

PRIRUČNIK ZA EFIKASNO KORIŠĆENJE BIOMASE U EKONOMSKOM SEKTORU SA NAGLASKOM NA PREHRAMBENU INDUSTRIJU



Projekat
"Promocija održive upotrebe bioenergije u Zlatiborskoj oblasti"

PRIRUČNIK
ZA EFIKASNO KORIŠĆENJE BIOMASE
U EKONOMSKOM SEKTORU
SA NAGLASKOM NA
PREHRAMBENU INDUSTRIJU

Autor:
Slobodan Jerotić, dipl. ing.

Impresum

Izdavač:

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Registrovane kancelarije
Bonn i Eschborn, Nemačka

‘Razvoj održivog tržišta bionergije u Srbiji’
GLZ kancelarija
Bože Jankovića 39, 11000 Beograd, Srbija
Tel: +381 11 3912 507
Fax: +381 11 3912 511
www.bioenergy-serbia.rs

U saradnji sa:

RRA Zlatibor
Regionalna razvojna agencija Zlatibor
Petra Čelovića bb, 31000 Užice
Telefon: +381/31 523065
Faks: +381/31 510098
Web: www.rrazlatibor.rs

Urednici:

Slavko Lukić
Miloš Radojević

Autor:

Slobodan Jerotić

Lektura:

Ivana Čukanović

Dizajn i priprema za štampu:

Aleksandar Majstorović

Štampa:

3D Grafika, Užice

Tiraž:

150

Godina:

2016.

Dokument je nastao u okviru projekta "Promocija održive upotrebe bioenergije u Zlatiborskoj oblasti", koji realizuje Regionalna razvojna agencija Zlatibor uz podršku Vlade Savezne Republike Nemačke, preko Nemačke organizacije za međunarodnu saradnju/GIZ. Stavovi izneti u ovom dokumentu predstavljaju stavove autora i nužno ne izražavaju mišljenje GIZ-a.

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Biomasa – Definicija i opšte karakteristike	2
3. Zakonski okvir za upotrebu biomase za proizvodnju energije	3
4. Potencijal biomase u Zlatiborskoj oblasti	4
5. Biomasa kao gorivo – priprema i standardizacija	4
6. Lanci snabdevanja	7
7. Barijere i kako ih prevazići	9
8. Proizvodnja toplotne energije	10
9. Kotlovi za sagorevanje biomase	11
10. Prateća oprema u kotlarnici	13
11. Kombinovana proizvodnja električne i toplotne energije (CHP)	16
12. Razvoj energetskih projekata zasnovanih na primeni biogoriva	17
13. Finansijski proračuni i uštede	22
14. Primeri dobre prakse – Sušenje voća	24
15. Primeri dobre prakse – Sušenje povrća	25
16. Primeri dobre prakse – Sušenje lekovitog bilja	26
17. Primeri dobre prakse – Sušenje šumskih plodova	27
18. Primeri dobre prakse – Grejanje štíćenog prostora	28
19. Primeri dobre prakse – Organska proizvodnja hrane	29
20. Primeri dobre prakse – Tehnološki proces	30
21. Primeri dobre prakse – Hlađenje proizvoda i hrane	31
22. Primeri dobre prakse – Proizvodnja električne energije i grejanje	32
23. Primeri dobre prakse – Mali sistemi daljinskog grejanja	33
24. Zaključak	34
25. Prilozi	35

1. UVOD

Tokom prve faze BioEn projekta – Promocija održive upotrebe bioenergije u Zlatiborskoj oblasti¹, težište aktivnosti je bilo usmereno na temu održive primene bioenergije, posebno drvene biomase u energetske svrhe. Akcenat je bio stavljen na afirmaciju korišćenja energije biomase i značaj zamene fosilnih goriva i neefikasnih ložišta sa tehničkog, finansijskog i ekološkog aspekta.

Pošto je biomasa lokalno gorivo, a njeni vlasnici su građani koji, uglavnom, žive u seoskim naseljima i bave se poljoprivredom i delatnostima u vezi sa poljoprivredom, mišljenja smo da njena primena ima značajnog potencijala i u sferi ekonomije, posebno sektoru prerađivačke industrije koja ostvaruje značajne rezultate u regionu, ali ih itekako može unaprediti.

Otuda je cilj ovog Priručnika da kroz detaljnije informacije o savremenim tehnologijama, pripremi ambijent u lokalnim sredinama za veću upotrebu biomase za proizvodnju energije koja se može koristiti za grejanje, hlađenje i tehnološke procese u preradi poljoprivrednih proizvoda i proizvodnji hrane. Masovnija primena biomase donela bi mnogostruke društvene koristi:

- rast obima proizvodnje u poljoprivredi,
- povećanje konkurentnosti lokalnih zajednica na tržištu poljoprivrednih i prehrambenih proizvoda,
- otvaranje novih radnih mesta,
- smanjenje upotrebe fosilnih goriva,
- smanjenje odliva novčanih sredstava za nabavku fosilnih goriva i generalni rast ostalih privrednih aktivnosti,
- očuvanje životne sredine,
- rast budžetskih prihoda,
- smanjenje zavisnosti od uvoznih fosilnih goriva i obezbeđenje sigurnosti u snabdevanju energijom.

Priručnikom su obuhvaćene dostupne tehnologije za proizvodnju energije iz biomase, finansijske kalkulacije, energetske i finansijske uštede i primeri dobre prakse.

¹ Zlatiborskom oblašću se u u ovom dokumentu smatra Zlatiborski upravni okrug, bez teritorije opštine Sjenica.

2. BIOMASA – DEFINICIJA I OPŠTE KARAKTERISTIKE

Biomasa je definisana kao biorazgradivi deo proizvoda, otpada ili ostataka iz poljoprivrede, šumski otpad i otpad srodnih industrija i otpad u domaćinstvima, odnosno biorazgradivi ostaci u prehrambenoj i drvenoj industriji koji ne sadrže opasne supstance i separisana biorazgradiva frakcija komunalnog otpada.



