

Parnoturbinske tehnologije u kogeneracionim postupcima

Apstrakt

Činjenica da se, zbog korišćenja visokih brojeva obrtaja gradnih kola parnih turbina, gabariti paroturbinskih agregata znatno sporije povećavaju od rasta njihove jedinične snage, bitno je uticala daparne turbine zauzmu dominantno mestou termoenergetskim postrojenjima velikih snaga, pa samim tim i u savremenim kogeneracionim sistemima.

Ovaj rad, u svetlu aktuelnosti kogeneracije kao novog-starog potentnog postupka za istovremenu proizvodnju električne i toplotne energije, predstavlja rezultate istraživanja stanja vezanog za primenu parnoturbinskih tehnologija u svetu i kod nas, kao i stanja ponude na tržištu parnih turbina koje se koriste u kogeneracionim konvencionalnim termoenergetskim tehnologijama.

ZNAČAJ KOGENERACIJE - UVOD

U skladu sa direktivom Evropske unije 2004/8/EC koja se odnosi na promociju kogeneracijeradizadovoljenja potreba potrošača toplotne energije, u ovom radu se pod pojmom kogeneracija podrazumeva simultana proizvodnja toplotne i električne, ili mehaničke energije. Pri tome setoplotna energija koristi za zadovoljenje toplotnih potreba koje bi u suprotnom morale biti zadovoljene iz nekog drugog izvora koji nije kogeneracionog karaktera [1].

Upotreba toplotne energije, koja se generiše pri likom proizvodnje električne energije, povećava ukupnu efikasnost sistema za oko dva puta u odnosu na sisteme koji proizvode samo električnu energiju. U kogeneracionim procesima se, uobičajeno, dostiže energetska efikasnost od 75-80%, dok ta efikasnost kodsavremenih kogeneracionih postrojenja prelazi često i 90% [2].

Opšta je ocena da je raspoloživi potencijal za uštedu energije koji se može dobiti primenom kogeneracije – neiskorišćen, kako u svetu tako i u Srbiji. Dokazane koristi koje donosi primena kogeneracionih tehnologija mogu se grupisati kao što je to opisano u narednom tekstu.

Koristi koje ostvaruje krajnji korisnik:

- smanjeni troškovi za energiju (posledica veće efikasnosti);
- pozitivan uticaj na sigurnost snabdevanja električnom energijom (posledica većeg broja izvora električne energije unutar mreže) i,
- povećan kvalitet snabdevanja električnom energijom (zbog smanjenih padova napona).

Opšte koristi:

- zaštita životne sredine (viša efikasnost rezultuje manjim emisijama štetnih gasova), i
- ušteda energenata i očuvanje nacionalnih resursa (takode kao posledica više efikasnosti).

Koristi za elektrodistributivni sistem:

- industrijska i komunalna kogeneracija može biti alternativa ulaganjima u nove „konvencionalne“ kapacitete.

Važno je da se napred pomenuta sigurnost snabdevanja ne shvati kao jednostavno smanjenje uvozne zavisnosti i povećanje produktivnosti domaće privrede. Na sigurnost snabdevanja treba gledati kao na širok spektar mera i inicijativa čiji je cilj diversifikacija izvora energije i energetske tehnologije uz unapređenje međunarodnih odnosa.

U naučnoj i stručnoj literaturi najčešće se ističe da masovnom korišćenju kogeneracionih tehnologija posebno smetaju:

nedostatak svesti iznjanja:

- nedostatak studija slučaja (nekonzistentne i teške za pronalaženje);
- zaduženi za odlučivanje nisu familijarni sa tehnologijom, konceptom i benefitima;

neizvesno tržište:

- neizvesna otkupna cena električne energije (vodi odlaganju ulaganja i čekanju);
- neizvesna cena energenata (posebno prirodnog gasa);
- stav elektrodistribucija (nezainteresovani u na boljem slučaju);

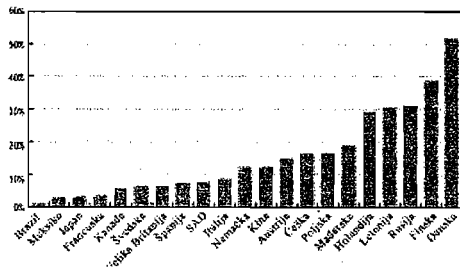
troškovi i period otplate:

