

KOGENERACIJSKA ELEKTRANA NA ŠUMSKU BIOMASU

U Karlovcu pokrenuta proizvodnja bioelektrane toplane

PRIPREMILA:
Anđela Bogdan

Kogeneracijsko postrojenje BE-TO Karlovac na Ilovcu pokrenulo je proizvodnju električne i toplinske energije, energana na drvenu biomasu proizvodit će 5 MW električne energije i 10 MW toplinske energije

Uvodne napomene

Povećanje udjela obnovljivih izvora energije u ukupnoj energetskej bilanci jedan je od strateških ciljeva sve većeg broja zemalja. Hrvatska se potpisivanjem međunarodnih sporazuma (npr. Protokol iz Kyota) te u skladu sa zakonodavstvom i članstvom u EU-u obvezala na poduzimanje konkretnih koraka u povećanju korištenja obnovljivih izvora energije, a u skladu s paradigmom "održivog razvoja". Nove tehnologije sve su više usmjerene na biomasu, energiju vjetra, energiju sunca i druge obnovljive izvore energije, što je i cilj Europske unije, kako bi se na temelju novih smjernica i provedbenih propisa Europske komisije u sklopu klimatsko-energetske politike EU-a europski energetskej sustav promijenio do 2030.

Nove tehnologije usmjerene su na biomasu, energiju vjetra, energiju sunca i druge obnovljive izvore energije kako bi se europski energetskej sustav promijenio do 2030.

Europska shema trgovanja emisijama (EU ETS) ograničava količinu emisija na nacionalnoj razini i na razini pojedinoga postrojenja. Svako postrojenje ima određenu količinu emisijskih prava, odnosno kvotu kojom raspolaže, a trgovanje među postrojenjima omogućuje im da zadovolje vlastite kvote kupnjom emisijskih prava na tržištu. Ograničenje količine emisija

Biomasa – obnovljivi izvor energije s velikim potencijalom u Hrvatskoj

Biomasa se odnosi na živuću ili donedavno živuću materiju, biljnoga ili životinjskoga podrijetla, koja se može koristiti kao gorivo ili za industrijsku proizvodnju.



Hrvatska se potpisivanjem međunarodnih sporazuma obvezala na poduzimanje konkretnih koraka u povećanju korištenja OIE

koju pojedino postrojenje ili država smiju emitirati dovodi do povećanja konkurentnosti niskougličnih tehnologija. U ovome prilogu prikazane su mogućnosti dobivanja čiste energije iz biomase, koja ima velik potencijal u Hrvatskoj, i to na primjeru novoizgrađene bioelektrane energane koja je nedavno puštena u rad u Karlovcu.

Postoje razni načini da se iz biomase dobije energija. Jedan od njih jest izravno pretvaranje biomase u energiju postupkom jednostavnoga sagorijevanja. Na taj se način može proizvesti pregrijana vodena para za grijanje u industriji i kućanstvima ili za dobivanje električne energije u malim termoelektranama. Takva po-



Šumska biomasa

strojenja kao gorivo koriste drveni otpad iz šumarstva i drvne industrije, slamu i druge poljoprivredne ostatke. Upotrebljava se isključivo šumska biomasa (ostaci i otpad nastali redovitim gospodarenjem šumama, prostorno i ogrijevno drvo) i biomasa iz drvne industrije (ostaci i otpad nastao pri piljenju, brušenju, blanjanju, kao gorivo u vlastitim kotlovnica, sirovina za proizvode, briketi i peleti koji nastaju sabijanjem, odnosno prešanjem usitnjene drvne biomase u rasutom stanju radi prijevoza i automatizacije loženja te jeftinije i kvalitetnije gorivo od šumske biomase). Pri obradi drveta gubi se od 35 do 40 posto ulazne sirovine u procesu proizvodnje, a količina otpada za neke proizvode kao što su parketi iznosi i do 65 posto.