Fotografija 1 - Biomasa

Biomasa koja se može koristiti za proizvodnju energije sagorevanjem obuhvata:

1) Ostatke:

- iz poljoprivredne proizvodnje (slama, šaša, oklasak kukuruza ...),
- iz voćarske proizvodnje (orezivanje stabala voća),
- u šumarstvu (granjevina, panjevina, drvo iz prethodne seče i iz sanitarne seče),
- od prerade drveta (kora, piljevina),
- iz prerađivačke industrije (koštice voća, ljuska koštuničavog voća...),

2) Energetske zasade (zasadi kratkog ciklusa, slonova trava, brzorastuće vrbe ...),

3) Otpadno drvo (iz građevinarstva, lesonit, željeznički pragovi...).



Fotografija 2 - Biomasa za proizvodnju energije sagorevanjem

3. ZAKONSKI OKVIR ZA UPOTREBU BIOMASE ZA PROIZVODNJU ENERGIJE

Zakon o energetici (Sl. glasnik RS, 145/2014) definiše biomasu, kako je navedeno u prethodnom poglavlju. Potrebno je naglasiti da, iako se pod biomasom podrazumeva biorazgradivi deo otpada, ipak "slama i drugi neopasan poljoprivredni ili šumski materijal koji se nalazi u prirodi i koristi u poljoprivredi, šumarstvu i za proizvodnju energije iz takve mase kroz procese ili metode, koji ne štete životnoj sredini ili ugrožavaju zdravlje ljudi" ne potpada pod odredbe Zakona o upravljanju otpadom (Sl. glasnik RS, 36/2009, 88/2010 i 14/2016).

U nameri da podrži finansiranje u oblasti zelene energije Vlada RS je donela Nacionalni akcioni plan za obnovljive izvore energije (NAPOIE), usklađen sa Direktivom Evropske unije 2008/29/EZ u kome je definisan cilj za 2020. godinu i to:

- Bazna linija: Bruto finalna potrošnja energije od 9,150 ktoe u 2009. (koja se usvaja kao bazna godina) odnosno učešće OIE od 21.2%,
- Cilj: Bruto finalna potrošnja energije od 10,330 ktoe u 2020. godini odnosno učešće OIE od 27.0%,
- Potrošnja biomase na nivou RS: od 1,059 toe u 2009. godini do 1,167 toe u 2020. godini u sektoru grejanja i hlađenja.

Za kreiranje povoljnog investicionog ambijenta značajne su dve osnovne mere: podsticajna cena električne energije koju javna elektromreža ima prioritetsnu obavezu da preuzima i obaveza jedinica lokalne samouprave da definišu podsticaje za proizvodnju toplotne energije iz OIE. Dok podsticaji na lokalnom nivou još nisu zaživeli, proizvodnja električne energije iz OIE se subvencionise. Za proizvodnju električne energije primenjuje se sledeća feed-in tarifa:

- Do 1 MW instalisane snage, cena električne energije iznosi 13.2 €EUR/kWh,
- Od 1 do 10 MW instalisane snage, cena električne energije se obračunava prema formuli $13.82 - 0.56 * P$ gde je P instalisana snaga u MW,
- Preko 10 MW instalisane snage, cena električne energije iznosi 8.33 €EUR/kWh.

Zakon o efikasnom korišćenju energije (Sl. glasnik RS, 25/2013) i prateća podzakonska akta uvode primenu sistema energetskeg menadžmenta i obavezne rokove za preglede energetskih uređaja čime se podstiče upotreba efikasnijih uređaja, koji generišu manje količine CO₂ i naravno akcenat je na primeni biogoriva. Pravilnik o uslovima i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada uvodi zahtev za unošenje podataka o udelu OIE za pokrivanje energetskih potreba zgrada kao i obavezan predlog mera za unapređenje energetske efikasnosti što podrazumeva i primenu OIE.

4. POTENCIJAL BIOMASE U ZLATIBORSKOJ OBLASTI

Jedan od važnih dokumenata koji je nastao kao rezultat projekta BioEn u 2015. godini je "Zelena agenda održive upotrebe biomase u Zlatiborskoj oblasti" (autori Đorđe Marić i Slobodan Jerotić, 2015. godina). Navedeni podaci o raspoloživosti biomase predstavljaju razliku u bilansu između količine drvene zalihe predviđene za seču (etat) i količine drveta koje se klasifikuje kao tehničko drvo i količine ostataka nakon seče koji se ne iznose iz šume, a koji služe kao organska materija za obogaćivanje zemljišta, uvećano za ostatke u procesu prerade tehničkog drveta.

Na osnovu ovih podataka proračunati energetske ekvivalent potencijala drvene biomase iznosi 996,180 MWh/a, uz pretpostavku da bi optimalan način pripreme goriva od drvene biomase bila drvena sečka. Za sada ne postoje precizni podaci o raspoloživosti biomase iz poljoprivredne proizvodnje i biorazgradivog dela komunalnog otpada, za celu teritoriju Zlatiborske oblasti, te je potrebno, što je moguće pre, sprovesti odgovarajuća istraživanja i analize, a nakon toga napraviti energetski bilans biogoriva regiona.

Zlatiborska oblast m ³ /a	Direktno upotrebljivo	Upotrebljiv šumski ostatak	Procesni ostatak	Ukupno
Tarsko-zlatiborsko šumsko područje	73,500	25,000	15,500	114,000
Limsko područje	60,000	25,500	55,900	141,400
NP Tara	36,000	16,500	17,650	70,150
UKUPNO:	169,500	67,000	89,050	325,550

Tabela 1 - Raspoloživost drvene biomase u Zlatiborskoj oblasti

5. BIOMASA KAO GORIVO – PRIPREMA I STANDARDIZACIJA

Drvena biomasa se priprema za sagorevanje u obliku: cepanog drveta, briketa, drvene sečke i peleta. U prilogu priručnika je dat izvod iz standarda kvaliteta drvene sečke EN 14961-4:2011 i tablica za konverziju drvene biomase. Drvena sečka je optimalan oblik pripremljene biomase kao goriva posmatrano sa tehničkog i finansijskog aspekta, a nedostatak je to što je kabasta (nasipna gustina iznosi 250-320 kg/m³ za sečku sa sadržajem vlage 30%). Međutim, cena pripreme je relativno niska, posebno ako se drvena sečka priprema na lokaciji energetskog postrojenja.



