

STATUS I PERSPEKTIVE KOGENERACIJE NA BIOMASU

Dr. sc. Julije D o m a c – mr. sc. Velimir Š e g o n , Zagreb

UDK 620.91:338.49
PREGLEDNI ČLANAK

Donosi se pregled statusa i perspektive kogeneracije na biomasu. Prikazani su osnovni tehnološki i gospodarski aspekti, a dan je i pregled stanja kogeneracijskih postrojenja na biomasu u zemljama EU, s obzirom na korištenu tehnologiju i vrste biomase. U Hrvatskoj trenutno nije u pogonu niti jedno kogeneracijsko postrojenje na biomasu te su na kraju navedeni glavni uzroci za takvo stanje i predložene potrebne mjere za stvaranje povoljnog okruženja za razvoj projekata kogeneracije na biomasu.

Ključne riječi: kogeneracija, biomasa, obnovljivi izvori.

1. UVOD

Iskorištavanje energije biomase (uglavnom ogrjevnog drva i drvnog ostatka) u Hrvatskoj ima dugu tradiciju, pa se tako još 1960. godine iz biomase zadovoljavalo gotovo četvrtinu ukupnih potreba za energijom. Danas Hrvatska u prvom redu zbog tzv. netehničkih prepreka, nerazvijenosti tržišta za energiju iz biomase te nedostatka svijesti o prednostima proizvodnje energije iz biomase, korištenjem biomase pokriva samo mali dio svojih potreba za energijom, ostavljajući tako neiskorišten znatan prirodni potencijal koji posjeduje, [1].

Trenutno u Hrvatskoj nije u pogonu niti jedno kogeneracijsko postrojenje na biomasu, no u prošlosti je u sklopu pogona drvne industrije uspješno radilo nekoliko takvih postrojenja. Ipak, s obzirom na trendove u razvijenim zemljama te na očite prednosti takvih postrojenja (znatno veća energetska efikasnost, manje zagađenje po jedinici proizvedene energije i sl.), od kogeneracijskih se postrojenja očekuje najveći doprinos pri budućoj proizvodnji energije iz biomase u Hrvatskoj.

Ovakva očekivanja potpuno su u skladu i s europskim trendovima. U tom je smislu posebno važno istaknuti nedavno priopćenje Europske komisije od 26. svibnja 2004. godine o stanju i udjelu obnovljivih izvora energije u zemljama članicama EU, u kojem se navodi kako će za ispunjenje cilja zacrtanog u Bijeloj knjizi o obnovljivim izvorima energije (udio obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji energije od 12% do 2010. godine) biti potrebna znatno aktivnija politika vezana uz obnovljive izvore energije u toplinarstvu, gdje se od biomase očekuje daleko najveći doprinos, [2]. U priopćenju se također navodi da će Europska komisija, ukoliko to bude potrebno, predložiti zakonsku regulativu o obveznom udjelu obnovljivih izvora energije u proizvodnji topline.

Može se primijetiti da Hrvatska već sada ima znatan udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj energetskoj bilanci i to u prvom redu zbog znatnog korištenja energije iz hidroelektrana. Procjenjuje se da će u Hrvatskoj velike hidroelektrane u 2010. godini imati udio od oko 35% proizvodnje električne energije, što znači da je udio obnovljivih izvora u proizvodnji električne energije za Hrvatsku iznad prosječnog iznosa od 22% zahtijevanog direktivom EU (Direktiva 2001/77/EC). Međutim, važno je uočiti da u ciljanom udjelu obnovljivih izvora postoje velike razlike između pojedinih zemalja EU. Tako zemlje bogate hidroenergijom imaju ciljane udjele u 2010. znatno više od ostalih zemalja: primjerice Austrija 78%, Švedska 60%, Portugal 39%. Imajući u vidu relativnu ograničenost naših vodotoka, kogeneracija na biomasu dobiva stoga dodatno na značenju.

Za Hrvatsku je provedena opsežna analiza troškova i dobiti korištenja obnovljivih izvora energije (biomasa, vjetar, mali vodotoci, geotermalna i Sunčeva energija) za proizvodnju električne energije u budućnosti. Minimalni udio obnovljivih izvora koji bi se do 2010. godine mogao uključiti u proizvodnju električne energije određen je uzimajući u obzir tzv. socijalne i neizravne troškove proizvodnje električne energije iz fosilnih goriva (engl. *external costs*) u proizvodnu cijenu. Studija je izrađena u suradnji s tvrtkom *Frontier Economics*, u sklopu projekta Svjetske banke *Croatia – Renewable Energy Resources Project*, [3]. Rezultati analize troškova i dobiti za Hrvatsku pokazuju da su kogeneracijska postrojenja na biomasu u pravilu najisplativija u usporedbi sa svim ostalim tehnologijama i potencijalnim lokacijama za korištenje obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj.

Za buduću proizvodnju električne energije iz biomase u Hrvatskoj moguće je predvidjeti nekoliko scenarija

razvitka, a ukupan potencijal oko 30-ak identificiranih projekata za proizvodnju električne energije, bilo u elektranama, bilo u energanama na biomasi (kogeneracija) procijenjen je na oko 1 TWh/god. Slično drugim obnovljivim izvorima, kao rezultat poduzetničke inicijative električnu energiju iz kogeneracije na biomasi mogu proizvoditi nezavisni proizvođači, i to podjednako privatni poduzetnici i lokalne zajednice (tzv. decentralizirana proizvodnja), ali uvođenjem određenih tržišnih mehanizama, što je već u tijeku, i elektrane HEP-a. Sve to upućuje na značenje ove tehnologije u budućem razvitku elektroenergetskog sustava i razvitku energetskog tržišta u Hrvatskoj.

2. TEHNOLOŠKI I GOSPODARSKI ASPEKTI KOGENERACIJE NA BIOMASU

Najčešći oblik biomase koji se koristi za proizvodnju energije jest drvena biomasa kao kruto gorivo za izgaranje, zbog toga što je ima najviše, ali i zbog toga što su tehnološka rješenja za energetsku pretvorbu izgaranjem drva u osnovi slična onima za ugljen. Postoje ipak neke razlike između drva i ugljena koje imaju utjecaj na konstrukciju kotla, a očituju se u većoj vlažnosti drva (25 – 30% za sušeno, 50 – 55% za svježije) u odnosu na ugljen (do 10%) te veći udio hlapivih sastojaka (sastav potpuno suhog drva: 70 – 75% hlapivih sastojaka, 20 – 25% ugljika, 1 – 2% pepela; sastav ugljena: 35% hlapivih sastojaka, 55 – 60% ugljika, 5 – 10% pepela). Pri korištenju krute biomase kao goriva u kogeneracijskim postrojenjima uobičajeni proces pretvorbe je *Rankineov* ciklus. Iako se intenzivno radi na razvoju novih tehnologija, praktički sva industrijska postrojenja na biomasi još uvijek koriste *Rankineov* ciklus.

Za postrojenja male i srednje snage (tipično do 5 MW_e), izgaranje goriva iz krute biomase provodi se najčešće na rešetki, koja omogućuje miješanje goriva i kontroliran dovod zraka. Izgaranje na rešetki je pouzdana i dokazana tehnologija, a razne izvedbe omogućuju relativno visok stupanj kontrole i efikasnosti. Nedostatak izgaranja na rešetci očituje se kod goriva nejednolike kvalitete i s visokim udjelom vlage, kada postizanje ravnomyernog sagorijevanja predstavlja poseban problem. Ravnomyerno i potpuno sagorijevanje povećava efikasnost i smanjuje emisiju štetnih plinova. Tehnologija izgaranja u fluidiziranom sloju (engl. *fluidised bed*), u odnosu na izgaranje na rešetci, pruža znatno veću fleksibilnost u pogledu zahtjeva na kvalitetu i vlažnost goriva. Korištenjem ove tehnologije, za goriva s visokim udjelom vlage (preko 60%) i neujednačene kvalitete moguće je postizanje efikasnosti kotla i do 90%, uz znatno smanjenje štetnih emisija. Osnovni nedostatak tehnologije izgaranja u fluidiziranom sloju je visoka cijena, tako da se ovakvi sustavi obično koriste u postrojenjima veće snage (preko 5 MW_e).

