19).

Vrlo je instruktivan podatak o kretanju investicija u plinske naizmjenične mikro kogeneracijske strojeve u Danskoj. Proizvođači, su Fichtel and Sachs, Köhler and Siegel, Tedom i CES. Investicije se kreću od 386 US\$ za kW_(el) – za stroj kapaciteta od 5,5 kWe₁ do 209 US\$ za stroj od 51 kWe₁. Povrat kapitala ("pay back") iznosi 10 i više godina.

3.2. Troškovi održavanja i operativni troškovi malih jedinica kreću se od 0,01 i 0,03 US\$/kWh. Troškovi iznad 0,01 US\$/kWh su razlog za razmišljanje.

Suvremena konstrukcija kao i praćenje procesa i kontrola doprinose uspješnom radu stroja. Da bi se osigurala ekonomičnost i pouzdanost rada jedinice kogeneracije, potrebno je da besprijekorno funkcionira sustav managementa koji se sastoji u primanju informacija te upozorenja o eventualnim nedostacima u radu jedinice.



Grafikon 1. Investicijska ulaganja u kogeneracijska postrojenja paketne izvedbe s plinskim motorom

Izvor: [7]

3.3. Važna karika u oblikovanju cijena proizvoda kogeneracije predstavlja cijena goriva.

Većina tarifnih sustava prodaje prirodnog plina preferira veliku i konstantnu potrošnju, pa je cijena plina ovisna o obujmu i stalnosti prodaje.

4. EKOLOŠKI ASPEKTI UPORABE KOGENERACIJSKIH POSTROJENJA

4.1. Kogeneracijska postrojenja u pravilu znatno manje zagađuju okoliš u odnosu prema klasičnim elektroenergetskim postrojenjima, ovisno o primijenjenoj tehnologiji, goriva koje se rabi te učinkovitosti postrojenja.

Na osnovi iskustva kogeneracijska postrojenja štede se 35% do 40% primarne energije, koja se pretvara u sekundarnu, a na taj način se istodobno smanjuje zagađivanje okoliša. Tako se na primjer smanjuje emisija CO₂ za 59%, a NO_x za približno 26% ukoliko su postrojenja pogonjena prirodnim plinom.

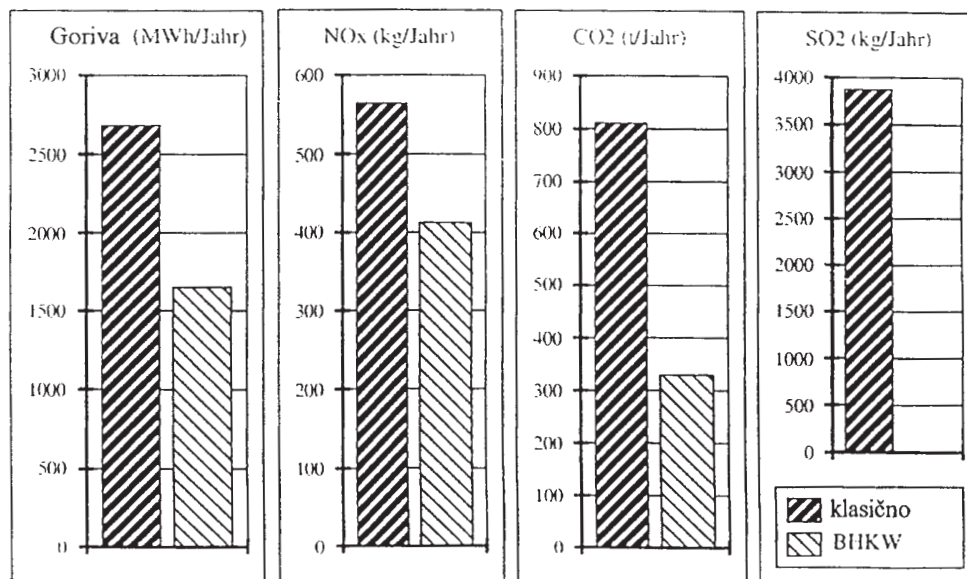
Međutim, u pravilu kogeneracijska postrojenja nemaju visoke dimnjake tako da emitirani plinovi znatno opterećuju neposredno područje (7).