U Hrvatskoj se prema procjenama proizvede između 4.000 i 20.000 tona pepela iz drvne biomase na godinu

Procjenjuje se da se u Hrvatskoj proizvede između 4.000 i 20.000 tona pepela iz drvne biomase na godinu, pri čemu se kao najvjerojatnija količina procjenjuje 12.000 tona na godinu. Međutim, s obzirom na procjenu budućega razvitka proizvodnje energije iz biomase te maksimalnoga potencijala potrošnje biomase u Hrvatskoj, prema realnome scenariju proizvodnje, može se očekivati proizvodnja od 45.900 tona pepela iz biomase na godinu. Procjenjuje se da će u Europskoj uniji primjena energije iz energana na drvenu biomasu u budućnosti utjecati na

proizvodnju od približno 600.000 tona pepela. Sve se više ističe važnost pronalaska ekološki prihvatljivih i ekonomski opravdanih načina iskorištavanja pepela, jer se u EU-u trenutačno 70 posto pepela iz drvne biomase odlaže, 20 posto primjenjuje u poljoprivredi kao dodatak tlu, a 10 posto koristi za ostale namjene.

Bioelektrane toplane

Bioelektrana jest elektrana koja koristi energiju biomase za dobivanje električne energije, a često i toplinske energije za grijanje (koristi se i naziv kogeneracija ili kogeneracijska elektrana). Proizvodnja električne energije iz biomase slična je kao i u slučaju fosilnih goriva u termoelekttranama: najprije slijedi pretvaranje u toplinsku energiju nosioca (vodena para kod parnih turbina, prirodni plin kod plinskih turbina), zatim pretvaranje u mehaničku energiju, a potom u električnu energiju. Radi povećanja stupnja djelovanja primjenjuje se kogeneracija, istodobna proizvodnja toplinske i električne energije, pri čemu je potreban potrošač topline.

Male kogeneracijske elektrane jesu višenamjenski objekti koji iz fosilnih goriva i biomase postupkom kogeneracije proizvode električnu i toplinsku energiju, a u određenim slučajevima proizvode i hladnu vodu za potrebe hlađenja. Goriva za pogon malih kogeneracijskih elektrana jesu plinovita, tekuća i kruta. Odgovarajuće toplinske snage ovise o vrsti energetskog agregata i kreću se u rasponu od 20 do 20.000 kW. U nastavku je opisano tehničko rješenje jedne takve elektrane koja je nedavno sagrađena u Ilovcu pokraj Karlovca.

Kogeneracijska bioelektrana Karlovac

Nova kogeneracijska bioelektrana, treća koju gradi *Sherif Grupa*, u ovome slučaju njezina tvrtka *BE-TO Karlovac d.o.o.* iz Zagreba, dio je plana povećanja broja elektrana iz obnovljivih izvora energije u Republici Hrvatskoj. Prema projektu, postrojenje će proizvoditi električnu i toplinsku energiju uz dogovoreno dugoročno osiguravanje biomase. Osnovna prednost biomase u odnosu na fosilne energente jest ta što se sagorijevanje biomase u cilju proizvodnje energije smatra tehnologijom bez emisija ugljikova dioksida. Naime biomasa tijekom rasta veže ugljikov dioksid u procesu fotosinteze.

Nova kogeneracijska bioelektrana, *BE-TO Karlovac* dio je plana povećanja broja elektrana iz obnovljivih izvora energije u Republici Hrvatskoj

Kogeneracijsko postrojenje BE-TO Karlovac na Ilovcu proizvodit će 5 MW električne energije i 10 MW toplinske energije. Električna energija isporučivat će se u distribucijsku mrežu na temelju ugovora o otkupu električne energije s HRO-TE-om. Manji dio proizvedene topline koristit će za grijanje prostorija, a preostali u pogonu za proizvodnju briketa. Ostatak toplinske energije, odnosno neiskorišteni dio toplinske energije, kondenzira se u zraku hlađenome kondenzatoru. Gradilište je bilo otvoreno u prosincu