Cepano drvo



Pelet



Sečka



Briket

Fotografija 3 - Drvena biomasa pripremljena u obliku goriva

Deklaracija o kvalitetu goriva – drvena sečka

Isporučilac:	JP Srbijašume
Primenjen standard kvaliteta:	SRPS EN 15234-1
Poreklo (mesto, država):	Srbija, Priboj
Gorivo:	Drvena sečka
Standard EN 14961 -1, -4	
Sirov materijal (biomasa):	Mešavina drveta očišćenog od manjih grana listopadnih stabala
Osobine:	
Veličina frakcije: P, mm	P45
Sadržaj vode: M, w%	M35
Sadržaj pepela A, w% suve materije	A1.5
Toplotna moć: Q, minimum MJ/kg	Q11.5
Dodatne informacije prema standardu: EN 14961 -1, -4	
Nasipna gustina: BD, m3/kg	Bd200
Hemijski tretman:	Ne

Tabela 2 - Primer sertifikata o kvalitetu biogoriva za drvenu sečku (prema CEN/TS 15234)

Proizvodnja biomase i biogoriva mora da bude kontrolisana i u potpunosti usklađena sa potencijalom resursa kojima raspolažemo. Na održivost proizvodnje biomase pritisak vrši veliki broj faktora koji se mogu grupisati na društvene (otvaranje novih radnih mesta, povećanje prihoda subjekata u sektoru poljoprivrede i šumarstva i energetike, i po osnovu pružanja energetskih usluga, rentiranja zemljišta i dr.), ekonomske (pokretanje investicionog ciklusa, troškovi proizvodnje i snabdevanja biomasom – drvnom sečkom u konkretnom slučaju, korist od povećanja prihoda nacionalnih budžeta, upravljanje rizicima u privredi i dr.) i ekološke (uticaj na biodiverzitet, zemljište, vodu, vazduh i dr.) faktore uticaja (Izvor: IEA, 2010).

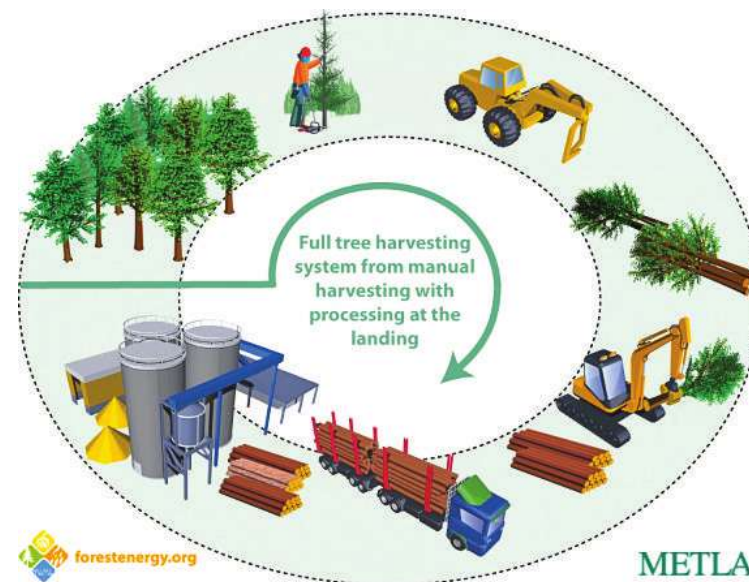
Da bi se obezbedila održivost korišćenja biomase (biogoriva) uvodi se sertifikiranje kvaliteta i porekla. Osnovni standardi serije EN 14961 koji se odnose na biomasu su sledeći:

- EN 14961 – 1: Čvrsta biogoriva, specifikacije i klase. Opšti zahtevi. Odnosi se na biogoriva iz poljoprivredne proizvodnje i šumarstva, povrće iz poljoprivredne proizvodnje i prerađivačke industrije, otpadno drvo (osim zagađenog halogenima i teškim metalima pri nanošenju zaštitnih premaza i sl.), celulozna vlakna, otpad od plute.
- EN 14961 – 2: Čvrsta biogoriva, specifikacije i klase. Drvni pelet za neindustrijsku upotrebu. Poreklo drveta za proizvodnju peleta iz šumske proizvodnje, prerade i obrade drveta, korišćeno drvo.
- EN 14961 – 3: Drvni briket za neindustrijsku upotrebu. Poreklo drveta za proizvodnju peleta iz šumske proizvodnje, prerade i obrade drveta, korišćeno drvo.
- EN 14961 – 4: Drvna sečka za neindustrijsku upotrebu. Poreklo drveta za proizvodnju peleta iz šumske proizvodnje, prerade i obrade drveta, korišćeno drvo.
- EN 14961 – 5: Ogrevno drvo za neindustrijsku upotrebu. Poreklo drveta za proizvodnju ogrevnog drveta celo stablo bez korenja, hemijski netretirani drveni ostaci, cepano drvo.
- EN 14961 – 6: Pelet nedravnog porekla za neindustrijsku upotrebu.