Organski *Rankineov* ciklus (engl. *Organic Rankine Cycle, ORC*) predstavlja modifikaciju *Rankineova* cik-

lusa, u kojem se umjesto vode kao radni medij koristi organski fluid. Izvor topline isparava organski fluid, koji se nakon toga provodi u turbinu. Nakon ekspanzije u turbini, organski fluid se kondenzira te ponovo dovodi na ulaz isparivača. ORC proces je prikladan za proizvodnju električne energije iz krute, tekuće i plinovite biomase, ali i iz otpadne topline, što ga čini posebno zanimljivim za kogeneracijska postrojenja. Trenutačno je ova tehnologija u fazi razvoja i ispitivanja, tako npr. u Finskoj postoji nekoliko kogeneracijskih postrojenja koja koriste ORC tehnologiju, raspona snage od 350 do 3500 kW_e.

Korištenje krute biomase kao goriva ima prednosti u smislu jednostavne i pouzdane tehnologije pretvorbe, ali i nedostatke u relativno niskoj efikasnosti pretvorbe te visokim troškovima transporta po energetskoj vrijednosti goriva. Kao rješenje navedenih nedostataka nameću se tehnologije pretvorbe biomase u plinovita i tekuća goriva: rasplinjavanje, piroliza, anaerobno truljenje te proizvodnja tekućih biogoriva (bioetanol i biodizel).

Integrirano rasplinjavanje u kombiniranom ciklusu (engl. *Integrated gasification combined cycle, IGCC*) pokazalo se uspješnim kao tehnologija za proizvodnju električne energije ili kogeneraciju korištenjem fosilnih goriva. Ovo je ujedno i najperspektivnija tehnologija rasplinjavanja biomase, zbog toga što omogućuje postizanje efikasnosti proizvodnje električne energije i do 50%, a budućim razvojem očekuje se smanjenje investicijskih troškova čime bi se omogućila izgradnja postrojenja na komercijalnoj osnovi. Upravo zbog visokih investicijskih troškova trenutačno u svijetu ne postoji komercijalno postrojenje integriranog rasplinjavanja u kombiniranom ciklusu na biomasi, ali postoji već niz demonstracijskih postrojenja od kojih se kao dva najveća mogu izdvojiti kogeneracijsko postrojenje u švedskom gradu Värnamu te elektrana ARBRE pokraj Yorka u Engleskoj. Postrojenje u Värnamu u pogonu je od 1996. godine i predstavlja prvo IGCC postrojenje na biomasi u svijetu, instalirane snage 6 MW_e i 9 MW_{th}. Rasplinjavanje drvnog ostatka obavlja se u fluidiziranom sloju, a proizvedena toplina predaje se u gradski sustav područnog grijanja. Postrojenje ARBRE ima instaliranu snagu od 8 MW_e te također koristi rasplinjavanje u fluidiziranom sloju, a godišnje potroši oko 40000 t drva, pretežno iz brzorastućih nasada vrba. Na osnovi iskustva dobivenog iz spomenutih demonstracijskih postrojenja procijenjeno je da bi komercijalno IGCC postrojenje na biomasi trebalo imati instaliranu snagu između 35 i 70 MW_e.

Piroliza je, kao i rasplinjavanje, termokemijski proces s ograničenim dovodom zraka, odnosno kisika, čiji je cilj proizvodnja tekućeg biogoriva nazvanog bio-ulje ili pirolitičko ulje. Dobiveno pirolitičko ulje po svom sastavu slično je sirovoj nafti, odnosno sastavljeno je od velikog broja različitih sastojaka (parafini, fenoli,

esteri, masne kiseline, itd.), a može se koristiti kao nadomjestak fosilnim gorivima za proizvodnju topline u toplinama ili u termoelektranama. Daljnjom preradom pirolitičkog ulja moguće je dobiti niz kemikalija i goriva koje se inače dobivaju u rafinerijama nafte. Piroliza biomase ima znatan potencijal jer je pirolitičko ulje moguće transportirati naftovodima i tako znatno sniziti troškove prijenosa goriva, čime se rješava jedan od ključnih problema korištenja biomase, ali je također kao sirovinu za pirolizu moguće koristiti vrlo različite materijale (npr. moguće je pirolizirati otpad). Jedan od osnovnih problema i nedostataka pirolize je taj što je pirolitičko ulje po svom sastavu vrlo raznoliko, ovisno o uvjetima proizvodnje i svojstvima ulazne sirovine, a skladištenje na duži rok (preko 6 mjeseci) mijenja sastav ulja. Općenito se može reći da je tehnologija pirolize još uvijek u razvoju i postoji relativno mali broj komercijalnih postrojenja, tako da će biti potrebna dodatna ulaganja u istraživanje i razvoj.

Gospodarski aspekti i isplativost kogeneracijskog postrojenja na biomasi, osim o korištenoj tehnologiji, u velikoj mjeri ovise o lokalnim uvjetima u kojima se postrojenje nalazi, posebice s obzirom na osiguranje potražnje odnosno potrošnje proizvedene topline i cijenu goriva. Kogeneracijska postrojenja općenito imaju veće investicijske troškove od izgradnje pojedinačne elektrane i toplane odgovarajuće snage, ali zbog veće efikasnosti imaju i manju potrošnju energije. Tablice 1 i 2 prikazuju usporedbe sadašnje i predviđene efikasnosti i proizvodne cijene električne energije za tri tehnologije kogeneracijskih postrojenja na biomasi: Rank-

ineov ciklus s parnom turbinom, rasplinjavanje s plinskim motorom te pirolizu s dizel motorom. Vidi se da usprkos većoj efikasnosti proizvodnje električne energije, i rasplinjavanje i piroliza još uvijek imaju veću ukupnu proizvodnu cijenu od postrojenja koje koristi Rankineov ciklus.

3. PREGLED STATUSA I PERSPEKTIVA KORIŠTENJA KOGENERACIJE NA BIOMASU

3.1. Zemlje članice Europske unije

Relevantni dokumenti EU

Temeljni dokument koji određuje politiku Europske unije prema obnovljivim izvorima energije je **Bijela knjiga o obnovljivim izvorima**, [5]. Bijela knjiga se nadovezuje na Zelenu knjigu o obnovljivim izvorima usvojenu 1996. godine, radi poticanja diskusije o problematici njihovog korištenja. Kao jedan od važnijih zaključaka navodi se da su, unatoč značajnom potencijalu, obnovljivi izvori trenutačno nejednako i nedovoljno iskorišteni u Europskoj uniji. Njihov udio u ukupnoj potrošnji energije iznosi oko 6% te se u budućnosti predviđa značajan porast. Osnovni cilj na nivou Europske unije na području obnovljivih izvora, određen u Bijeloj knjizi, je do 2010. godine povećati njihov udio u ukupnoj potrošnji energije na 12%. Važno je naglasiti da je biomasa izričito prepoznata kao najvažniji obnovljivi izvor, odnosno onaj izvor koji će najviše do-

Tablica 1. Sadašnja i predviđena efikasnost kogeneracijskih postrojenja na biomasi, [4]

	Rankineov ciklus		Rasplinjavanje		Piroliza	
	Sadašnje	Buduće	Sadašnje	Buduće	Sadašnje	Buduće
Instalirana električna snaga (MW _e)	2	2	5	5	6,2	6,2
Instalirana toplinska snaga (MW _{th})	6,8	5,8	6,0	5,7	6,5	6,5
Električna efikasnost	17,5	23,0	23,9	32,4	24,7	31,5
Ukupna efikasnost	88,0	90,0	85,0	90,0	58,5	66,0
Omjer električne i toplinske instalirane snage	0,30	0,35	0,83	0,88	0,95	0,95

Tablica 2. Sadašnja i buduća proizvodna cijena električne energije iz kogeneracijskog postrojenja na biomasi, [4]

	Sadašnja cijena, uz 5000 sati rada godišnje (US\$/MWh)	Sadašnja cijena, uz 7000 sati rada godišnje (US\$/MWh)	Buduća cijena, uz 5000 sati rada godišnje (US\$/MWh)	Buduća cijena, uz 7000 sati rada godišnje (US\$/MWh)
Rankineov ciklus	7,5	5,5	7	5
Rasplinjavanje	11,5	9	8	6
Piroliza	13	12,5	9,5	8,5

Napomena: instalirane snage postrojenja jednake su kao i u tablici 1.

prinijeti ostvarenju zacrtanog cilja te je u Bijeloj knjizi predviđeno da će 2010. godine biomasa pokrivati gotovo 8,5% ukupne potrošnje energije. Trenutačno najisplativiji, a zasigurno i najperspektivniji način korištenja biomase za proizvodnju energije jest korištenje u kogeneracijskim postrojenjima, odnosno istodobnom proizvodnjom električne energije i topline. Procijenjena proizvodnja energije iz biomase korištene u kogeneracijskim postrojenjima u Bijeloj knjizi iznosi oko 26 Mtoe (0,302 TWh), što odgovara instaliranom kapacitetu od otprilike 20 GW_e ili 60 GW_{th}.