- visoki početni troškovi (obeshrabljuju ulaganja usprkos očekivanim uštedama energenata);
- potcenjenavrednost koncepta kogeneracije (potcenjivanje uštede goriva, potcenjivanje dobiti za životnu sredinu i sl.);
- neadekvatne povlašćene tarife (feed-in tarife) i

neprecizne legislative i usporeno administriranje pri realizaciji investicija:

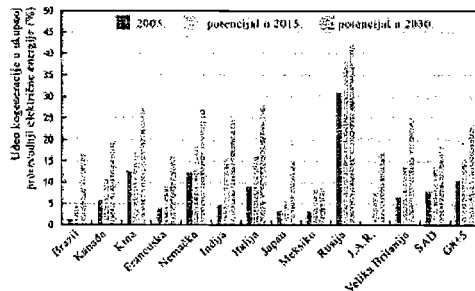
- proces pribavljanja dozvola (često dug i skup);
- povezivanje na mrežu (nekonzistentni standardi, složene procedure, visoki troškovi).

Na slici 1 je prikazan udeo električne energije proizvedene kroz kogeneraciju uvodećim ekonomijama u oblasti kogenerativne proizvodnje energije [3].



Slika 1. Procentualni udeo kogeneracije u proizvodnji električne energije

Trenutni kapaciteti za proizvodnju električne energije iz kogeneracionih procesa u vodećim svetskim ekonomijama, kao i projekcije porasta instaliranih kapaciteta u 2015. i 2030. godini (prema optimističnom scenariju) prikazani su na slici 2.



Slika 2. Trenutno stanje i projekcije (ubrzani scenarij) udela kogeneracije u proizvodnji električne energije vodećih svetskih sila [3]

Prema proceni International Energy Agency (IEA) infrastruktura koja postoji u svetu, a koja je razvijena za potrebe sistema daljinskog grejanja i daljinskog hlađenja je najperspektivnija i najfleksibilnija prilika za široko uvođenje kako kogeneracije tako i upotrebe obnovljivih izvora energije [3].

KRATAK OSVRT NA VRSTE I ULOGU PARNIH TURBINA U KOGENERACIONIM PROCESIMA

Parne turbine su stare i fleksibilne mašine koje omogućuju konverziju energije pare u električnu energiju. Prva faza ovog procesa je ekspanzija pare, tj. pad pritiska i porast zapremine pare, u okviru koje se toplotna energija pare pretvara u kinetičku. U drugoj fazi kinetička energija pare se koristi za pokretanje radnog/radnih kola turbine i stvaranje obrtnog momenta na pogonskom vratilu. Zbog prirode procesa i fizičkih svojstava pare koja učestvuje u njemu, radno/radna kolo se obrće velikim brojem obrtaja, što omogućuje da parnoturbinski agregat može da ima male gabarite pri veoma velikim nominalnim snagama. Ova činjenica predstavlja veliku tehnološko-ekonomsku prednost parnoturbinskih agregata za korišćenje u kogeneracionim postrojenjima velikih snaga.

Sadašnji stepen razvoja tehnologije omogućava izradu parnih turbina snaga od nekoliko stotina vati do hiljadu ili višemegavata po jednoj turbinskoj jedinici. Najveći broj stacionarnih parnih turbina radi sa 3.000 o/min (ili 3600 o/min, zavisno od regiona), dok razni tipovi manjih i sasvim malih jedinica rade sa znatno većim brojem obrtaja (do 30.000 o/min) [4]. Parna turbina koja ima snagu manju od 10 MW se često izrađuje sa zupčastim prenosom (reduktorom) između turbine i gonjene mašine. Turbine snaga većih od 10 MW se najčešće projektuju za određeni (stalni) broj obrtaja i sprežu direktno sa generatorom. Za potrebe kogeneracijekoristese, uglavnom, parne turbine srednje veličine, dok su velike i najveće turbine rezervisane za upotrebu u termoelektranama. S druge strane, parne turbine malih snaga se, takođe, koriste u kogeneracionim procesima, ali pretežno u industriji, ili u ostrvskim pogonima na udaljenim objektima.