4.2. Znatna napredak u proizvodnji mikro kogeneracija učinjen je u Njemačkoj, gdje je proizvedena jedinica BHKW – Model 110 i S (grafikon 2,3 i 4). Ono

Smanjenje zagađenja okoliša postignuto s BHKW-modulom GG 110i S Kogeneracijske izvedbe

u odnosu na proizvodnju električne energije u termoelektranama na ugljen i proizvodnju toplinske energije u uljnim kotlovima, uz istu količinu korištene energije, godišnje:

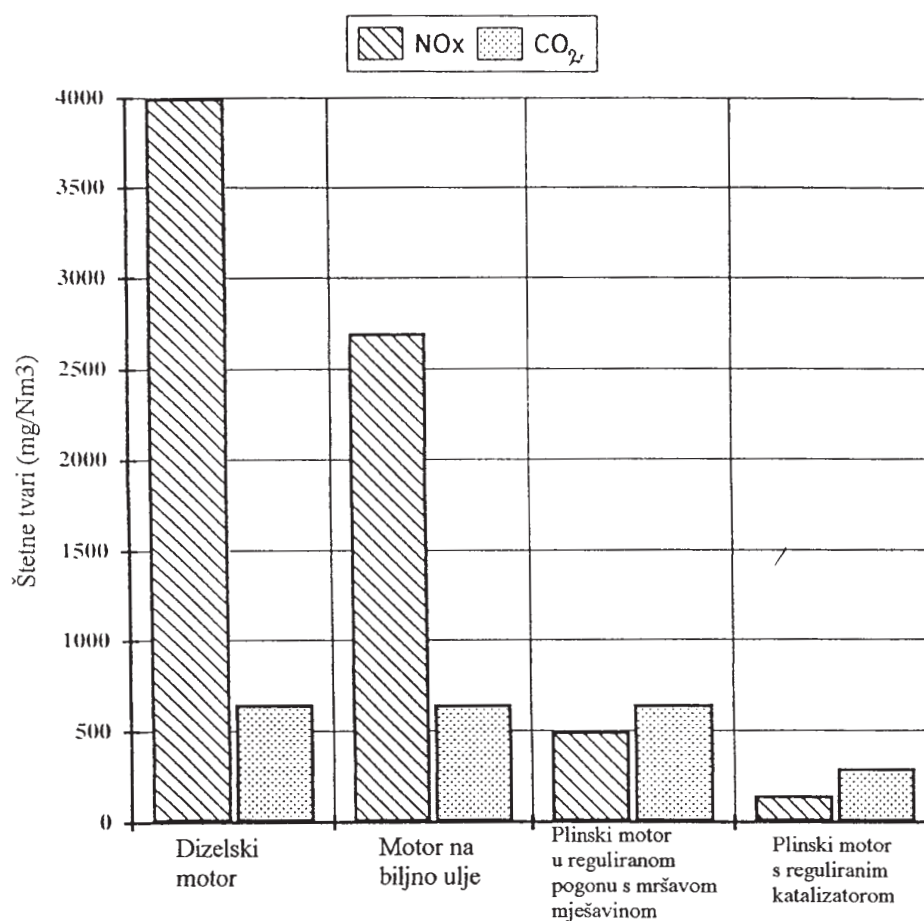
	BHKW	Termoelekt.	Kotao	Zbroj	Ušteda	%
Električna snaga (kW)	110	110				
Toplinski učinak (kW)	193		193			
Potrebe goriva (kW)	331					
Vrijeme rada (h/god)	5000					
Elektr. korisna energ. (MWh/god)	550,0	550,0		550,0		
Toplin. koris. energ. (MWh/god.)	965,0		965,0	965,0		
Stupanj djelovanja		34,0	90,0			
Potrebe goriva (MWh/god.) (ugljena/ulja/plina)	1655,0	1617,6	1072,2	2689,9	1034,9	38,5
NO _x – faktor emisije	0,25	0,25	0,15	*		
CO ₂ – faktor emisije	200	330	260	*		
SO ₂ – faktor emisije (g/kWh)	0,0018	2,10	0,45	*		
Emisije štetnih tvari						
NO _x (kg/god.)	413,8	404,4	160,8	565,2	151,5	26,8
CO ₂ (t/god.)	331,0	533,8	278,8	812,6	481,6	59,3
SO ₂ (kg/god)	3,0	3397,1	482,5	3879,6	3876,6	99,8