Relevantne direktive Europskog parlamenta i Vijeća Europe koje se odnose na kogeneraciju iz biomase su sljedeće:

- **Direktiva o promociji proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora** (*Directive 2001/77/EC*), koja na osnovi rezultata u Bijeloj knjizi o obnovljivim izvorima energije, za 2010. godinu propisuje udio od 22% električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora za Europsku uniju, te pojedinačne udjele za svaku zemlju članicu.
- **Direktiva o promociji kogeneracije** (*Directive 2004/8/EC*) naglašava važnost kogeneracije kao jedne od mjera povećanja energetske efikasnosti, odnosno smanjenja potrošnje energije. Direktiva postavlja obvezu zemljama članicama da procijene nacionalni potencijal visoko efikasne kogeneracije te osmisle strategiju poticanja projekata te uklanjanja prepreka. Iako se u direktivi ne navodi eksplicitni ciljani udio električne energije iz kogeneracije u ukupnoj proizvodnji električne energije, neslužbeni cilj koji je više puta spomenut u dokumentima Europske komisije je povećanje tog udjela sa 9% iz 1997. godine na 18% do 2010. godine (*Document COM (97) 514 Final*). Procjenjuje se da bi se uz takav udio ostvarile uštede u ukupnoj potrošnji energije između 3 i 4%.

Promatrana kroz perspektivu navedene dvije direktive, kogeneracijska postrojenja na biomasi zaslužuju posebnu pozornost stoga što poticanje njihove izgradnje doprinosi ispunjavanju uvjeta navedenih u obje direktive.

Obilježja kogeneracije na biomasi u EU

Udio električne energije iz kogeneracije u ukupnoj proizvodnji električne energije za Europsku uniju prije proširenja (EU-15) iznosio je oko 10%, s tim da je potrebno napomenuti da postoje velike razlike između pojedinih zemalja (primjerice u Danskoj udio električne energije iz kogeneracije iznosi gotovo 50% ukupne proizvodnje, u Nizozemskoj 38%, dok je u Irskoj i Grčkoj taj udio oko 2%). Razlike su uvjetovane povijesnim razvojem elektroenergetskog sustava, političkim prioritetima, prirodnim resursima te razlikama u klimatskim prilikama. Prema podacima navedenim u završnom izvješću o projektu *Future Cogen*, provedenom od strane Europske udruge za promociju kogeneracije

(*European Association for Promotion of Cogeneration – COGEN Europe*), sadašnji udio električne energije iz kogeneracije je bitno ispod potencijalnog, koji se procjenjuje na oko 40% do 2010. godine, [6].

U novim zemljama članicama EU kogeneracija ima još značajniju ulogu, posebno u proizvodnji topline za područno grijanje, te udio električne energije iz kogeneracije iznosi oko 19%. Ipak, velik dio postrojenja je zastario i kao gorivo koristi pretežno ugljen ili teško loživo ulje.

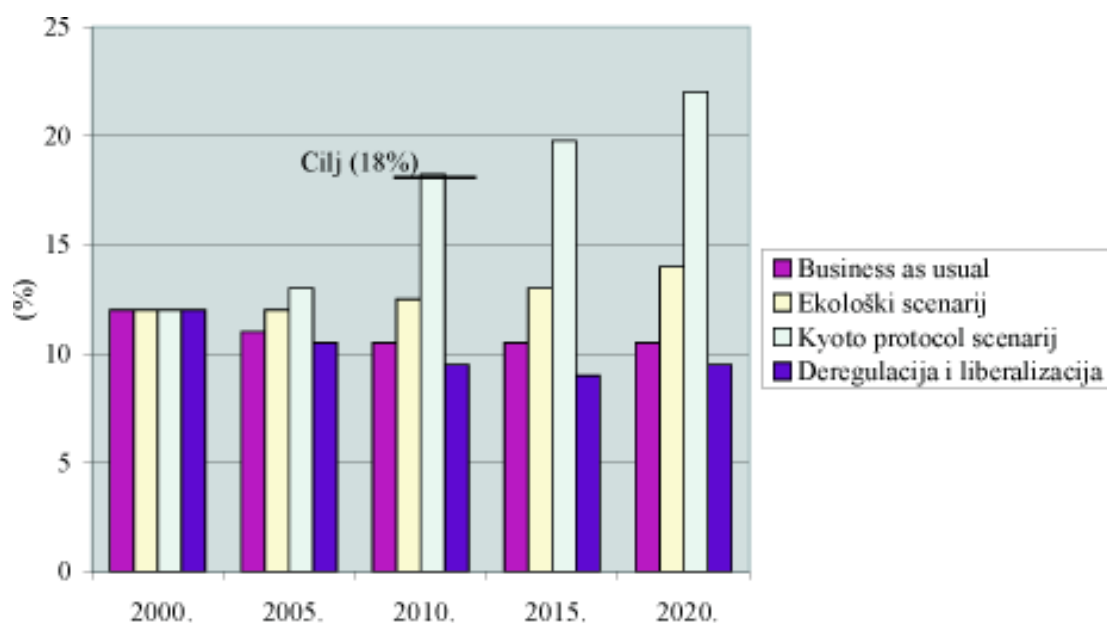
U sklopu projekta *Future Cogen*, s ciljem utvrđivanja mogućnosti ostvarenja cilja od 18% udjela električne energije iz kogeneracije do 2010. godine, izrađena su i analizirana četiri scenarija. Analiza je izvršena korištenjem računalnog modela SAFIRE, na kojem su provedene potrebne izmjene i dopune radi povećanja detaljnosti modeliranja. Prva tri scenarija pretpostavljaju ratificiranje protokola iz Kyota unutar zemalja EU te proizlazeću provedbu potrebnih mjera za smanjenje emisije stakleničkih plinova, dok se u posljednjem scenariju pretpostavlja da se primjena protokola odgađa za 10 godina. Promatraju se sljedeći scenariji:

- 1) Nastavak sadašnje politike (*Present Policies*, odn. *Business as Usual*) prema energetske sektoru, posebno u odnosu na kogeneraciju, pretpostavljen je u prvom scenariju. Dovođenje liberalizacije europskog energetske sektora očekuje se oko 2010. godine te su u analizu uključene i očekivane promjene, a pretpostavljena je umjerena brzina tehnološkog razvoja.
- 2) Scenarij povećane ekološke svijesti (*Heightened Ecological Awareness*) baziran je na sadašnjoj politici, ali pretpostavlja dodatne poticaje za 'zelene' tehnologije. Poticaji se baziraju na uključenju određenih vanjskih prednosti (tzv. pozitivnih eksternalija) kogeneracije u cijenu energije, kroz uvođenje poreza na CO₂ te nešto brži tehnološki razvoj.
- 3) Scenarij svjetskog razvoja nakon Kyoto Protokola (*Post-Kyoto World*) pretpostavlja potpuno uključivanje pozitivnih eksternalija kogeneracije u cijenu energije te povećane investicije u 'čiste' tehnologije, u skladu s preuzetim obvezama navedenim u Protokolu. Fleksibilni mehanizmi financiranja omogućuju ulaganja u mikro-kogeneracije, a također i kogeneracije koje koriste gorive ćelije. Energetska i ekonomska politika izrazito podržava decentraliziranu proizvodnju.
- 4) Scenarij deregulacije i liberalizacije (*Deregulation and Liberalization*) pretpostavlja nastavak liberalizacije tržišta energijom, ali bez zaštite manjih decentraliziranih proizvodnih postrojenja. Tržištem električne energije dominiraju nekoliko velikih centraliziranih proizvođača koji imaju vrlo jak utjecaj na cijenu električne energije. Konačan rezultat ovog scenarija je nekonkurentnost kogeneracije.