U literaturi se kao osnovni parametar zaklasifikaciju parnih turbina koristi pritisak radnog fluida na izlazu iz turbine. U skladu sa tim, razlikuju se kondenzacione i protivpritisne turbine. Oba ova tipa turbina mogu biti projektovana tako da rade sa jednim ili više regulisanih, ili neregulisanih, oduzimanja pare, a sve u zavisnosti od ekonomskih (ciljana efikasnost postrojenja) i tehnoloških (potreba za parom na konkretnoj lokaciji) uslova. Pošto se ove vrste parnih turbina veoma često sreću u kogeneracionim postrojenjima, u narednom tekstu biće istakuto po nekoliko njihovih karakteristika koje su od značaja za primenu u kogeneracionim postrojenjima.

Kondenzacione turbine

Izlazni pritisak kod ove turbine je niži od atmosferskog, što omogućuje postizanje maksimalnog pada pritiska turbini proizvodnju najvećeg mogućeg mehaničkog rada iz jedinice mase pare koja protiče kroz njene radne organe. Efikasnost ovakvih turbina se kreće između 30 i 40%.

Kondenzator ovih turbina može biti hlađen vazduhom ili vodom. Cena kondenzacijskih turbina je, zbog kondenzatora i specifičnosti konstrukcije same turbine, viša od cena protivpritisnih turbina, pa se zbog toga češće koriste u termoelektranama, nego u kogeneracionim sistemima u industriji ili gradskim toplanama.

Protivpritisne turbine

Izlazni pritisak kod ove vrste turbine je isti ili viši od atmosferskog, para na izlazu iz turbine se prosleđuje korisnicima pare (procesne potrebe ili zagrevanje prostora). Zbog manjih investicionih ulaganja u njihovu gradnju (niža su od ulaganja za gradnju kondenzacionih turbina), ova vrsta turbina pokazuje najveći potencijal u kogeneracionim procesima koji koriste čvrsta ili alternativna goriva. Na tržištu su dostupne protivpritisne turbine manjih kapaciteta od kondenzacionih, a zbog višeg pritiska pare na izlazu iz turbine, efikasnost ovih turbina je srazmerno manja i kreće se od 15 do 35%. Pošto se para koja izađe iz ovih turbina upotrebljava u procesu, niža efikasnost ne predstavlja prepreku za korišćenje ove vrste turbina.

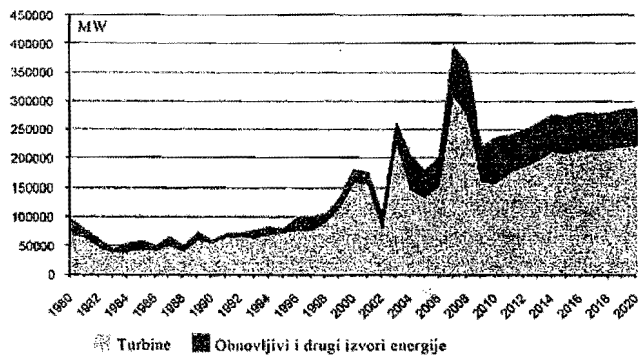
Kada se govori o parnoj turbini, treba imati na umu da je to mašina koja se u tehnološkom procesu nalazi između parnog kotla i kondenzatora (kondenzacione turbine), ili parnog kotla i potrošača pare (protivpritisne turbine), tj. da ulazne parametre pare (entalpija pare) diktira kotao, a izlazne parametre pare diktiraju, ili konstrukcija i uslovi koji vladaju u kondenzatoru, ili potražnja za parom od strane potrošača pare. Pošto parna turbina ne utiče ni na ulazne, ni na izlazne parametre pare, važno je da se adekvatnim projektovanjem parne turbine na najbolji mogući način iskoristi razliku ulazne i izlazne entalpije pare.