Nova bioelektrana-toplana u Karlovcu



Proizvodnja električne i toplinske energije uz dugoročno osiguravanje biomase



Izvedba pilota za potrebe temeljenja građevine

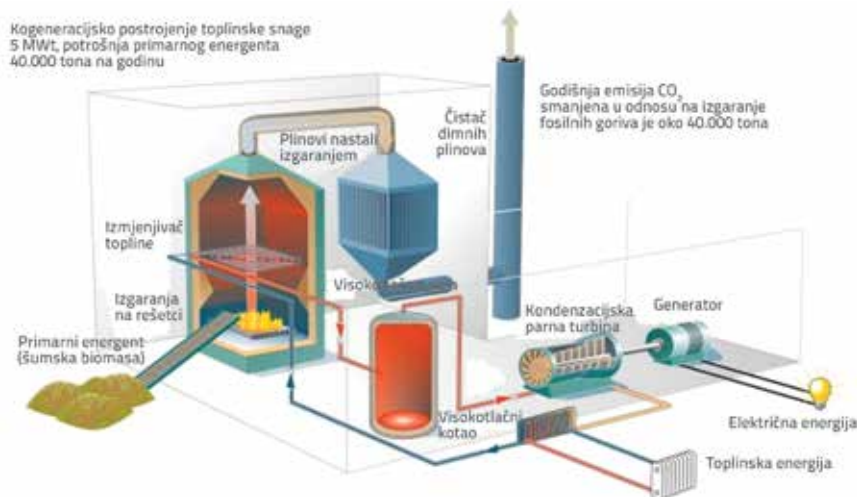
2018., a u kolovozu 2020. uspješno je završen probni rad i ishođena uporabna dozvola. U rujnu 2020. *Hrvatska energetska regulatorna agencija* (HERA) izdala je Rješenje o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije, čime su stečeni uvjeti za komercijalni rad elektrane toplane kao kapitalnoga objekta u investiciji u koju je uloženo približno 200 milijuna kuna. Njezina je ukupna električna snaga 5,7 MW, od čega se 5 MW ispo-

ručuje u distribucijsku elektroenergetsku mrežu, a ostatak struje koristi se za vlastitu potrošnju samoga postrojenja. Toplinski kapacitet energane projektiran je na maksimalnih 25 MW, ali je postrojenje fleksibilno i može raditi s manjim toplinskim učinkom za proizvodnju proračunane električne komponente. S provedbom druge faze karlovačke investicije toplinska se snaga može povećati, za svoje proizvodne potrebe može osigurati

snagu od oko 10 toplinskih megavata, a ostalo može ponuditi potencijalnim kupcima toplinske energije u okružju. Mali dio proizvedene toplinske energije koristi se za grijanje prostorija (upravljačka prostorija, ured upravitelja, garderobe i sanitarni čvorovi). Velik dio proizvedene toplinske energije koristi se za tehnološke potrebe drvoperađivačkih procesa na navedenoj lokaciji, odnosno za proizvodnju briketa (navedeno nije predmet



Pogled na gradilište



cijski bazen), dnevnoga spremnika drve biomase s pripadajućom nadstrešnicom te pristupne prometnice.

Kogeneracijska energana na drvnu biomasu sastoji se od zgrade kogeneracijske energane, zrakom hlađenoga kondenzatora, elektrostatskoga filtera, ventilatora dimnih plinova i dimnjaka, bazena za hlađenje otpadne tehnološke vode, dnevnoga spremnika drve biomase ...

Schema kogeneracijskog postrojenja

projekta). Ostatak toplinske energije, odnosno neiskorišteni dio toplinske energije, kondenzira se u zrakom hlađenome kondenzatoru.

S obzirom na obvezu takvih kombiniranih energetske pogona da njihov koeficijent ukupne energetske iskoristivosti mora prijeći 50 posto energetske vrijednosti goriva, u ovome slučaju sječke od drvnoga otpada, novi karlovački pogon završio je toplovod prema sušari koja treba oko 5 MW toplinske snage. Ona će služiti za sušenje sječke za proizvodnju briketa.

dinamičkome planu projekta, na drugim je dijelovima proizvodnje opreme i izvođenja radova na gradilištu trebalo ubrzati radove kako se ne bi ugrozio ukupni dinamički plan radova.