6. LANCI SNABDEVANJA

Cena drvene sečke (biogoriva) zavisi od primenjenog modela lanca snabdevanja. Elementi lanca snabdevanja su:

- Seča stabla i rušenje na tlo,
- Obrada isečenog stabla koja uključuje odsecanje grana i vrha stabla, a zatim rezanje na dužinu pogodnu za privlačenje do traktorske vlake, slaganje i izvlačenje do šumskog puta,
- Transport do skladišta proizvođača drvene sečke,
- Delimično ili potpuno skidanje kore,
- Deponovanje na skladištu proizvođača drvene sečke, prirodno sušenje,
- Proizvodnja drvene sečke,
- Transport do krajnjeg kupca,
- Deponovanje kod krajnjeg kupca na otvorenom, u poluzatvorenom ili u zatvorenom objektu.



Slika 1 – Ilustracija lanca snabdevanja (Izvor: Forest Energy Portal – www.forestenergy.org)

Ne mora svaki lanac snabdevanja da sadrži sve nabrojane elemente, odnosno elementi mogu biti grupisani zavisno od raspoložive mehanizacije i konkretnih uslova na lokaciji prikupljanja biomase i transformacije u odgovarajuću formu goriva. Posledica postojanja različito formiranih lanaca snabdevanja je različita cena biomase.

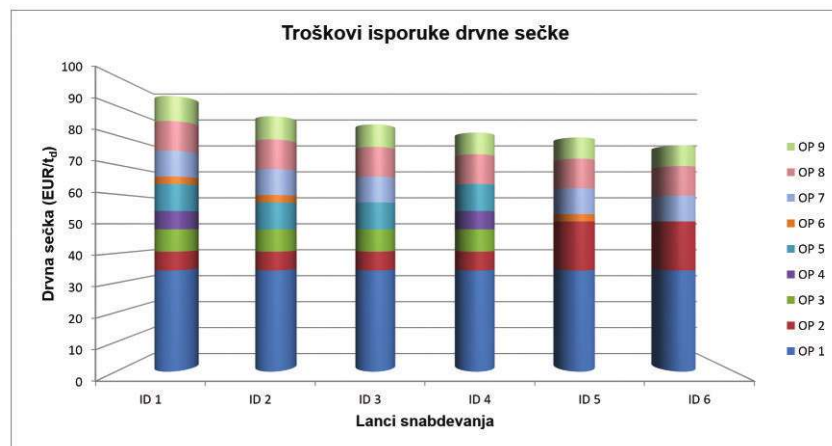
Pored navedenih elemenata cena goriva obuhvata i troškove sirovog materijala (cena drveta na panju), gubitke u svim fazama pripreme goriva i marginu profita učesnika u lancu snabdevanja.

Prema analizi mogućih modela lanaca snabdevanja, svrsishodno bi bilo izabrati lanac snabdevanja koji je realno primenljiv na teritoriji Zlatiborske oblasti i na teritoriji Republike Srbije u brdsko-planinskom delu. Za ovaj lanac snabdevanja karakteristična je minimalna upotreba visoko produktivne mehanizacije, a veće učešće manuelnog rada.

Troškovi proizvodnje drvene sečke bili bi sledeći:

$$C_d = C_{OP1} + C_{OP2} + C_{OP3} + C_{OP4} + C_{OP5} + C_{OP6} + C_{OP7} + C_{OP8} = \sum_{i=1}^8 C_{OPi} \text{ €/GJ}$$

$C_{OP1} \dots C_{OP8}$ - troškovi pojedinačnih elemenata u lancu snabdevanja



Slika 2 - Cena drvene sečke zavisno od modela lanca snabdevanja

Izvor: The Development of (I) price algorithm model and price index of wood chips and (II) data collection and calculation of thermal energy costs produced from four different fuels which can be used for heat production in Serbia – GIZ DKTi study, 2015, grupa autora)

Prema podacima dobijenim od predstavnika NP Tara, cene šumskog drveta (složeno na šumskom putu) iznose:

- Bukva 32.17 EUR/m³ i 22.96 EUR/pm Hd_{dm} = 18.4 MJ/kg
- Smrča 19.38 EUR/m³ i 16.67 EUR/pm Hd_{dm} = 18.8 MJ/kg

Prema studiji „Design of logistic concepts for wood biomass supply chains for DH plants in municipalities of Priboj, Novi Pazar, Bajina Bašta and Nova Varoš“, GIZ DKTi januar 2015, grupa autora:

- Troškovi konverzije drvene biomase u drveni čips iznose 3,03 EUR/MWh_{dm}
- Troškovi konverzije obuhvataju transport, drobljenje/seckanje i skladištenje

Troškovi svakog od elemenata u lancu snabdevanja su izraženi preko energetske vrednosti suve materije. Cena drvene sečke na pragu toplane (toplotnog izvora) jednaka je zbiru troškova svih elemenata u lancu snabdevanja.

$$C = \sum_{i=1}^9 OP_i$$

C (EUR/MWh_{dm}) - cena drvene sečke izražena preko energetske vrednosti suve materije
 OP_i (EUR/MWh_{dm}) - troškovi elementa u lancu snabdevanja drvnom sečkom

Prema prikupljenim podacima cena drvene sečke na pragu energetskog postrojenja iznosila bi:

- 14,20 EUR/MWh_{dm} (drvena sečka pripremljena od smrče)
- 15,95 EUR/MWh_{dm} (drvena sečka pripremljena od bukve)

7. BARIJERE I KAKO IH PREVAZIĆI

Osnovni problem čvrstih biogoriva je prostor koji je potrebno obezbediti za skladištenje. Pelet, briket i cepano drvo su kompaktniji za razliku od drvene sečke koja ima relativno malu nasipnu gustinu. Zato se po pravilu organizuje lokalno skladištenje goriva neposredno uz energetska postrojenja, dimenzionisano na nedeljne potrebe, a sezonska skladišta se formiraju na periferiji naselja. Logistički centri za biomasu i sezonska skladišta za gradske toplane organizuju se uvek u seoskim i prigradskim naseljima.