Za razliku od gasnih turbina ili SUS motora, parna turbina kao radni fluid koristi paru proizvedenu u kotlu. Prednost ovakve simbioze kotla i parne turbine je u fleksibilnosti kotlova kada su u pitanju različite vrste goriva (kotlovi su pogodni i za sagorevanje goriva koja se na drugi način ne mogu koristiti za proizvodnju električne energije). Nedostatak je visoka cena celokupnog postrojenja. Ovu specifičnost parnih turbina treba imati na umu i kada se analizira uticaj na životnu sredinu – parna turbinasama po sebi ne emituje štetne gasove, sve emisije koje se javljaju dolaze kao posledica rada kotla.

STANJE I PERSPEKTIVE NA GLOBALNOM TRŽIŠTU PARNIH TURBINA

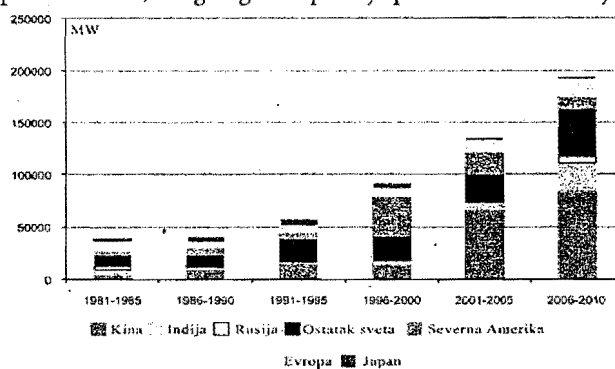
Na slici 3. prikazan je globalni udeo instaliranih snaga turbinskih postrojenja (parne i gasne turbine) u ukupnim narudžbinama opreme za proizvodnju električne energije u prethodnih 30 godina, zajedno sa projekcijama za narednih 10 godina [6]. Prikazani trend jasno govori da se u budućem periodu, pored porasta angažovanja obnovljivih izvora energije, očekuje i porast ulaganja u konvencionalne i nuklearne izvore energije, tj. porast ulaganja u sve tehnologije koje koriste turbine za proizvodnju električne energije.

Ovakav trend se objašnjava globalnim povećanjem potražnje za energijom i starenjem postojećih instaliranih kapaciteta. Najveći porast se predviđa u „istočnim“ ekonomijama, tako da se očekuje da u sledećoj dekadi oko 50% potražnje za novom opremom dođe iz Kine, Indije i Rusije [5].



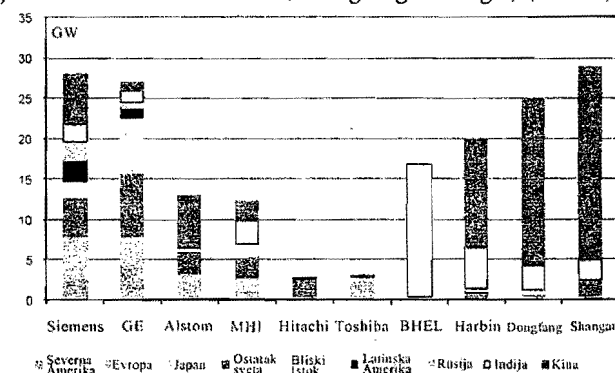
Slika 3. Globalni udeo instaliranih snaga turbinskih postrojenja u narudžbinama opreme za generisanje električne energije

Sa slike 4 je jasno da se očekivani porast potražnje za novoinstaliranim turbinskim postrojenjima očekuje, na prvom mestu, zbog nagle ekspanzije privreda Kine i Indije.



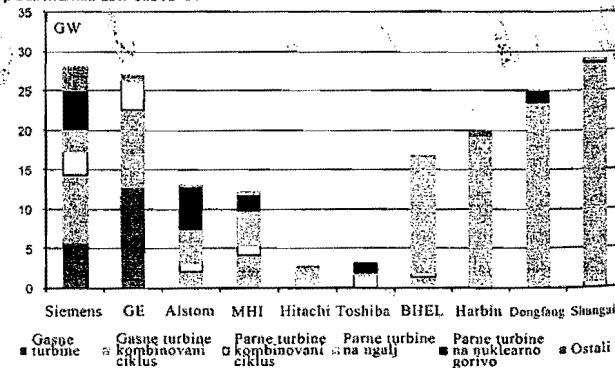
Slika 4. Porast porudžbina turbinskih postrojenjima prema regionu