Kogeneracijska energana na drvnu biomasu sastoji se od zgrade kogeneracijske energane, zrakom hlađenoga kondenzatora, elektrostatskoga filtera, ventilatora dimnih plinova i dimnjaka, dizelskog agregata, bazena za hlađenje otpadne tehnološke vode (neutralizacijski i reten-

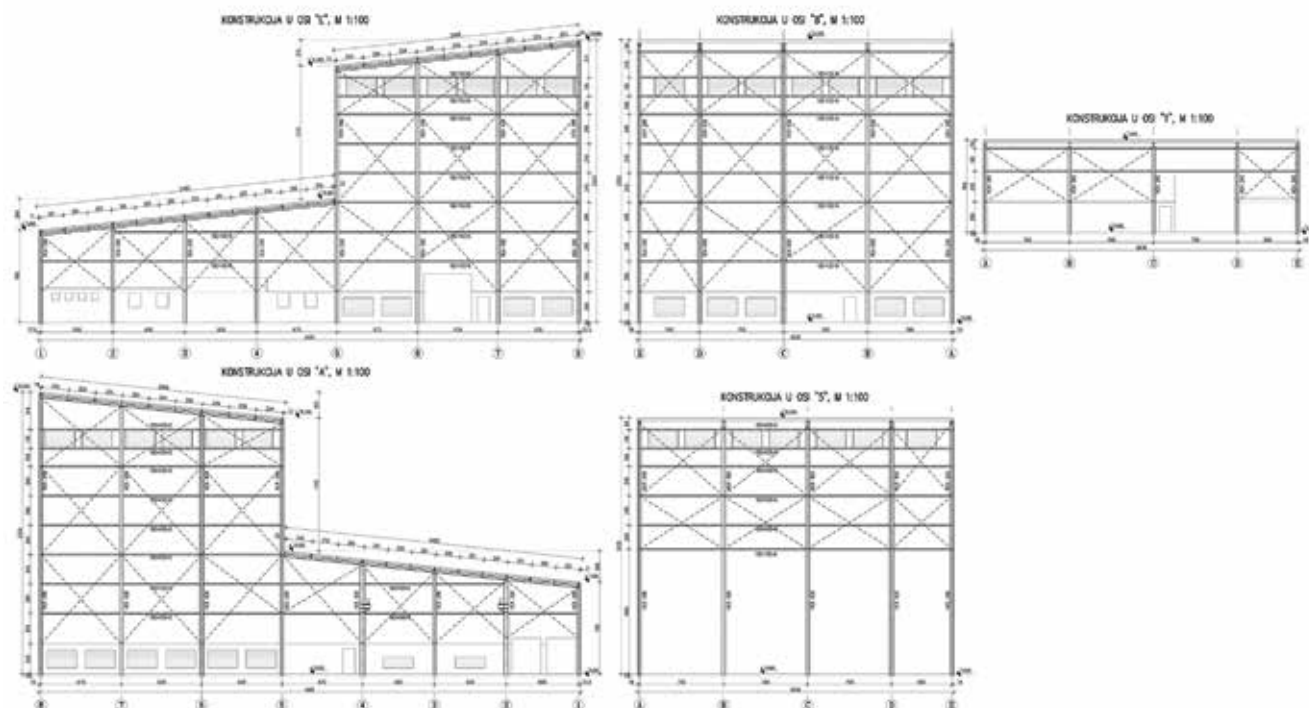
Konstrukcija kogeneracije dijeli se na dvije cjeline koje su u smjeru duže strane objekta. Prva je cjelina duga 20,48 m i u njoj su smješteni kotao, kemijska priprema vode i toplinska stanica. Građevina je visoka 23 metra. Krov je jednostrešni, s nagibom krovne plohe od šest posto. U prizemlju druge cjeline smješteni su postrojenje turbine i generatora, trafostanica, elektroenergetska prostorija, upravljačka prostorija, prostorija za elektroormare, ured upravitelja i sanitarni čvor s garderobom. Krovna i nosiva konstrukcija građe-