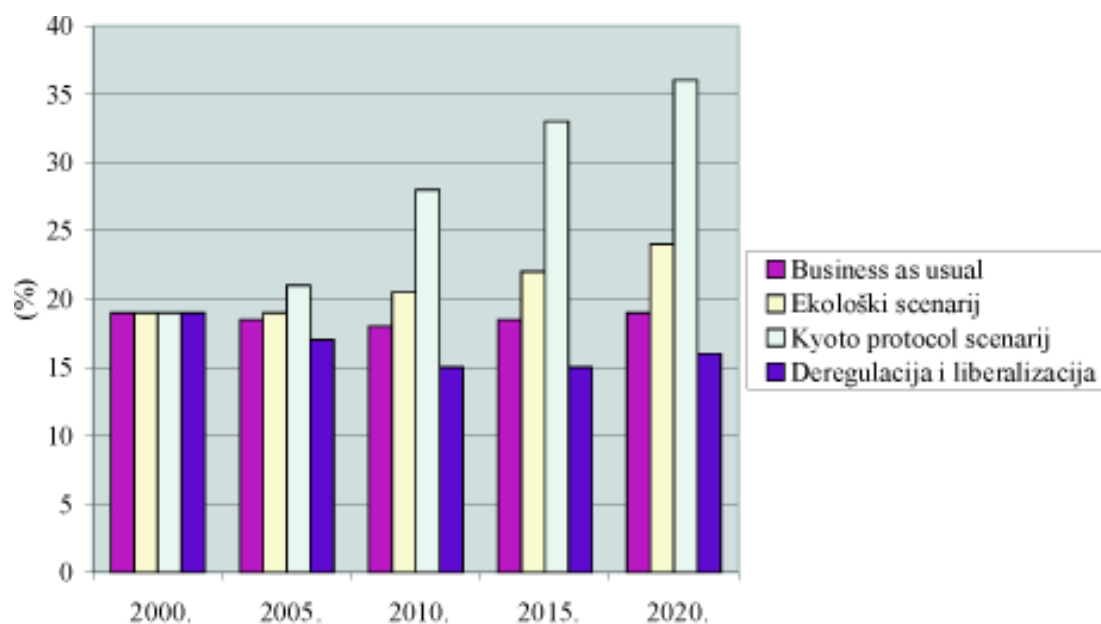
Glavni rezultati analize prikazani su na slikama 1-6. Prikaz rezultata dan je odvojeno za zemlje članice EU

prije proširenja (EU-15) te za nove zemlje članice. Temeljni zaključak provedene analize prikazan je na slikama 1. i 2.: znatnije povećanje udjela električne energije iz kogeneracije ostvaruje se jedino u slučaju potpunog vrednovanja prednosti kogeneracije te intenzivnog ulaganja u *čiste* tehnologije. U prvom i zadnjem scenariju dolazi do pada udjela električne energije iz kogeneracije, zbog toga što se nova kogeneracijska postrojenja relativno sporo ili uopće ne grade, slike 3. i 4., dok pretpostavljeni porast potrošnje električne energije iznosi 30% između 1995. i 2010. godine. Na slikama 5. i 6. prikazan je instalirani kapacitet proizvodnje električne energije iz kogeneracije po gorivi-

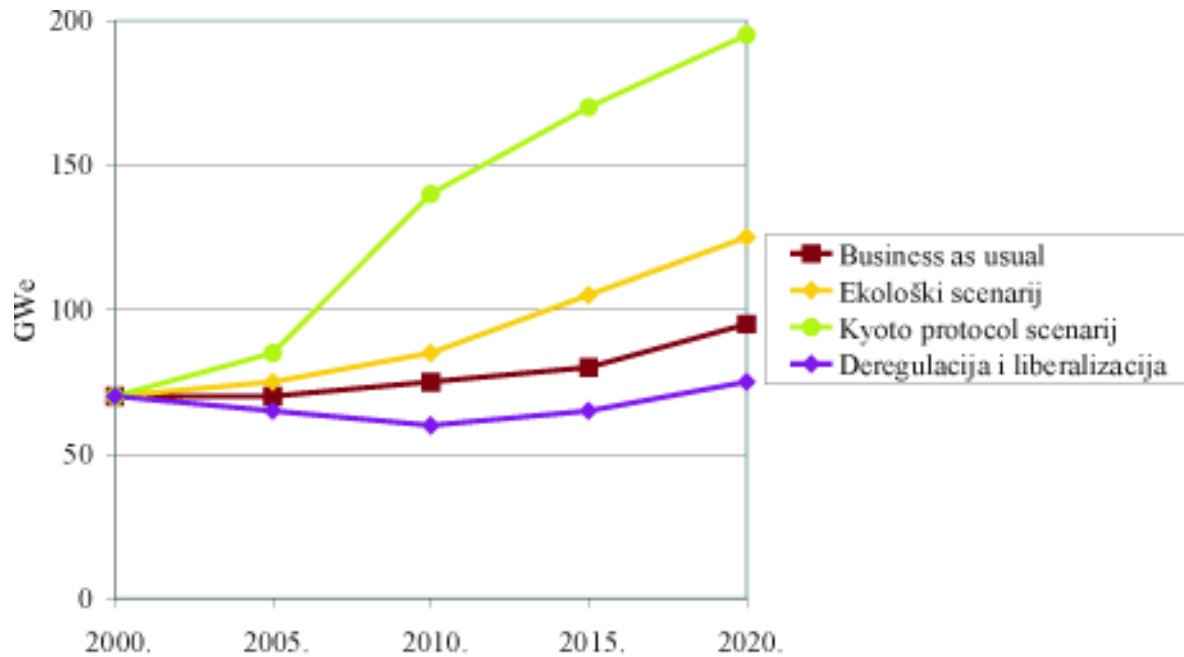
ma, za *Post-Kyoto World* scenarij, jedini u kojem dolazi do ispunjenja cilja od 18% udjela električne energije iz kogeneracije u 2010. godini. Iako je prirodni plin dominantno gorivo za kogeneraciju, koje u 2010. godini pokriva nešto manje od 60% instaliranog kapaciteta, potrebno je primijetiti značajnu pretpostavljenu ulogu biomase u ispunjenju cilja. Naime, u 2010. godini u zemljama EU-15 se iz biomase pokriva gotovo jednaki instalirani kapacitet kao i iz lakog lož ulja i dizela, a nastavak scenarija do 2020. godine pretpostavlja da će biomasa po zastupljenosti biti na drugom mjestu, iza prirodnog plina.



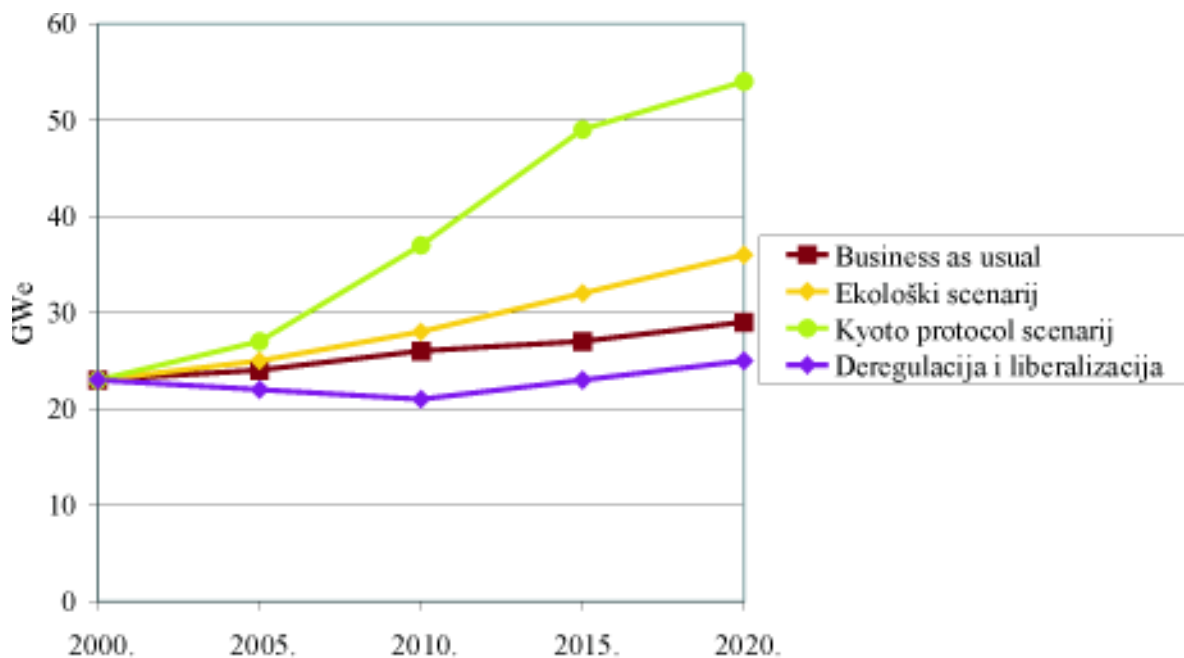
Slika 1. Udio električne energije iz kogeneracije u ukupnoj potrošnji električne energije za EU-15, četiri scenarija, [6]