U prethodnih 30 godina primetan je stalan rast u potražnji turbinskih postrojenja (Slika 3) i to po stopi od približno 40 GW godišnje tokom 80tih, pa do blizu 200 GW godišnje tokom 2000-tih. U istom tom periodu, tokom 80-tih, oko 60% globalnog udela u isporukama opreme imali su proizvođači iz EU, SAD, Japana. Tokom 90-tih ovaj udeo je skočio na 75%, da bi danas iznosio svega 40%, prvenstveno zbog činjenice da značajan deo opreme instalirane u Kini i Indiji dolazi od njihovih velikih proizvođača opreme (indijski BHEL i kineski Harbin, Dongfang i Shangai) (Slika 5).



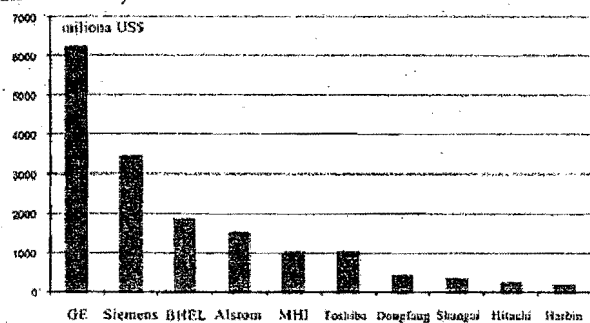
Slika 5. Pregled najvećih proizvođača opreme prema geografskoj pripadnosti tržišta

Sa druge strane, ako se dijagram prikazan na slici 5 prikaže prema tipu naručenog turbinskog postrojenja, umesto prema geografskoj lokaciji tržišta dobijamo dijagram prikazan na slici 6.



Slika 6. Učešće pojedinih proizvođača u naručenim instaliranim kapacitetima prema vrsti opreme

Sa slike 6 se može uočiti da kineski i indijski proizvođači, do ovog trenutka, nisu diversifikovali ponudu i da je glavina njihove ponude skoncentrisana na konvencionalne parne turbine pokretane parom iz kotlova koji koriste uglj (čija je izrada i tehnološki najjednostavnija). Ovakav prodor istočnih kompanija doveo je i do globalnog smanjenja cena, tj. marži kod svih proizvođača parnih turbina. Smanjenje zarada na parnoturbinskim tehnologijama je pogodilo sve proizvođače a, zbog nediversifikovane proizvodnje, posebno same proizvođače iz Indije i Kine. Na slici 7 prikazani su profiti najvećih kompanija za poslednju prijavljenu fiskalnu godinu. Iako kapaciteti opreme za proizvodnju električne energije naručeni od kompanija iz Kine prevazilaze kapacitete koji su naručeni od npr. kompanije Alstom ili kompanije Mitsubishi Heavy Industries (MHI), sa slike 7 je vidljivo da suprofiti kineskih kompanija znatno manji.

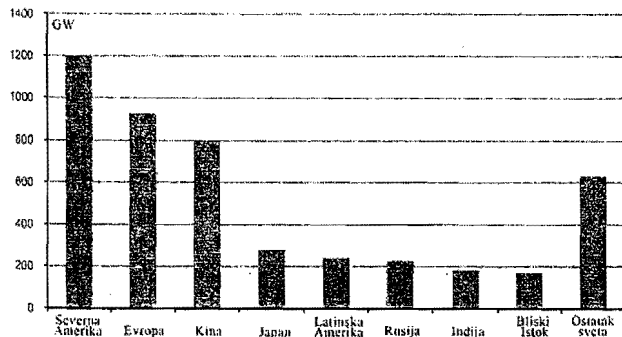


Slika 7. Profiti najvećih svetskih proizvođača opreme (prikazane su samo delovipojedinačnih grupa koje se bave proizvodnjom opreme za generisanje električne energije)