Grafikon 2. Kogeneracijske izvedbe

Izvor: [8]

Emisije štetnih tvari tijekom pogona kogeneracijskog postrojenja



Štetne tvari	NO _x mg/Nm ³	CO ₂ mg/Nm ³	
Dizelski motor	< 4000	650	(TA-zrak-granica)
Motor na biljno ulje	< 2700	650	
Plinski motor u regul. pogonu s mršavom mješ.	< 500	650	(TA-zrak-granica)
Plinski motor s reguliranim katalizatorom	< 150	300	

Grafikon 3.

Izvor: [8]

što je posebno značajno jest podatak da postrojenje pogonjeno prirodnim plinom ostvaruje uštedu u primarnoj energiji, u odnosu na postrojenje približno iste veličine pogonjeno ugljenom, 38,5% uz istodobno smanjenje emisije CO₂ za 59,3% te NO_x za 26,8%.

Krajem 1999. godine, u Njemačkoj, je bilo u pogonu 6000 jedinica.

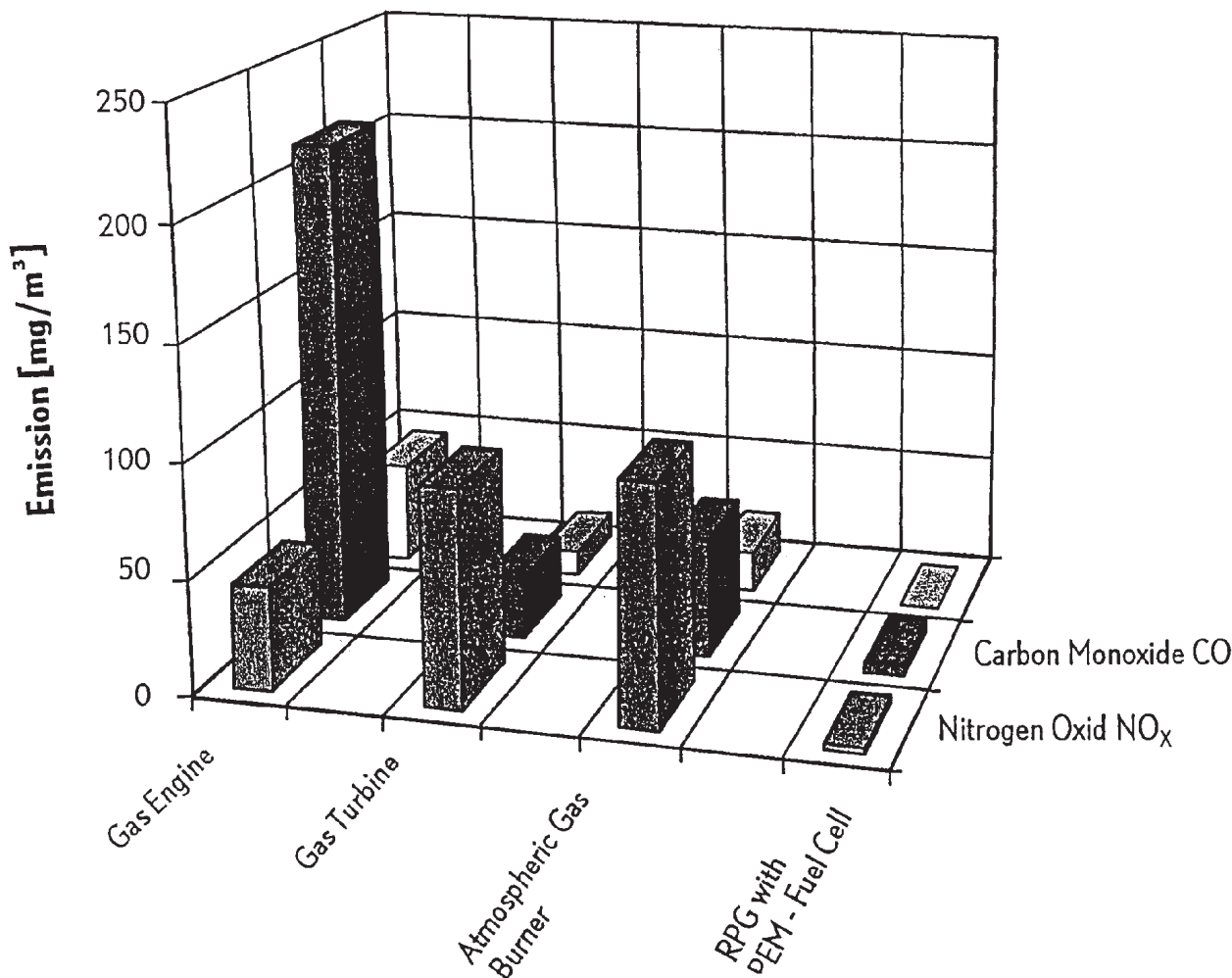
4.3. Emisija štetnih tvari ostvarena u gorivoj ćeliji