Slika 2. Udio električne energije iz kogeneracije u ukupnoj potrošnji električne energije za nove zemlje članice EU, četiri scenarija, [6]



Slika 3. Instalirani kapacitet proizvodnje električne energije iz kogeneracije za EU-15, četiri scenarija, [6]

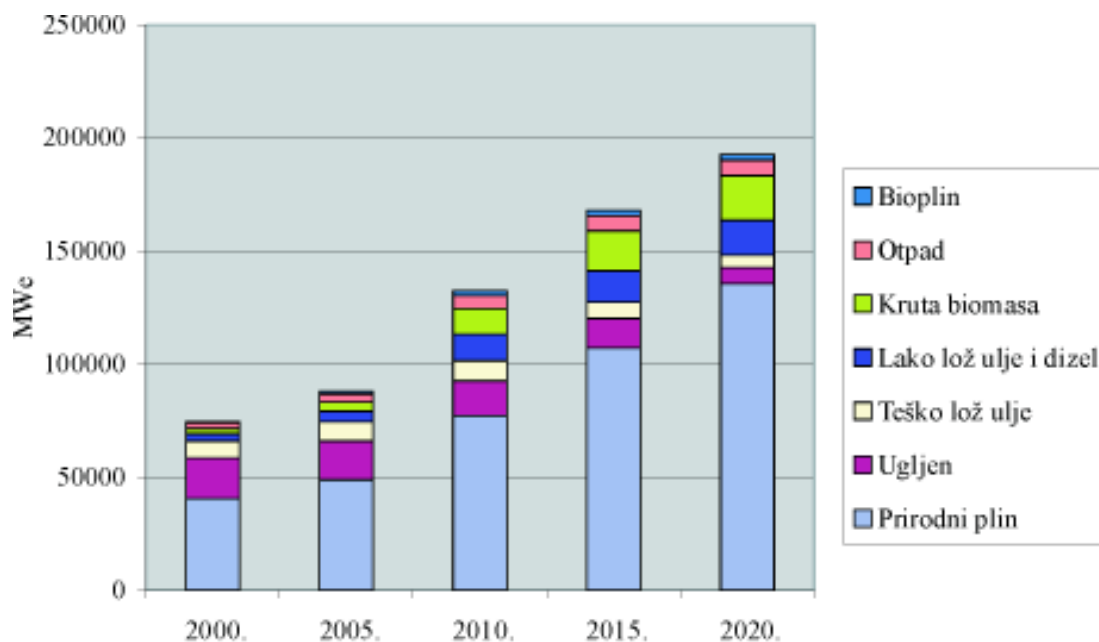


Slika 4. Instalirani kapacitet proizvodnje električne energije iz kogeneracije za nove zemlje članice EU, četiri scenarija, [6]

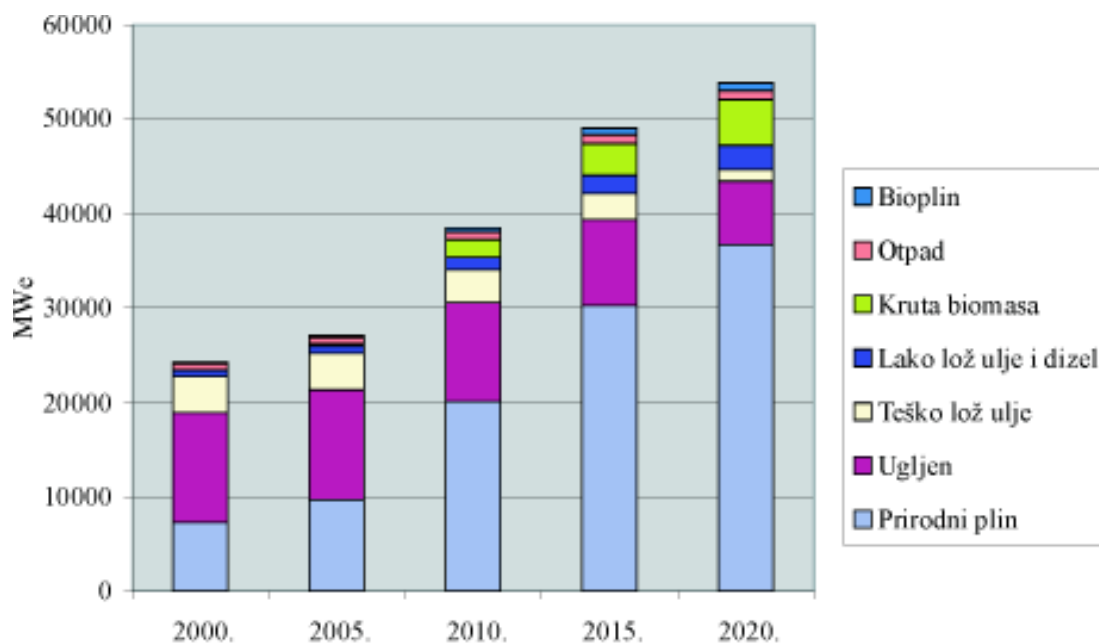
Uviđajući značenje biomase kao goriva za kogeneraciju, u sklopu znanstveno-istraživačkog programa Europske unije *Fifth Framework*, pokrenut je projekt *Biomass Cogeneration Network – BIOCOPEN*. U projektu sudjeluje devet zemalja članica EU, a bavi se analizom mogućnosti i perspektive korištenja biomase kao goriva u kogeneracijskim postrojenjima. Kao glavni cilj projekta navodi se pružanje tehničkih i gospodarskih podataka o kogeneraciji na biomasu, sagledavanje

ključnih aspekata vezanih uz provedbu projekata te u konačnici pridonosnje povećanom tržišnom prodoru kogeneracije na biomasu kroz smanjenje troškova. U sklopu projekta provodi se analiza tržišta za kogeneraciju na biomasu s naglaskom na utvrđivanje:

- postojećih kogeneracijskih postrojenja na biomasu;
- tehničkog potencijala biomase kao goriva za kogeneraciju;



Slika 5. Instalirani kapacitet proizvodnje električne energije iz kogeneracije po gorivima u zemljama EU-15, za Kyoto protocol scenarij u 2010. godini, [6]

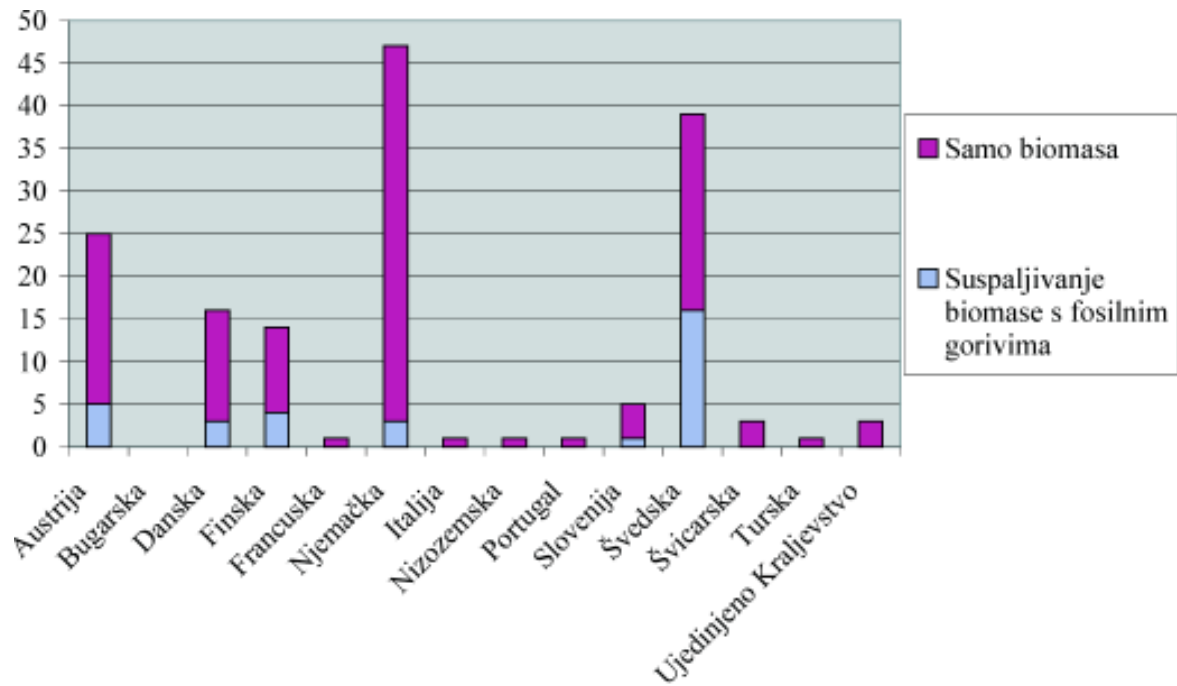


Slika 6. Instalirani kapacitet proizvodnje električne energije iz kogeneracije po gorivima u novim zemljama članicama EU, za Kyoto protocol scenarij u 2010. godini, [6]