Energetska postrojenja u kojima se koriste biogoriva su skupa postrojenja, ali uzimajući u obzir operativne troškove i društvenu korist koju nose, opravdano je uspostaviti mehanizam podsticaja kako bi se investitori ohrabрили da ulažu u razvoj ovakvih projekata. Najveću korist imaju lokalne zajednice koje pored toga imaju i ingerencije nad proizvodnjom toplotne energije, pa je to bio razlog da se lokalne samouprave Zakonom obavežu da uspostave mehanizam podsticaja za korišćenje biogoriva (Zakon o energetici).

Dobri rezultati i opravdana očekivanja najviše doprinose promociji projekata primene biogoriva. Efikasnost energetskih sistema direktno je povezana sa izborom dokazanih tehničkih rešenja, primenom modernih tehnologija i ugradnjom kvalitetnih kotlovskih uređaja. Konstrukcija ložišta je veoma važna, međutim, od presudnog značaja je ugrađena automatika. Kod savremenih kotlova prati se veći broj parametara sagorevanja i temperature radnog medija u više tačaka tako da ugrađeni mikro kontroleri vrše optimizaciju rada kotlovskih uređaja čime se postiže maksimalan stepen korisnosti.

Problem finansiranja energetskih projekata rešava se uspostavljanjem tržišta energetskih usluga na kome aktivnu ulogu imaju privredni subjekti kojima je proizvodnja, distribucija i snabdevanje toplotnom energijom osnovna delatnost i spremni su da sami obezbede finansiranje.

8. PROIZVODNJA TOPLOTNE ENERGIJE

Ogreveno drvo ima značajan udeo u proizvodnji toplotne energije, kao i ostaci iz poljoprivredne proizvodnje, pre svega u domaćinstvima u prigradskim i seoskim naseljima. Problem je što se sagorevanje biomase vrši na veoma neefikasan način. Uzrok leži u korišćenju ložišta kojima je istekao radni vek i nalaze se u veoma lošem stanju, konstrukcija ložišta i uređaja uslovljavaju nizak stepen korisnosti, gorivo nije pripremljeno na adekvatan način (u ložište se unosi gorivo visoke vlažnosti), nema mogućnosti automatskog upravljanja radom uređaja u zavisnosti od uslova sredine.

Kod malih sistema grejanja, koja koriste ogrevno drvo ili ostatke iz poljoprivredne proizvodnje, uočeno je da su često loše koncipirani tj. da nisu predviđena rešenja za zaštitu hladnog kraja kotla i gotovo da nema slučajeva da su predviđeni i ugrađeni akumulatori energije.

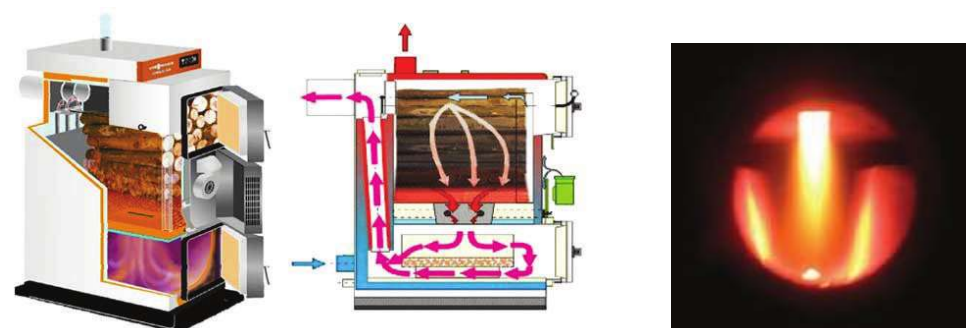
Toplotna energija se koristi za grejanje, retko za pripremu sanitarne vode, a veoma retko i za neki tehnološki proces. U malim pilanskim postrojenjima i linijama za obradu drveta koriste se drveni ostaci za potrebe grejanja objekata na lokaciji pilana i proizvodnih linija, kao i za potrebe sušenja drveta u tehnološkom procesu.

Čvrsta biogoriva se koriste u sistemima centralnog grejanja u objektima ili na nivou kompleksa privrednih subjekata i u pojedinačnim ložištima (peći) za grejanje prostorija u kojima se nalaze. U centralnim sistemima grejanja biogoriva se koriste u obliku cepanog drveta, briketa i ređe peleta. Nekoliko godina unazad, na domaćem tržištu se mogu kupiti pojedinačna ložišta (peći) koja sagorevaju pelet. Sistemi centralnog grejanja pogodni su za zagrevanje sanitarne vode dodavanjem akumulacionih bojlera.

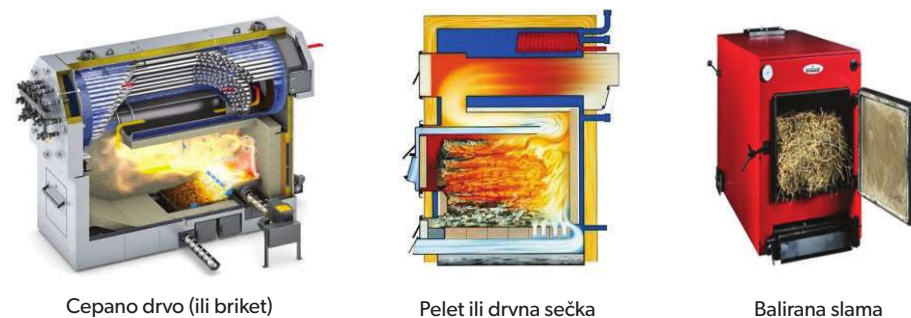
9. KOTLOVI ZA SAGOREVANJE BIOMASE

Kotlovi za sagorevanje biomase mogu se podeliti prema obliku goriva na kotlove za sagorevanje cepanog drveta (i briketa), kotlove za sagorevanje peleta, kotlove za sagorevanje drvene sečke i kotlove za sagorevanje balirane slame. U konstrukcionom smislu kotlovi za sagorevanje drvene sečke ne proizvode se za kapacitete manje od 160 kW.