PEM znatno je manja u usporedbi s ostalim elektroenergetskim postrojenjima. To se reljefno očitava u graf. 4. Emisija CO i NO_x je zanemariva.

5. PROCJENE BUDUĆE PROIZVODNJE MALIH I MIKRO KOGENERACIJA

5.1. Bitna su obilježja suvremenog svijeta, između ostalog, i sve veća potrošnja energije, posebice el. energije. S obzirom da je u dijelu svijeta gotovo nedostupna el. energija (posebno zemlje južno od Sahare), to potencira buduće potrebe u elektroenergetskim objektima. Vjerujem u progres, koji će bar u skromnom obujmu poboljšati društveni i životni standard i tih zemalja u skorijoj budućnosti, što će se odraziti i na potrošnju el. energije.

Emission of a Cogeneration Fuel Cell in Comparison with Other Power Plants



Grafikon 4. Emisija kogeneracije gorive ćelije PEM u usporedbi s ostalim elektroenergetskim postrojenjima

Legenda:

- Gas Engine - plinski stroj
- Gas Turbine - plinska turbina
- Atmospheric Gas Burner - atmosferski plinski plamenik
- PEM - Fuel Cell - goriva ćelija PEM

Izvor: [12]

Deregulacija i liberalizacija u proizvodnji i potrošnji el. energije u elektroprivrednim poduzećima, brzo će transformirati nove učinkite proizvodnje i potrošnje el. energije, u čemu znatan udio imaju i male i mikro kogeneracije.