Tehničko rješenje kogeneracije

Izgradnja kogeneracijske energane planirana je u krugu bivše tvornice za proizvodnju crijepa i opeke, na lokaciji budućega postrojenja koje se nalazi u Ilovcu pokraj Karlovca, pa se iskopana glina koristila u proizvodnji, a rupe su zatrpavane otpadnim materijalom iz ciglane. Geomehaničkim ispitivanjem utvrđeno je to da tlo nije pogodno za klasično temeljenje, zbog čega se glavni projektant odlučio za temeljenje na armiranobetonskim pilotima i temeljnoj armiranobetonskoj ploči. Za bušenje pilota korišten je hidraulični bušači bager s garniturom za izvođenje CFA (engl. *continuous flight auger*) pilota. Na gradilištu je ukupno izvedeno 328 AB pilota duljine 13 metara, a promjera 60 centimetara. Zbog izvedbe pilota, koji prvotno nisu bili planirani ni u financijskome ni u



Tlocrtna situacija postrojenja na geodetskoj podlozi



Poprečni presjek konstrukcije bioelektrane toplane

vine izvedena je od standardnih čeličnih profila temeljenih na AB temeljnim stopama međusobno povezanim temeljnim trakama. Unutrašnji i vanjski zidovi na mjestu upravljačke prostorije, prostorije za elektroormare i ureda upravitelja sagrađeni su od blok-opeke debljine 20 cm i 12 cm. Tehnološkom koncepcijom predviđeno je to da se rashladno postrojenje postavi na nosivu konstrukciju od čelika, na visinu od pet metara. Pristup dijelovima rashladnoga postrojenja omogućen je s vanjske strane penjalicama i hodnom

stazom širine 0,80 m. Spremnik biomase sagrađen je od armiranog betona, a vanjske su mu dimenzije sljedeće: dužina 18 m, širina 16 m, a visina 3,8 metara. Bazen za hladene otpadne tehnološke vode jest ukopana građevina. Sagrađen je od vodonepropusnoga AB klase C 30/37 čije su vanjske dimenzije 8 m dužine i 7 m širine. Debljina zidova je 20 cm, a zapremnina bazena 250 m³.

Tehnološko rješenje ventilatora dimnih plinova i dimnjaka proizišlo je iz zahtjeva za odvodnjom dimnih plinova iz kotla.

Kako bi se omogućila neometana odvodnja dimnih plinova, koristi se ventilator dimnih plinova koji je postavljen u razini tla. Iako je drvena sječka ekološki prihvatljiv obnovljivi izvor energije, tijekom rada bioelektrane u Karlovcu ipak će doći do emisija u okoliš. Odgovarajućim konstrukcijskim rješenjima te će se emisije umanjiti na razinu prihvatljivu za okoliš i ljude. U procesu izgaranja drvene sječke nastaju kruti ostaci (šljaka i pepeo) te dimni plinovi. Šljaka i pepeo ne spadaju u kategoriju opasnog otpada, a za njihov



Konstrukcija kondenzatora





Montaža turbine kroz krovnu konstrukciju

prihvat i privremeno skladištenje predviđena je izgradnja zatvorenih sustava na lokaciji zahvata. Kruti ostaci izgaranja otpremaju se na odgovarajući deponij. Ugradnjom elektrostatskoga filtera emisija onečišćujućih tvari iz dimnih plinova znatno je smanjena. Analizom dimnih plinova za potrebe tehničkoga pregleda

te su vrijednosti bile ispod zakonom propisanih graničnih vrijednosti. Manja količina pepela koja nastaje kao nusproizvod pri izgaranju biomase pakira se u vreće i isporučuje distributerima pa se može kupiti u slobodnoj prodaji kao poboljšivač tla (smanjenje kiselosti), a ostatak zbrinjavaju ovlaštene pravne osobe.

Pristupne se prometnice koriste kako bi komunikacija oko kogeneracijske enerģane mogla teći neometano. Izgradnjom prometnica oko kogeneracije omogućen je neometan prolazak vatrogasnih vozila te vozila koja se koriste pri održavanju postrojenja.