Kotlovi za sagorevanje balirane slame primenljivi su za kapacitete ne manje od 50 kW. Posebno mesto među kotlovima koji sagorevaju cepano drvo zauzimaju pirolitički kotlovi zbog visokog stepena korisnosti. Ograničenje u primeni pirolitičkih kotlova je vlažnost drveta koja ne sme da bude veća od 15%, a optimalno je da bude oko 8%.



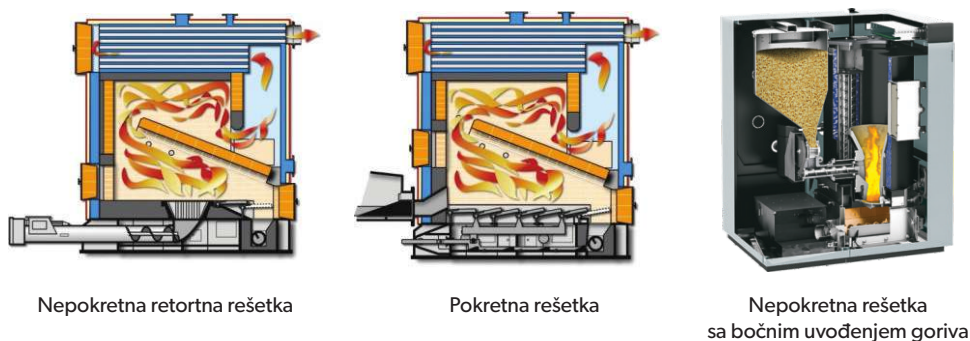
Slika 3 - Pirolitički kotao (Izvor: Viessmann, Nemačka)



Slika 4 - Kotlovi za sagorevanje biomase
(Izvor: Viessmann, Nemačka i Termomont, Šimanovci)

U odnosu na način uvođenja drvnog peleta ili sečke u ložište kotlovi se mogu podeliti na kotlove kod kojih se u ložištu nalazi nepokretna rešetka na koju se gorivo ubacuje bočno (ili sa gornje strane) ili "izvire" sa donje strane i kotlove u kojima je ugrađena pokretna rešetka ako su konstruisani za sagorevanje goriva veće vlažnosti.

U odnosu na konstrukciju kotla i kretanje dimnih gasova kroz ložište i izmenjivački prostor, kotlovi mogu biti dvopromajni, tropromajni ili četvoropromajni. Gubici pritiska dimnih gasova kompenzuju se snagom ventilatora za ubacivanje primarnog vazduha za sagorevanje. U izuzetnim slučajevima moguće je na izlazu iz dimovodnog kanala ugraditi ventilator vodeći računa o tehničkim karakteristikama i ograničenjima.



Slika 5 - Kotlovi sa različitim tipovima rešetki

Minimalni obim upravljanja radom kotlova se odnosi na regulaciju količine vazduha za sagorevanje i ograničenje temperature polazne vode. U minimalan set upravljačkih funkcija uključen je termostat čiji je zadatak da onemogući hladan start kotla, odnosno da ne dozvoli pokretanje kotlovske pumpe dok se ne postigne minimalna radna temperatura kako bi se sprečila pojava kondenzata.

Automatika savremenih kotlova obuhvata mnogo veći broj funkcija i to:

- regulacija snage kotla,
- regulacija temperature polazne vode,
- regulacija rada ventilatora za dovod vazduha za sagorevanje,
- regulacija temperature dimnih gasova,
- ograničenje temperature povratne vode,
- upravljanje cirkulacionim pumpama (kotlovska, pumpa za zaštitu hladnog kraja kotla, mrežna pumpa),
- izbor temperaturnih režima (dnevni/noćni, nedeljni, mesečni),
- automatska zaštita od smrzavanja i dr.

Da bi se izvršio pravilan izbor kotla i prateće opreme, minimalno potreban obim informacija bio bi:

- Podaci o gorivu (vrsta goriva, oblik isporuke, standard),
- Obim isporuke i osnovne karakteristike elemenata kotla (podaci o ložištu, izmenjivačima, sigurnosnim elementima, sistem za dovod goriva, opis rada automatike),
- Tehnički podaci (toplotni kapacitet, stepen modulacije snage, maksimalni radni nadpritisak, maksimalna radna temperatura, stepen korisnosti kotla, minimalna temperatura povratne vode, zapremina vode u kotlu, maksimalan protok i pad pritiska dimnih gasova u kotlu, maksimalan protok i pad pritiska radnog fluida – nosioca toplote, težina i gabariti kotla i prateće opreme, osnovni podaci o elektro napajanju elektromotornih pogona).