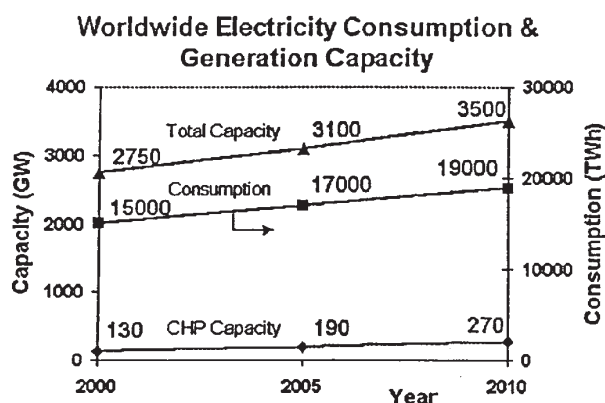
Deregulacija će pridonijeti ne samo smanjenju utjecaja monopola centraliziranih elektroenergetskih kompanija, nego i disperziji kogeneracije kapaciteta do 10 MW. Istodobno razvijat će se konkurentnost između kompanija, koje se bave proizvodnom i potrošnjom energije proizvedene u kogeneracijskom sustavu.

5.2. U razdoblju od 2000. do 2010. godine, potrošnja el. energije u svijetu rast će s prosječnom godišnjom stopom od 2,4%.

Istodobno se predviđa da će godišnja stopa rasta razvika kapaciteta kogeneracije do 10 MW iznositi 10%.

Kapaciteti kogeneracije danas iznose 4,7% od ukupnih kapaciteta za proizvodnju el. energije, a tijekom 2010. godine njihov udio će se povećati na 7,7% (graf. 5).

U sklopu razmatranja tendencija strukturalnih promjena u proizvodnji malih i mikro kogeneracija, podaci u tablici 6 i slici 3 to najbolje ilustriraju.

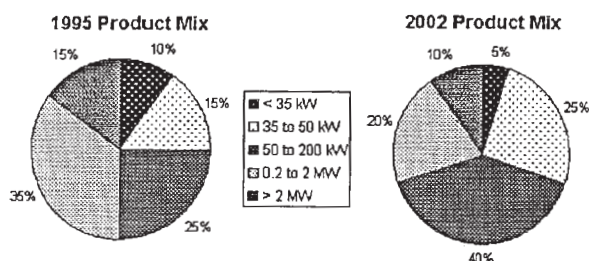


Grafikon 5. Projekcija buduće potrošnje i proizvodnih kapaciteta električne energije u svijetu

Izvor: [10]

Tablica 6. Očekivana struktura proizvodnje malih i mikro kogeneracija

1995.		2002.
	%	%
Snaga do 35 kW	10	5
Snaga od 35 do 50 kW	15	25
Snaga od 50 do 200 kW	25	40
Snaga od 0,2 do 2 MW	35	20
Veće snage od 2 MW- 10 MW	15	10
Ukupno	100,0	100,0 (lit. 10)



Slika 3 – Struktura proizvodnje malih i mikro kogeneracija (1995 i 2002).

Izvor: [10]

Iz tablice 6 može se zaključiti da će najveći porast zabilježiti mikro kogeneracije kapaciteta od 50 do 200 kW tj. od 25% na 40% udjela u ukupnoj proizvodnji el. energije.

Predviđa se da će u Europi do 2010. godine biti instalirano približno 30 GW snage mikro kogeneracija u 300.000 jedinica malih turbina kapaciteta u rasponu između 30 do 200 kW (10).

Visoka učinkovitost kogeneracija pogonjenih plinom predstavljaju znatan doprinos u smanjenju emisije otrovnih plinova i plinova staklenika koju generiraju relativno slabi učinkoviti sistemi. Osim toga, dobrobit se sastoji i u minimalnim gubicima energije što ima za posljedicu smanjenje u investicijama za nove objekte.

5.3. U strategiji energetskeg razvitka Republike

Hrvatske (1998.) predviđa se također brz razvitak malih kogeneracija iz kojih bi proizvedena toplina u 2030. godini iznosila 4% od ukupne proizvodnje. Posebno se predviđa brz razvitak malih kogeneracija u sektoru kućanstva, usluga, bolnica, administrativnih i sportskih objekata te u većini i manjim sustavima područnog grijanja.

Osim toga, predviđa se, da bi u tim postrojenjima u 2030. godini bilo proizvedeno 1 TWh el. energije.