Sudionici u gradnji

Glavni projekt kogeneracijske bioelektrane izradio je Damir Budimir, dipl. ing. građ., iz tvrtke *Leko-biro d.o.o.* iz Slavenskog Broda, koji je ujedno bio glavni nadzorni inženjer na gradilištu. Voditelj projekta u ime te tvrtke bio je građevinski inženjer Josip Batagelj, koji je sudjelovao u svim fazama izrade glavnoga i izvedbenoga projekta kao projektant suradnik i suradnik glavnoga nadzornog inženjera. Društvo *Leko-biro d.o.o.* osnovano je 1992., a njegova osnovna djelatnost obuhvaća projektiranje iz područja industrijske izgradnje, izradu investicijske i tehnološke dokumentacije



Pogled na turbogeneratorski set u postrojenju



Pogled na zid kotla u radionici



Kotao u bioelektrani

te statičkih proračuna, racionalizaciju i prilagodbu postojećih industrijskih rješenja novim tehnološkim rješenjima. U projektiranju energane sudjelovale su i karlovačke tvrtke *Kabinet arhitekture d.o.o.* i *Projekta d.o.o.*

Glavni izvođač radova jest tvrtka *Đuro Đaković Termoenergetska postrojenja d.o.o.*, koja je u srpnju 2018. s investitorom projekta *BE-TO Karlovac d.o.o.* potpisala ugovor o gradnji. Za voditelja projekta imenovan je Robert Mec, dipl. ing. stroj., a glavni voditelj gradilišta bio je Saša Vasilevski, dipl. ing. stroj. To je već osma kogeneracijska elektrana koju *Đuro Đaković TEP* gradi u Republici Hrvatskoj. To je poduzeće s devedesetogodišnjom tradicijom proizvodnje kotlovskih postrojenja za sve vrste goriva. Danas je europski lider u proizvodnji tlačnih dijelova i opreme kotla te regionalni lider u projektiranju i proizvodnji kotlovskih postrojenja, energetskih otoka i elektrana zasnovanih na izgaranju drvene biomase, industrijskih kotlovskih postrojenja loženih plinom i uljem te kotlovskih postrojenja za iskorištavanje topline preostale iza malih i srednjih plinskih turbina i industrijskih procesa. U segmentu obnovljivih izvora energije proizvodi i isporučuje, po principu "ključ u ruke", kompletne elektrane za proizvodnju električne i toplinske energije iz biomase (kogeneracije), snage veće od 2 MWel. Elektrotehničke radove nadzirao je Goran Busić, dipl. ing. el., iz tvrtke *Projekta d.o.o.* iz Karlovca. Strojarske

radove nadzirao je Rašid Havič, dipl. ing. stroj., iz tvrtke *Leko-biro d.o.o.*

Tijekom gradnje kogeneracijske energane na biomasu multidisciplinarni projektni tim, koji su činili inženjeri građevinarstva, strojarstva i elektrotehnike, morao je biti vrlo dobro usklađen u svojim aktivnostima kako se tijekom izvođenja radova ne bi dogodili propusti i neželjeni izvantržkovnički radovi, jer se cijela energana sastoji od velike količine instalacijske opreme. Na gradilištu je bilo

angažirano oko 70 radnika svih struka. Uz standardnu građevnu mehanizaciju (rovokopač, kran, autodizalice, platforme, finiše, valjak i drugi) za montažu krupne strojarske opreme bila je korištena autodizalica nosivosti 300 tona. Najveći rizik u tome projektu bio je uskladiti dinamički plan gradnje građevine i montiranja opreme, jer je bilo kakvo kašnjenje moglo uzrokovati lančanu reakciju.