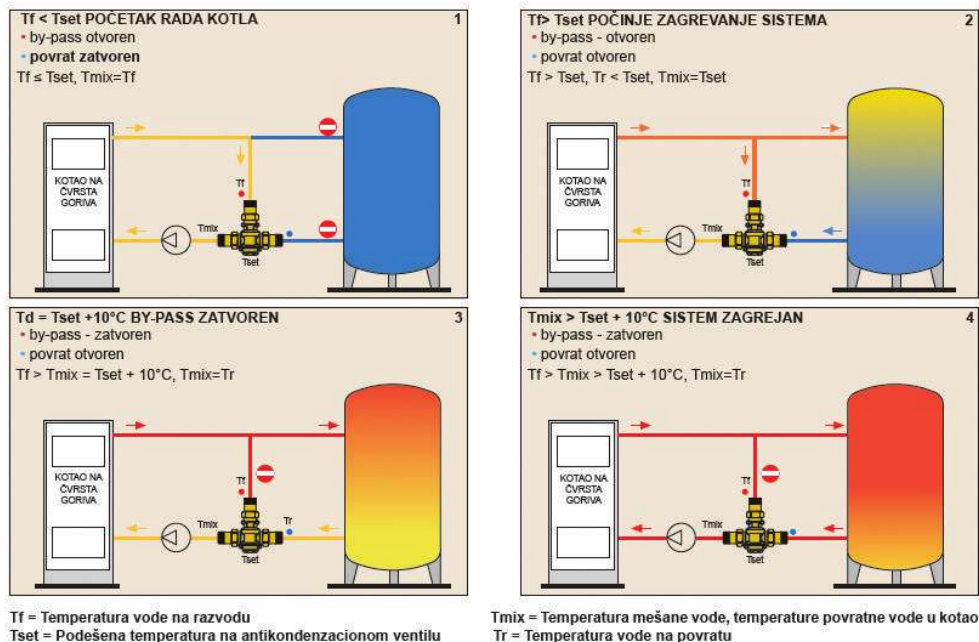


Slika 6 - "Touch - screen" tehnologija za upravljanje radom kotlova na biomasi

10. PRATEĆA OPREMA U KOTLARNICI

Uvođenjem povratne vode u kotao na temperaturi nižoj od tačke rose stvaraju se uslovi za stvaranje kondenzata koji izaziva koroziju materijala kotla. Oscilacije u temperaturi izazivaju neprezanja u materijalu koja vremenom dovode do mehaničkog oštećenja. Ovo se može izbeći zaštitom hladnog kraja kotla. Mere koje je potrebno preduzeti su:

- Ograničenje rada kotlovske pumpe do postizanja minimalne temperature iznad tačke rose,
- Ugradnja četvorokrakog ventila za održavanje temperature povratne vode promenom protoka radnog fluida kroz kotao,
- Ugradnja cirkulacione pumpe u kotlovskom krugu, u sprezi sa trokrakim ventilom koga aktuator drži u zatvorenom položaju prema toplotnom konzumu dok radni fluid ne postigne temperaturu tačke rose, nakon čega aktuator otvara ventil do postizanja zadate temperature u mrežnom delu.

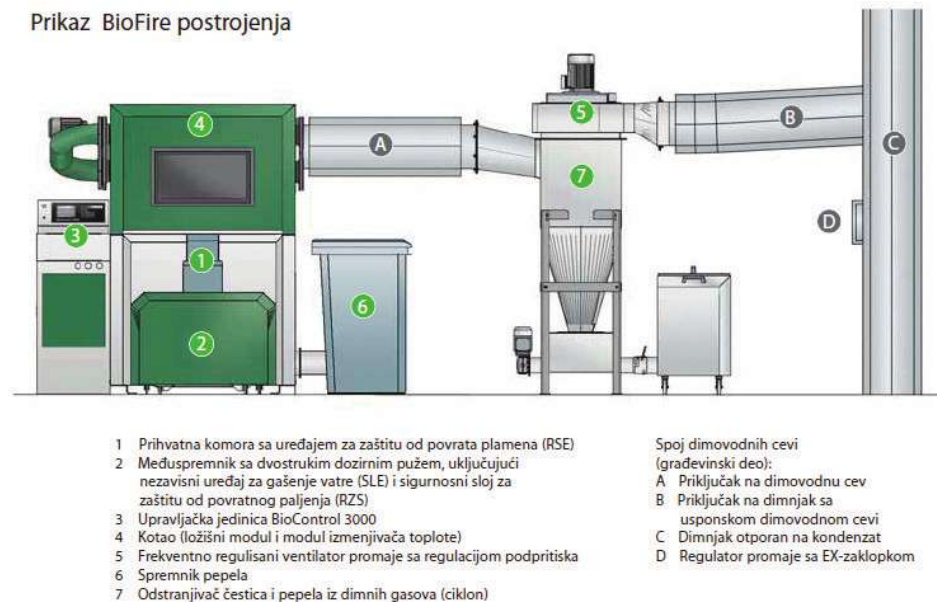


Slika 7 - Zaštita hladnog kraja kotla (Izvor: „Caleffi“, Italija)

Za efikasan rad energetskog postrojenja važan je pravilan izbor koncepta postrojenja. Akumulator toplote je nezaobilazni deo prateće opreme, a ugrađuje se između kotlovskog i mrežnog kruga. Akumulator obezbeđuje da kotao radi u nominalnom režimu bez obzira na toplotni zahtev konzuma (instalacije centralnog grejanja ili potrošača u mreži daljinskog grejanja). Osim zaštitne uloge akumulator obezbeđuje “topli start” postrojenja i eliminiše potrebu za podizanjem toplotne snage kotla sa ciljem da savlada toplotnu inerciju sistema. Akumulator se dimenzioniše tako da može da primi toplotnu energiju koju proizvede kotao na biomasu za vreme rada od 30 minuta do 2 sata, zavisno od snage kotla.

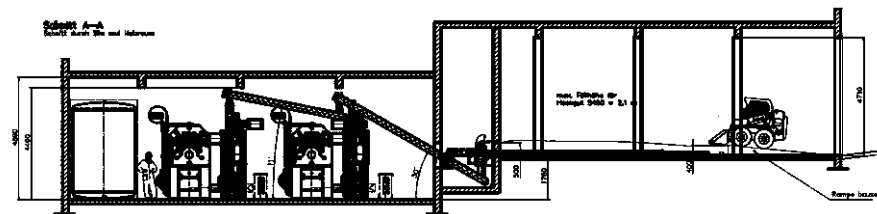
U savremenim kotlovskim uređajima odstranjivanje pepela vrši se automatski za šta se koriste metalni kontejneri. Za toplotne snage veće od 1,000 kW obavezna je upotreba uređaja za odstranjivanje letećeg pepela iz dimnih gasova. Pepeo od drvene i agro biomase nije toksičan i može se koristiti kao đubrivo u poljoprivrednoj proizvodnji. Pepeo kao čvrsti ostatak u procesu sagorevanja može se novčano kvantifikovati i ulazi u finansijski bilans rada postrojenja. Čvrsta biogoriva imaju relativno malu nasipnu gustinu i zbog toga se skladišta dimenzionišu da pokriju potrebe za gorivom u trajanju od nekoliko dana do jedne nedelje, izuzetno do mesec dana.