Kao ulazna energija za kombiniranu proizvodnju toplinske i el. energije predviđa se korištenje prirodnog plina s 46% te derivata nafte, biomase i sunčeve energije s 54%. Udio obnovljivih izvora energije dosegao bi čak 38% (4).

6. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Budućnost će pokazati kako dosadašnji razvitak malih i mikro kogeneracija opravdava predvidivi razvitak u idućim godinama. Tehnologija kogeneracij treba biti troškovno učinkovitija zahvaljujući masovnoj proizvodnji. Osim toga, ta tehnologija će ponuditi potrošaču više fleksibilnosti i pouzdanja nego konvencionalni centralizirani sustavi.

Decentralizacija proizvodnje el. energije brzo će odgovoriti na promjene u pogledu zahtjeva potrošača.

Decentralizirana proizvodnja el. energije omogućit će brže prilagođavanje kapaciteta u mreži el. energije. Poboljšanje zaštite životne sredine, zahvaljujući većoj učinkovitosti kogeneracije za mnoge zemlje, posebno najrazvijenije, može biti važno oruđe u ostvarenju njihovih ciljeva u sferi smanjenja emisije CO₂ i drugih plinova staklenika.

Proizvodnja el. energije predstavljat će dio buduće potražnje prirodnog plina. Porast neće doći sama po sebi, trebat će uložiti dosta rada i kreativnih razmišljanja, a to se posebno odnosi na očekivanu ekspanziju decentralizirane proizvodnje el. energije i topline uporabom malih i mikro kogeneracija.

Prirodni plin je gorivo koje će biti most od fosilnih goriva do obnovljivih izvora energije, a istodobno i most od centraliziranih energetskeg sustava do fleksibilnijih decentraliziranih.

Koja će se od postojećih mikro tehnologija pokazati dominantna u budućnosti, teško je predvidjeti. Izmjenični strojevi kapaciteta u rasponu od 1 do 30 kW, bit će dominantni na tržištu koje u stopu prati razvitak mikro turbina. Izmjeničnim strojevima će u skoroj budućnosti, u razdoblju od deset godina biti konkurentni gorive ćelije i Sterling strojevi.

S obzirom da proizvodnja malih kogeneracija ima dugu tradiciju, to zaslužuje epitet klasične. Proizvodnja malih kogeneracija odvijat će se usporedno s potrebama gospodarstva, uslužnih djelatnosti, područnog grijanja i dr.

U razdoblju od 2000. do 2010. godine, u svijetu godišnja stopa rasta razvitka kapaciteta kogeneracije do 10 MW iznosit će 10%, tako da bi udio malih i mikro kogeneracija u 2010. godini iznosio 7,7% od ukupno instaliranih kapaciteta za proizvodnju el. energije. U 2000. godini kapacitet malih i mikro kogeneracija iznosio je 4,7%.

Na pragu smo snažnih evolutivnih promjena, od centralizirane proizvodnje i potrošnje el. energije i topline prema učinkovitijoj decentraliziranoj. Budućnost će pokazati koliko su naša optimistična očekivanja bila realna.