STANJE DO SADA INSTALISANIH KAPACITETA U SVETU

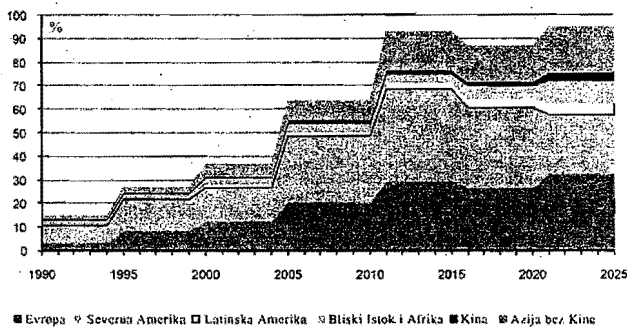
Severnoamerički kontinent je trenutni lider u proizvodnji električne energije. Na drugom mestu je Evropa. Kina je u 2008. godini, kako se vidi na slici 8, dostigla instalirani kapacitet od 800 GW. Procena je da godišnji porast kineskih kapaciteta iznosi skoro 100 GW. Poređenja radi, instalirani kapaciteti Indije i Rusije se kreću oko 200 GW svaki.

Slika 8. prikazuje ukupno instalirane kapacitete za proizvodnju električne energije u svetu u 2008. godini (uključuje hidro, vetar i solarne kapacitete).



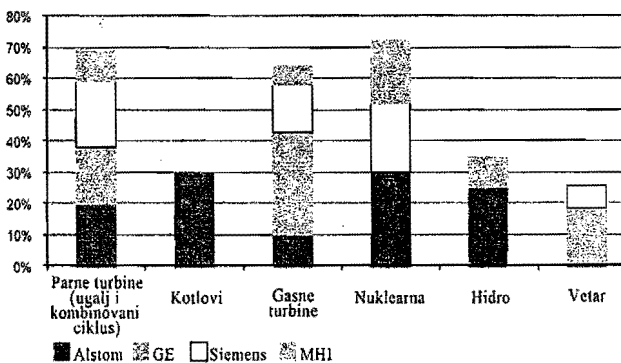
Slika 8. Instalirani kapaciteti u svetu po regionima

Oko 40% od prikazanih kapaciteta (na svetskom nivou) pripada generisanju energije iz uglja, 30% generisanju energije iz gasa, a oko 4% generisanju električne energije iz nuklearnih goriva. Jedan od problema sa kojim se susreće svetski energetska sektor je starenje ovih instaliranih kapaciteta. Na slici 9 prikazan je procenat opreme koji je 40 ili više godina u upotrebi sa predikcijama za narednih 10 godina [6]. Jasno je da je, gledajući iz ovog ugla, stanje posebno nepovoljno u Evropi i SAD, tj. razvijenim svetskim privredama koje su nagli razvoj dostigle još 70-tih godina prošlog veka. Udeo severnoameričke i evropske opreme u globalnim instaliranim kapacitetima starijim od 40 godina iznosi oko 75%.



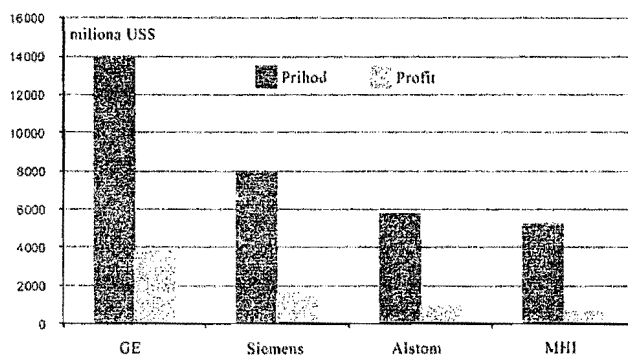
Slika 9. Procenat instaliranog kapaciteta starijeg od 40 godina po regionima

Ako posmatramo opremu koja je starija od 30 godina, situacija je srazmerno lošija, jer je više od 60% instalisane opreme starije od 30 godina. Od te opreme oko 60% čine parne turbine i pripadajuća prateća oprema (kotlovi itd.). Gruba procena je da troškovi održavanja parne turbine iznose nešto manje od investicionih troškova tokom njenog radnog veka, pa je ova činjenica prilika za proizvođače opreme, a posebno za „zapadne“ proizvođače i Mitsubishi-Heavy Industries (MHI) koji su relativno dugo na tržištu (Slika 10).