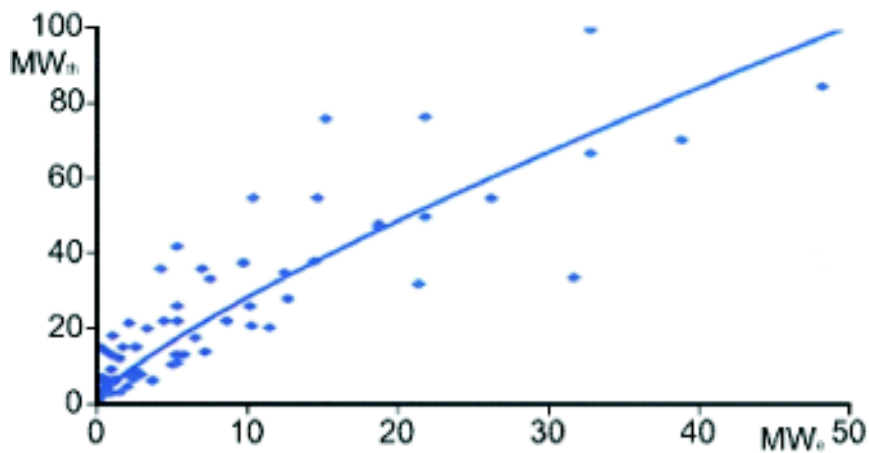
- prepreka i poticaja za provedbu projekata kogeneracije na biomasu.

Rezultati početne faze analize pokazuju da u zemljama EU postoji oko 90 komercijalnih kogeneracijskih postrojenja na krutu biomasu te još dodatno oko 70 demonstracijskih i pilot postrojenja, [7]. Većina postrojenja nalazi se u zemljama s razvijenom šumarskom industrijom, slika 7. Instalirana snaga kogeneracijskih pos-

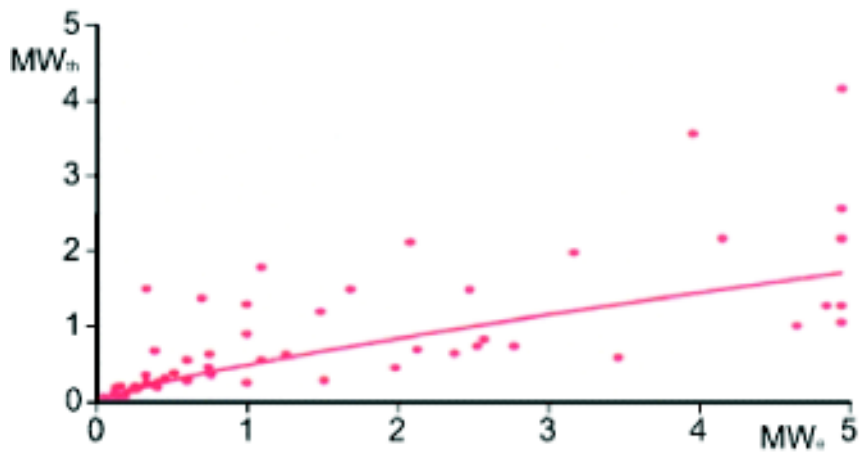
trojenja na biomasu relativno je mala u usporedbi s onima na fosilna goriva te u najvećem broju slučajeva ne prelazi 10 MW_e, slike 8. i 9. U pravilu se manja postrojenja snage do 1 MW_e nalaze u zemljama u središnjem i južnom dijelu Europe, dok se u nordijskim zemljama nalaze postrojenja veće snage. Najveće kogeneracijsko postrojenje na biomasu u Europi, instalirane snage 240 MW_e te ukupne snage kotla 590 MW nalazi se u finskom gradu Jakobstadu, a kao gorivo koristi



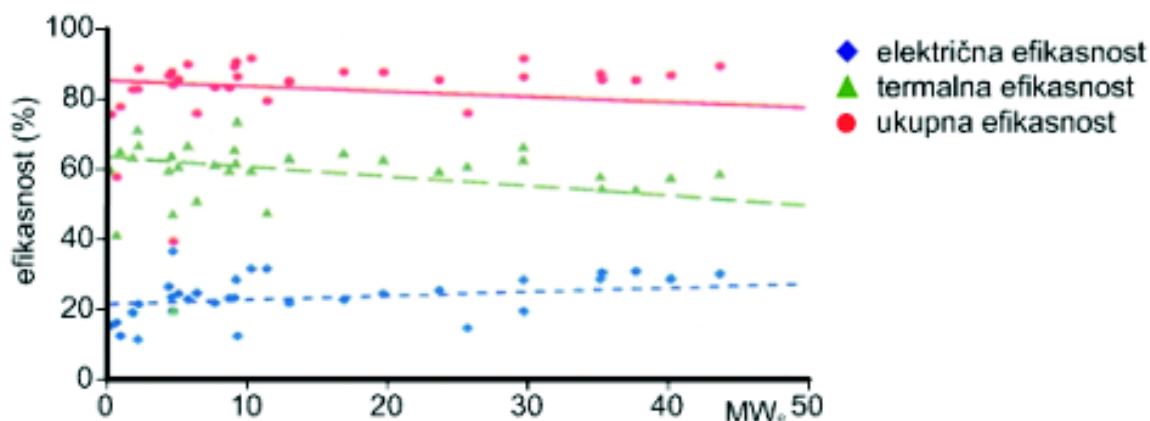
Slika 7. Broj kogeneracijskih postrojenja na biomasu u odabranim zemljama, [7]



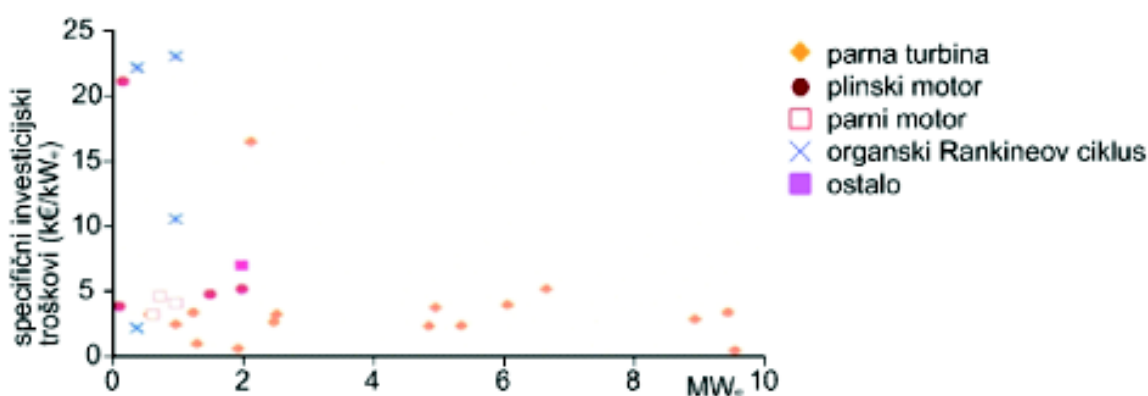
Slika 8. Snaga promatranih kogeneracijskih postrojenja na biomasu, do 50 MW_e, [7]



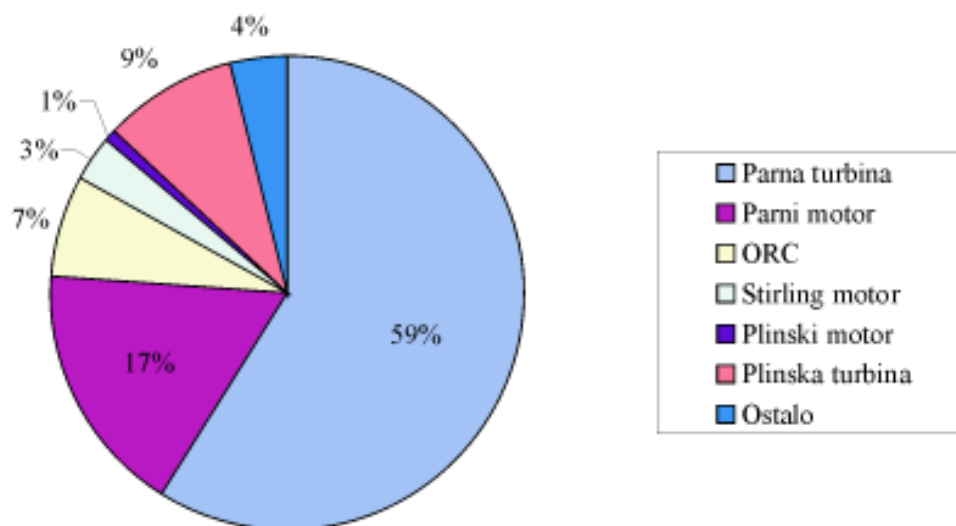
Slika 9. Snaga promatranih kogeneracijskih postrojenja na biomasu, do 5 MW_e, [7]