Do sredine ožujka 2020. gradnja je tekla prema planu, no zbog globalne pande-

Tablica 1. Sudionici u gradnji kogeneracijske energane u Karlovcu

Naziv izvođača	Vrsta radova
Đuro Đaković TEP d.o.o.	Izrada i ugradnja kotla, TG seta, povezanih parnih i ostalih cjevovoda te opreme uz cjevovode
Mipcro d.o.o.	Građevinski radovi – zidarski, armiranobetonski radovi, vodovod i kanalizacija, niskogradnja i završni radovi
Bravar-mont d.o.o.	Izrada i montaža čelične konstrukcije zgrade i nadstrešnice dnevnoga spremnika, ugradnja krovnih i fasadnih panela.
GK Grupa d.o.o.	Izvedba AB pilota CFA metodom
GEOBIM d.o.o.	Izvedba AB pilota CFA metodom
GMK d.o.o.	Izrada i montaža čelične konstrukcije kotla
Sintaksa d.o.o.	Elektrotehnički radovi, isporuka opreme, montaža i ispitivanja, puštanje u pogon
Đuro Đaković Elektromontaža d.o.o.	Elektrotehnički radovi – podizvođač
Đuro Đaković Montaža Izolak d.o.o.	Izrada i montaža toplinske izolacije i ozida
Magma d.o.o.	Izrada i montaža elektrostatskoga filtera
Unius d.o.o.	Elektrotehnički radovi na elektrostatskome filteru



Drvena sječka u spremniku

mije uzrokovane koronavirusom radovi planirani u proljetnim mjesecima kasnili su nešto više od mjesec dana. Zbog zatvaranja granica i otežanoga prijevoza turbogeneratorski set, koji je bio naručen od dobavljača u Njemačkoj, nije bio isporučan na vrijeme, a zbog izolacije radnika i nemogućnosti dolaska njemačkih montažera u Hrvatsku njegova je montaža bila privremeno obustavljena. U ljetnim mjesecima 2020. gradnja je nastavljena punim kapacitetom, a u kolovozu iste godine ishođena je uporabna dozvola, a završena je i probna proizvodnja električne i toplinske energije.

Druga faza investicije jest izgradnja pogona za proizvodnju briketa, koji je više namijenjen za industrijsku potrošnju. Sada će među prioritete u Karlovcu ući izgradnja sušara i parionica za drvenu građu namijenjenu za izvoz, ponajprije u Egipat, čime će se ispuniti uvjet za iskorištenje ukupne energije iz kombiniranoga postrojenja bioenergane i toplane Karlovac. Kako bi se optimiziralo potrošnju toplinske energije tijekom cijele godine proizvodnje električne energije i opskrbe vlastitoga pogona toplinskom energijom, u tijeku su pregovori s vlasnicima objekata u poslovnoj zoni u neposrednome susjedstvu BE-TO-a Karlovac, u sklopu kojih im se nudi jeftinije grijanje u odnosu

na ono koje sada koriste. U novoj energiji trenutačno je zaposleno 14 ljudi, a kada bude pokrenuta proizvodnja briketa, bit će zaposleno oko 50 radnika.

Zaključne napomene

Od novih tehnologija obnovljivih izvora energije za proizvodnju električne

energije u Republici Hrvatskoj najviše se koristi energija vjetra, a u posljednje vrijeme i energija biomase. Hrvatska je zemlja dugih tradicija raznih industrija, inovacija i znanja, a ne samo turizma. Potencijala definitivno ima, ali ga treba pravilno iskoristiti na isplativ i održiv način. Kombinirana proizvodnja električne energije i topline iz biomase vrlo je pogodna opcija proizvodnje energije. Neiskorištene mogućnosti i potencijal biomase potrebno je dodatno vrednovati kroz proizvodnju električne i toplinske energije uz ekonomski opravdane troškove koji, uz izbjegnute troškove u odnosu na konvencionalnu elektranu, uključuju i lokalne i globalne eksternalije. U posljednje je vrijeme viđen i niz dobrih promjena i prijedloga čija je svrha osigurati uvjete za investicije koje stvaraju nova radna mjesta, a jedna od njih je i kogeneracijska bioelektrana u Karlovcu.

Izvori:

- Projektna dokumentacija glavnog projektanta
- <https://mipcro.hr/referentna-lista/kogeneracijsko-postrojenje-be-karlovac-49/>
- Fotografije: Leko-Biro d.o.o.



Bioelektrana – toplana u Karlovcu snimljena nakon završetka svih radova