Slika 10. Procentualni udeo proizvođača u opremi instaliranoj do 2010. godine [5]

Zbirno, tržište sektora održavanja i servisiranja kompanija Alstom, GE, Siemens i MHI se procenjuju na više od 30 milijardi dolara sa ukupnim profitima ovih kompanija od oko 7 milijardi dolara (Slika 11).



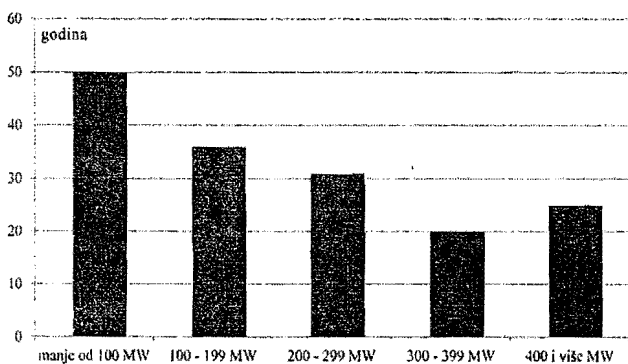
Slika 11. Prihodi kompanija ostvareni kroz održavanje instaliranih kapaciteta u 2010. godini

STANJE U SRBIJI

Svi veliki kogeneracioni potencijali u Republici Srbiji nalaze se u vlasništvu Elektroprivrede Srbije (EPS), a locirani su u više termoelektrana-toplana, i to u:

- parnim blokovima na uglj nakon rekonstrukcije turbina u TE "Nikola Tesla A" (za daljinsko grejanje Obrenovca) i u TE Kostolac A (za daljinsko grejanje Požarevca i Kostolca) i
- parnim blokovima na gas i tečno gorivo (TE-TO Novi Sad, TE-TO Zrenjanin i TE-TO Sremska Mitrovica za sisteme daljinskog grejanja i tehnološku paru).

Prosečna starost termoelektrana na uglj [7], bez podataka za teritoriju AP Kosovo i Metohija, prema strukturi nominalne snage do 31.12.2008. prikazana je na slici 12.



Slika 12. Prosečna starost opreme u termoelektranama na uglj u Srbiji

Ovakva starost, i s tim povezana tehnološka zastarelost postrojenja, imajući u vidu da najmlađe originalne primenjene tehnologije potiču iz sredine 80-ih godina prošlog veka, prouzrokuju visoku specifičnu potrošnju goriva. Opremu termoelektrana i termoelektrana-toplana EPS-a karakteriše i velika heterogenost, jer je: 11 proizvođača iz 7 država isporučilo kotlove, 12 proizvođača iz 7 država isporučilo turbine i 10 proizvođača iz 8 država isporučilo generatore.

U objektima EPS-a postoji, još, mogućnost proizvodnje toplotne energije za potrebe daljinskog grejanja u TE Kolubara A (za Lazarevac, koji raspolaže gradskom

toplifikacionom mrežom) i u TE Morava (za Svilajnac, koji ne raspolaže gradskom toplifikacionom mrežom), s tim što se iz TE Kolubara određena količina tehnološke pare već isporučuje spoljnom potrošaču.

S druge strane, kogeneracioni potencijali gradskih toplana nisu potpuno rasvetljeni i, između ostalog, predmet su istraživanja Projekta iz afilijacije ovog rada. Procena je da popularizacija kogeneracionog procesa u slučajevima javnih toplana, pored svih već pomenutih prednosti koje donosi kogeneracija, može značajno uticati na sigurnost snabdevanja električnom energijom, posebno u zimskim mesecima kada usled neusklađenosti proizvodnje i potrošnje energije svaka neregularnost u isporuci toplotne energije upućuje građane na upotrebu električne energije za dogrevanje stambenog prostora.

Danas centralizovano snabdevanje toplotnom energijom postoji u 50 gradova u Srbiji, pri čemu je ukupni instalirani toplotni kapacitet kotlova 6.587 MWt. Pretpostavka je da se iza ovih brojeva krije, za naše uslove, značajan neiskorišćen potencijal za proizvodnju električne energije. Ipak, čini se da upotreba ovih resursa nije deo zvanične strategije Republike.