Slika 10. Efikasnost promatranih kogeneracijskih postrojenja na biomasu, [7]



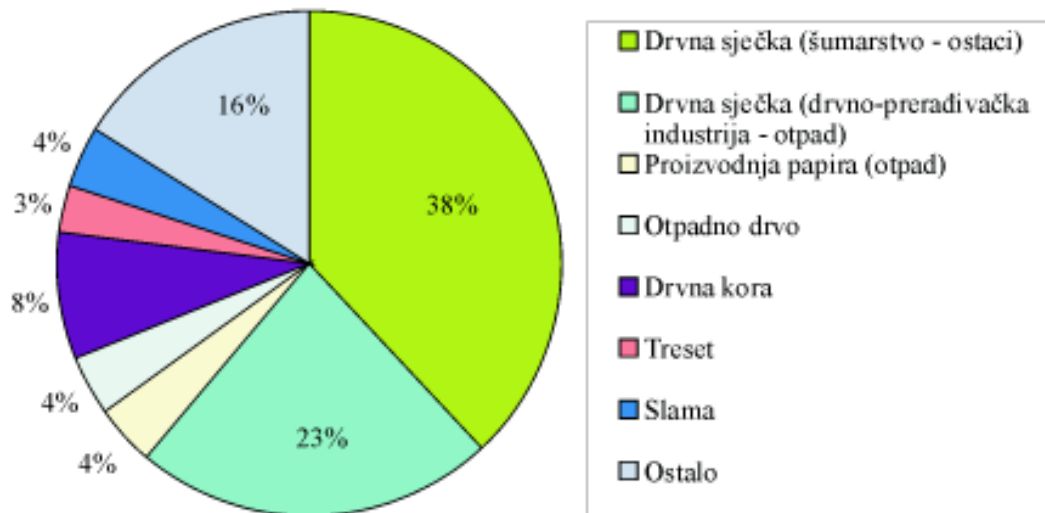
Slika 11. Specifični investicijski troškovi kogeneracijskih postrojenja na biomasu, [7]



Slika 12. Udio tehnologija u kogeneraciji na biomasu za odabrane zemlje, [7]

mješavinu drvene kore, piljevine, sječke i treseta. Električna, odnosno ukupna efikasnost kogeneracijskih postrojenja na biomasu kreće se između 10 i 30%, odnosno 80 i 90%, slika 10., a specifični investicijski troškovi variraju ovisno o korištenoj tehnologiji, slika 11. Kao najveći nedostatak kogeneracije na biomasu

identificirani su upravo visoki investicijski troškovi, koji se u slučaju korištenja provjerene i zrele tehnologije parne turbine dostižu iznose i od preko 3000 €/kW_e. Tehnologije od kojih se u budućnosti očekuje da bi mogle imati važnu ulogu, kao što su Stirlingov motor te korištenje organskog *Rankineovog* ciklusa (ORC) za



Slika 13. Udio pojedine vrste biomase u ukupnoj potrošnji za kogeneraciju u odabranim zemljama, [7]

sada su u demonstracijskoj i pilot fazi tako da su takva postrojenja za sada malobrojna, slika 12. Korišteno gorivo je u većini otpad i ostaci i šumarske i drvno-prerađivačke industrije, u obliku sječke, piljevine i drvene kore, slika 13. U manjoj mjeri koristi se i otpad iz poljoprivrede (slama), industrije papira (crni lug), gradski otpad i drugo.

3.2. Stanje u Hrvatskoj

Prva kogeneracija na biomasi u Hrvatskoj podignuta je 1881. godine u Đurđenovcu, u pilani grofa Ladislava Pejačevića. Tamo je uz parni stroj montiran generator od 120 kW, koji je radio samo nedjeljom, jer je radnim danom parni kotao radio za pogon pilane. Ovaj je generator temelj prve elektrifikacije Đurđenovca jer su i stanovi rukovoditelja imali rasvjetu, a za pogon su se koristili otpaci iz pilana. Od tada do danas u pogonu je bilo nekoliko kogeneracijskih postrojenja na biomasi, ali su ona zbog različitih razloga izvan pogona (Klas d.d. Nova Gradiška – uništeno tijekom rata, DIP Đurđenovac – izvan pogona zbog teškoća u poslovanju itd.).

Tijekom posljednjih godina, suprotno općem trendu na području EU, ali i izrazitom interesu gospodarstva i poduzetnika, u pogonu nije nijedna kogeneracija na biomasi u Hrvatskoj. Uzroke takvom stanju treba tražiti u sljedećem:

- Nakon donošenja energetske zakona u 2001. nastala je potpuna zakonska praznina zbog nedonošenja podzakonske regulative koja je gotovo u potpunosti zakočila ove projekte.
- U Hrvatskoj, ali čak i na razini Europske unije još nije potpuno razjašnjeno u kojoj je mjeri toplinarstvo dio energetske sektora, a koliko je komunalna djelatnost, kako najispravnije vrednovati i razliko-

vati proizvodnju električne i toplinske energije iz takvih postrojenja te kako poticati kogeneraciju na obnovljive izvore. U nekoliko hrvatskih gradova (Slavonski Brod, Delnice, Ogulin, Velika Gorica) razmišljalo se o uvođenju biomase kao goriva u centraliziranim sustavima opskrbe, ali je realizacija do sada izostala zbog organizacijskih, financijskih, ali i specifičnih lokalnih problema.

- Nepostojanje tržišta biomase u Hrvatskoj, a samo je po sebi jasno da pouzdana opskrba energetske postrojenja biomasom predstavlja nužan preduvjet njihovog rada.
- Nepostojanje tradicije područnog grijanja izvan velikih urbanih centara, visoki troškovi izgradnje toplinskih mreža, razvijena plinifikacija (čak i regija s niskom gustoćom potrošnje, izrazito pogodnih za područno grijanje na biomasi).
- Viši investicijski troškovi postrojenja na biomasi u odnosu na ostala kogeneracijska postrojenja (zbog drugačije izvedbe ložišta i sustava za ubacivanje biomase).

Usprkos navedenim preprekama, u Hrvatskoj i danas postoji znatan interes investitora u kogeneraciju na biomasi. Kao tipični primjer mogućnosti za uspješnu kogeneraciju na biomasi može se uzeti drvna industrija – drvno-prerađivačka poduzeća imaju potrebu za toplinom (sušenje drva, grijanje prostorija) i električnom energijom, a preradom drva nastaje dovoljna količina drvnog otpada koji služi kao gorivo. Projekti koji su u različitom stanju dovršenja su sljedeći:

- Belišće d.d. – Belišće (vlastita potrošnja električne i toplinske energije),
- Spačva d.d. – Vinkovci (vlastita potrošnja električne i toplinske energije),
- Drvenjača d.d. – Fužine (vlastita potrošnja električne i toplinske energije),

- Česma d.d. – Bjelovar (vlastita potrošnja električne i toplinske energije),
- HEP Toplinarstvo - Grad Velika Gorica (područno grijanje, predaja električne energije u mrežu).

U potpunom izostanku bilo kakvih poticajnih mjera za kogeneraciju na biomasi od strane države, vrijedi istaknuti da **Uredba o državnim potporama** (NN 121/03) između više područja predviđa dodjelu potpora i za područja istraživanja i razvoja (do 100% za temeljna, do 50% za primijenjena i do 25% za razvojna istraživanja te do 75% za studije tehničke izvedivosti) te zaštitu okoliša. Za zaštitu okoliša potpora je predviđena i posebno za energetske efikasnost i istodobnu proizvodnju električne i toplinske energije (kogeneracija), te za obnovljive izvore energije, velikim poduzetnicima, do visine 40% opravdanih troškova, a malim i srednjim poduzetnicima do visine 50% opravdanih troškova. Ovaj iznos potpore se može povećati za 10% opravdanih troškova za državnu potporu za ulaganja u obnovljive izvore energije koji u cijelosti zadovoljavaju energetske potrebe zaokružene zajednice, a u iznimnim slučajevima za ulaganja u obnovljive izvore energije, moguće je odobriti i veći udio državne potpore ako se dokaže da je državna potpora prijeko potrebna.