LITERATURA

- [1] H. J. RASMUSEN: "Technological Progress and the Energy Challenges – The Role of Natural Gas", *Revue de l'Énergie* N° 508 Juillet-aout 1999., Paris str. 391.
- [2] Dr. K. BRENDOW: "Energy Sector Deregulation and Technical Development" – *Revue de l'Énergie* N° 508 Juillet-aout 1999., Paris str. 393-397.
- [3] J. CHESHIRE: "New Policy for Energy RD and D – and Inovation in Liberalised Markets", *Revue de l'Énergie* N° 508 Juillet-aout 1999., Paris str. 416-420.
- [4] Strategija energetskog razvitka Republike Hrvatske, Ministarstvo gospodarstva RH – Energetski institut "Hrvoje Požar", Zagreb, srpanj 1998.
- [5] Energija u Hrvatskoj: 1991-1995. - Godišnji energetski pregled, Ministarstvo gospodarstva RH, Energetski institut "Hrvoje Požar" – Zagreb, listopad 1996.
- [6] Energija u Hrvatskoj 1995-1999. - Godišnji energetski pregled - Ministarstvo gospodarstva RH, Energetski institut "Hrvoje Požar" – Zagreb, prosinac 2000.
- [7] M. ŠUNIĆ: "Efikasnost koegeneracijskih postrojenja", *Energetika – Marketing*, Zagreb, 1996.
- [8] "Das Massgeschneiderte Energie konzept für die Versorgung mit Strom and Wärme" 16. Međunarodni znanstveno-stručni susret stručnjaka za plin – Opatija, 2-4.05.2001., Hrvatska
- [9] 21. World gas Conference Nice – June 6-9. 2000. France, Round Table 71.
- [10] A. JULIA: "Pushing small Scale Cogeneration info the Market – 21. W.G.C. Nice, june 6-9. 2000. France
- [11] K. IKEDA, H. SAKAMOTO, H. IWAMOTO – Development of the Ceramic Natural gas Engine (CGE) Cogeneration system", 21. W.G.C. June 6-9. 2000. Nice, France
- [12] W. BUCHHOLZ: "How will Emerging Technologies Impact the Future of Micro and small Cogenerations?", 21. W.G.C. – June 6-9. 2000. Nice, France
- [13] Dr. M. SCHMIDT, R. DIETHELM: "The Hexis Project: Natural gas Powered Fuel Cell Cogeneration Systems for Domestic Use", 21. W.G.C. – June 6-9.2000. Nice, France
- [14] J. T. JOHNSON: "How Will Emerging Technologies impact the Future of Micro and Small. Scale Cogeneration – Small gas Turbine", 21. W.G.C. – June 6-9-2000. Nice, France
- [15] R. MITCHENALL: "Shells Interests in Applications of gas for Power Generation and how this Impacts Market Presente", 21. W.G.C. – 6-9. June 2000., Nice, France
- [16] Prof. dr. sc. R. PROTIĆ: "Kriteriji prigodom izbora fosilnih goriva za proizvodnju električne energije u termoelektranama važan su iskorak u pravcu učinkovite uporabe energetske resursa", *Energija* 49/2000., br. 5 – Zagreb
- [17] P. BRUEL: "Quelques reflections sur l'Experience Française – La Cogeneration", 21. W.G.C. 6-9. June 2000. Nice, France
- [18] A. H. PEDERSEN: "Reciprocating engines for micro cogeneration (Å kW_{e1})", 21. w.g.c. – 6-9. June 2000. Nice, France
- [19] 19th WGC – Report of Committee F – Industrial and Commercial Utilization of Gases – State of the Art of Small – Scale cogeneration – Milan 20/23.06.1994.
- [20] Prof. dr. sc. R. PROTIĆ– "Uporaba prirodnog plina u proizvodnji električne energije pomoću gorivih ćelija (Fuel Cells)", *Energija* – god. 46, broja 1, Zagreb, veljača 1997.

EFFICIENCY OF SMALL AND MICRO COGENERATIONS

The efficiency of small and micro cogenerations of different construction for decentralised electric energy and heat production related to big energy systems is given. Beside efficiency, economic and ecological advantages are analysed now and in the future.

LEISTUNGSFÄHIGKEIT KLEINER UND KLEINSTER MITERZEUGUNGEN

In Erwägung gezogen wird die Leistungsfähigkeit einsamer kleiner und kleinster Miterzeugungen der elektrischen Energie und der Wärme verglichen mit grossen energetischen Verbunden.. Neben der Leistungsfähigkeit werden wirtschaftlich und umweltschutztechnisch neuere und künftige Vorteile überprüft.

Naslov pisca:

**Prof. dr. sc. Radmilo Protić, dipl. oec.
Dobri dol 54
10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:
2001-10-01.