U sistemu industrijske energetike, u više stotina industrijskih preduzeća, instalirani su toplotni izvori snage 6.300 MWt. Koriste se za proizvodnju toplotne energije za potrebe proizvodnih procesa i grejanje radnog prostora. U 30 industrijskih preduzeća postoje energane koje omogućuju spregnutu proizvodnju toplotne i električne energije, kapaciteta oko 250 MW. Od toga najveći broj nije u operativnom stanju. Nedelanje na ovim otvorenim pitanjima može značajno umanjiti konkurentsku sposobnost naših proizvoda u odnosu na inostrane, a usvajanje međunarodnih standarda iz oblasti zaštite životne sredine može ozbiljno ugroziti poziciju pojedinih industrijskih preduzeća na tržištu.

ZAKLJUČAK

U poslednjih nekoliko decada svedoci smo fluktuacija cena energenata na globalnom tržištu. Ta nestabilnost na tržištu, izazvana i realnim i indukovanim uticajima na globalno (de)regulisano tržište energijom, nije zaobišla Republiku Srbiju. Globalno, ovakvo stanje na tržištu je rezultovalo odgovorom javnosti u vidu promocije energetske efikasnosti na svim nivoima. Energetska efikasnost, kao ideja i pokret, kroz svoje uspone i padove, se sve više nameće kao nezaobilazan faktor u našem odnosu prema resursima.

Pre oko pola veka, niska cena energenata, promocija potrošnje energenata i nebriga za životnu sredinu vodila je ka odlukama koje su bile i energetske neefikasne i nepovoljne za okruženje. Samo 50 godina kasnije, cene energije i energenata kao i primetna promena percepcije javnosti ohrabruju ulaganja u energetske efikasnost i zaštitu životne sredine. Iako primećena tendencija ne daje rezultate kojima treba da budemo zadovoljni, sigurno je da insistiranje na energetske efikasnosti postaje deo našeg vremena.

Povećanje efikasnosti transportnih sredstava, povećanje udela obnovljivih izvora energije i šira upotreba

Upravo na ekonomsku isplativost treba gledati kao na glavni argument u promociji kogeneracije, iako je izvesno da je potrebno dalje raditi na svesti javnosti i na regulativi u oblasti. Kogeneracija je praktično nadohvat ruke, tehnologija je odavno poznata, potrebna je usmerenost prema ovom načinu razmišljanja više čak nego i finansijska sredstva.

Sličnost naše ekonomije sa drugim ekonomijama u razvoju, domaće rezerve uglja i nerešena pitanja zbrinjavanja otpada treba da budu dovoljan razlog za aktuelnost parnoturbinskih kogeneracionih tehnologija kod nas. Ipak, to sada nije slučaj.

AFILIJACIJA

Rad nastao kao rezultat istraživanja na projektu „Istraživanje kogeneracionih potencijala u komunalnim i industrijskim energanama Republike Srbije i mogućnosti za revitalizaciju postojećih i gradnju novih kogeneracionih postrojenja (III 42013)“

LITERATURA

- [1] Directive 2004/8/EC of the European Parliament and the Council. Directive on promotion of cogeneration based on a useful heat demand in the integral energy market and amending Directive 92/42/EEC, Evropska komisija (EC), EU (21.2.2004.);
- [2] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), <http://www.ipcc.ch> (Pristupanotokom februara 2012. godine);
- [3] Cogeneration and District Energy, International Energy Agency (IEA) (2009.);
- [4] Parne turbine, Elčić Z., Karlovac, ABB (1995.);
- [5] McCoy, <http://www.mccoypower.net> (Pristupanotokom februara 2012. godine);
- [6] Global gas and steam turbine review, Nomura Equity Research, Nomura (2011.);
- [7] Uredba o izmenama i dopunama Uredbe o utvrđivanju programa ostvarivanja strategije razvoja energetike republike Srbije do 2015. godine za period od 2007. do 2012. godine, Program ostvarivanja strategije, Vlada Republike Srbije, Beograd (8. 4. 2010.);
- [8] Sajтови proizvođača opreme: Bharat Heavy Electricals, Dongfang Electric, Harbin Electric, Shanghai Electric, Alstom, Siemens AG, Hitachi, Toshiba, General Electric, Mitsubishi Heavy Industries (Pristupano tokom februara 2012. godine).