4. ZAKLJUČAK

Republika Hrvatska, kao zemlja s velikim šumskim potencijalom (44% kopnenog šumskog teritorija), značajnom ulogom poljoprivrede te brojnim drveno-predrađivačkim pogonima, ima na raspolaganju velike količine biomase različitog podrijetla koje se mogu koristiti za proizvodnju energije. Prema različitim scenarijima (razvoj poljoprivrede i šumarstva, uvođenje novih tehnologija i mehanizama podrške i sl.) očekuje se da će tehnički potencijal biomase u 2030. godini iznositi između 50 i 80 PJ. Dosad se koristila svega manja količina raspoložive biomase (12,24 PJ u 2001. godini) i to većinom na energetske neefikasan način za grijanje kućanstava, a biomasa nije zauzimala značajnije mjesto u energetske politici, [8].

Zemlje članice Europske unije danas su svjesne značenja obnovljivih izvora energije. Tome značajno pridonosi i stalna podrška obnovljivim izvorima od strane Europske komisije, a koja se ogleda u postavljanju ciljeva, Direktivama koje obvezuju članice te brojnim programima financijske i institucionalne podrške. Zemlje članice, međutim, u pravilu ne čekaju da ih za korištenje obnovljivih izvora obveže Europska komisija – prednosti njihova korištenja poznate su i političarima i javnosti. Tada podrška obnovljivim izvorima ne samo da postaje sastavni dio državne politike i dio programa političkih stranaka Europske unije već postaje i dio civilizacijskog naslijeđa lokalnih zajednica i cjelokupnog stanovništva koje takve projekte zahtijeva, podržava i provodi. Na taj se način otvaraju nova radna mjesta, pridonosi razvitku ruralnih područja, otvaraju nove

mogućnosti zarade za poljoprivrednike, smanjuje uvoz energije kojom je Europa siromašna, čuva vlastiti okoliš i smanjuje globalna emisija stakleničkih plinova te pridonosi zdravlju ljudi u urbanim područjima.

Zbog svega toga nije neobično da su tzv. *male* zemlje prve prepoznale prednosti obnovljivih izvora. Tako Finska četvrtinu svojih potreba za energijom pokriva iz biomase, Danska već godinama intenzivno razvija program vjetroelektrana, a Austrija se ubrzano približava udjelu od 80% električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora. U svim ovim zemljama, ali i na području cijele Europske unije, kogeneracija na biomasi ima istaknuto mjesto među obnovljivim izvorima energije.

Kogeneracijska proizvodnja električne energije iz biomase dokazana je i komercijalno uspješna tehnologija koja se široko primjenjuje na području Europske unije. Iako je prvo kogeneracijsko postrojenje na biomasi u Hrvatskoj podignuto još 1881. godine, danas će za uspješan razvitak ovog sektora još biti potrebno:

- Uskladiti već prihvaćenu i legislativu koja je u pripremi s opisanim Direktivama:
 - o Nacrt prijedloga **Zakona o toplinarstvu**, upućen u rujnu 2003. u redovitu proceduru usuglašavanja sa svim nadležnim institucijama, je rađen u suradnji Ministarstva gospodarstva, HEP-Toplinarstva d.o.o. i Energetskog instituta *Hrvoje Požar*, a s Nacrtom prijedloga Zakona su upoznati i predstavnici trgovačkih društava koji obavljaju toplinske djelatnosti iz Zagreba, Varaždina, Slavenskog Broda, Karlovca i Rijeke. Predloženi nacrt Zakona ne prepoznaje u dovoljnoj mjeri proizvodnju toplinske energije iz obnovljivih izvora iz toplana/kotlovnica ni iz kogeneracije;
 - o Nacrt **Pravilnika o povlaštenom proizvođaču**, izrađen još 2002. godine, definira vrste postrojenja temeljem kojih se energetske subjektima može priznati taj status, uvjete i postupak za stjecanje statusa te sadržaj i opseg prava i obveza. Kogeneracijska postrojenja predloženim pravilnikom imaju status povlaštenog proizvođača, a definira se i zahtijevani pokazatelj efikasnosti pretvorbe primarne energije u električnu energiju i korisnu toplinsku energiju te pokazatelj energetske efikasnosti kogeneracije, koji se izražava kao relativna ušteda iskorištenja energije goriva u odnosu na ekvivalentnu proizvodnju u odvojenim referentnim postrojenjima.
- Navedena legislativa trebala bi biti samo prvi korak, a osim toga je potrebno definirati i zakonski osigurati sljedeće:
 - o postupak priključenja na mrežu;
 - o postupak i cijene za rezervnu i vršnu električnu energiju;
 - o definiranje otkupnih cijena za električnu energiju;

- o postavljanje ciljanog udjela kogeneracijske proizvodnje (sa i bez biomase);
- o odrađivanje i definiranje eventualnih poticajnih mjera.

Za proizvodnju električne energije iz biomase u Hrvatskoj moguće je predvidjeti nekoliko scenarija razvitka, a ukupan potencijal oko 30-ak identificiranih projekata za proizvodnju električne energije, uglavnom se odnosi na kogeneraciju i procjenjuje na oko 1 TWh/god. Sve navedeno upućuje na značenje ove tehnologije koja je u ovom trenutku razvitka elektroenergetskog sustava, ali i ukupnog energetskog tržišta u Hrvatskoj, nedovoljno poznata i nedovoljno iskorištena.

LITERATURA

- [1] J. DOMAC, B. FREDERICKS, "Bioenergy in Croatia". Market study. BTG e.V. & Energy Institute *Hrvoje Požar*, 2002.
- [2] The share of renewable energy in the EU, Communication from the Commission to the Council and the European Parliament, COM(2004) 366 final, 2004.
- [3] Frontier Economics Ltd., Cost Benefit Analysis for Renewable Energy in Croatia, Final Report, izvješće pripremljeno za HBOR i World Bank/GEF, 2003.
- [4] Renewables for Power Generation – Status & Prospects, International Energy Agency, 2003.
- [5] Energy for the Future: Renewable Sources of Energy, White Paper for a Community Strategy and Action Plan, COM(97) 599, Final, 1997.
- [6] The Future of CHP in the European Market – The European Cogeneration Study, Final Publishable Report, XVII/4.1031/P/99-169, 2001.
- [7] Jungmeier, Gerfried, et al., Survey of Existing CHP Plants with Solid Biomass in Europe, 2st World Conference on Biomass for Energy and Industry, Rome, 2004.
- [8] J. DOMAC, et al., "BIOEN – Program korištenja energije biomase i otpada": Nove spoznaje i provedba. Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, 2001.

STATUS AND PERSPECTIVES OF BIOMASS COGENERATION

In the paper a review of status and perspective of biomass cogeneration is given. Basic technological and economic aspects are shown as well as a review of biomass cogeneration plants in EU countries in view of the technology used and biomass type. In Croatia there is no biomass cogeneration plant at the moment so in the conclusion the main reasons for that situation are given and some measures are proposed to make a suitable framework for biomass cogeneration project development.

LAGE UND AUSSICHTEN BIOMASSE NUTZENDER KOGENERATIVEN VERFAHREN

Gegeben wird eine Übersicht der Lage und der Aussichten kogenerativer Energieerzeugung mit der Biomasse als Energiequelle. Vorgelegt werden grundlegende verfahrenstechnische und wirtschaftliche Anblicke, sowie eine Übersicht der Lage kogenerativer Anlagen auf Grund der Biomasse in den EU-Ländern mit Rückblick auf verwendete Verfahren und auf Arten der Biomasse. Gegenwärtig gibt es in Kroatien gar keine kogenerative Anlage auf der Grundlage der Biomasse. Am Ende sind Hauptursachen für diese Sachlage angeführt, sowie Maßnahmen zur Schaffung günstiger Voraussetzungen für die Entwicklung diesbezüglicher Projekte vorgeschlagen.

Naslov pisaca:

**Dr. sc. Julije Domac, dipl. ing.
mr. sc. Velimir Šegon, dipl.ing.
Energetski institut "Hrvoje Požar"
Savska 163, 10000 Zagreb, Hrvatska**

Uredništvo primilo rukopis:
2004 – 07 – 02.