Prikaz BioFire postrojenja

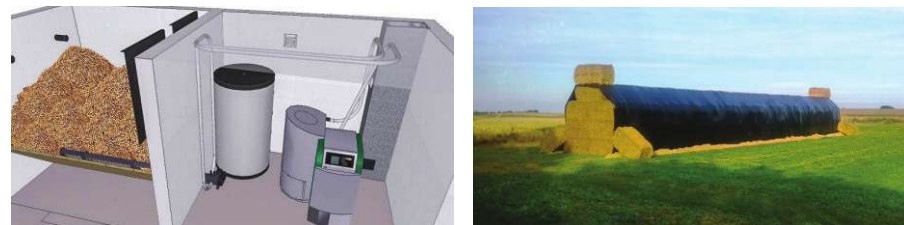


Slika 8 - Kotlovsko postrojenje sa pratećim uređajima (Izvor: „Herz“, Austrija)

Na slici 8 prikazan je kotlovski uređaj sa posudom za automatski prihvatan pepela (6) i sistemom za eliminaciju i prihvatan letećeg pepela (7).



Slika 9 - Kotlarnica sa skladištem goriva (Izvor: Viessmann, Nemačka)



Slika 10 - Skladištenje čvrstog biogoriva (Izvor: Herz, Austrija)

11. KOMBINOVANA PROIZVODNJA ELEKTRIČNE I TOPLOTNE ENERGIJE (CHP)

Biogoriva mogu da se koriste u energetskim postrojenjima za simultanu proizvodnju električne i toplotne energije. Srpskom regulativom je propisan podsticaj u smislu prioritnog preuzimanja proizvedene električne energije u podsticajnom periodu (12 godina) i u smislu cene preuzete električne energije (feed-in tarifa) koja iznosi 13.2 €EUR/kWh za postrojenja instalisane snage 1 MW_e do 8.33 €EUR/kWh za postrojenja instalisane snage preko 10 MW_e. U primeni su različite tehnologije zavisno od vrste biomase i instalisane snage postrojenja.

Za postrojenja instalisane električne snage do 1 MW koristi se proces generacije sintetičkog gasa koji nastaje pri izlaganju biomase, vlažnosti ispod 10%, visokoj temperaturi bez prisustva kiseonika. Nakon filtriranja i hlađenja, sintetički gas se uvodi u gasni motor na koji je povezan elektrogenerator. U procesu, pored električne energije, u elektrogeneratoru oslobađa se i toplotna energija (hlađenje sintetičkog gasa i hlađenje motora) koja se koristi za različite namene.



Slika 11 - Postrojenja za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije

Za veće instalisane snage koriste se parno-turbinska postrojenja sa vodom kao radnim fluidom ili nekim drugim radnim fluidom organskog porekla (ORC ciklus). Sistemi za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije su održivi sistemi zato što:

- koriste OIE (ne samo stablo drveta, već i drvni otpad koji se može iskoristiti na isplativ način kao što je kombinovana proizvodnja električne i toplotne energije).
- imaju visok stepen iskorišćenja u odnosu na postrojenja za proizvodnju električne energije iz fosilnih goriva.
- uvođenjem u primenu malih CHP postrojenja postižu decentralizaciju proizvodnje električne energije u skladu sa strateškim trendovima u razvoju energetskog sektora.
- koriste lokalno gorivo i smanjuju zavisnost od uvoznih goriva.
- smanjuju emisije CO₂ i tako doprinose očuvanju životne sredine i borbi protiv negativnih efekata klimatskih promena.

Kao biogorivo u CHP postrojenjima koristi se biogas koji nastaje u procesu anaerobne digestije aktivnošću metanogenih bakterija. Kao biomasa koristi se tečni i čvrsti životinjski otpad, biorazgradivi komunalni otpad, ali i samleveni ostaci agro biomase. U Zlatiborskoj oblasti nema velikih životinjskih farmi, pa projekti ovog tipa ovom prilikom neće biti razmatrani.

12. RAZVOJ ENERGETSKIH PROJEKATA ZASNOVANIH NA PRIMENI BIOGORIVA

Na konkurentnost proizvoda i usluga, koji u strukturi troškova imaju energiju kao značajnu stavku, utiče cena energije. Energija je tržišna kategorija, a tržište energije, odnosno energetskih usluga zavisi od dostupnosti i cene goriva, dostupnosti slobodnog kapitala za investiranje u energetske projekte, privrednog ambijenta koji akterima na tržištu obezbeđuje profitabilno poslovanje i potrebu za razvojem sopstvenog poslovanja.

Činjenica da postoji dovoljna količina biogoriva ne znači da postoje uslovi za održivu proizvodnju energije, pa je potrebno kreirati tržište biogoriva, odnosno ponudu i potražnju. Rast potražnje za biogorivom će inicirati postojanje toplanskog sistema, manjih i većih proizvodnih sistema kojima je potrebna energija tokom cele godine. Ponuda će zadovoljiti potražnju ako se šumovlasnicima (odnosno vlasnicima agro biomase) omogući pristup logističkim centrima na kojima se prodaje biomasa ili gorivo nastalo transformacijom biomase.

Realan model je i udruživanje vlasnika biomase i samostalno osnivanje trgovačko-logističkih centara za biomasu. Problem finansiranja energetskih projekata može se rešiti obezbeđenjem kreditnih linija, grantova ili ulaganjem sopstvenog kapitala što je u sadašnjem poslovnom ambijentu teško izvodljivo. Realniji model je uspostavljanje tržišta energetskih usluga.

Proizvodnja energije najčešće nije primarna delatnost privrednih subjekata kojima je ona potrebna, izuzev ako se radi o toplanskim sistemima kojima je to osnovna delatnost, tako da investicije u energetske sisteme ne samo što opterećuju, nego i usporavaju razvoj privrednih subjekata. Na razvijenom tržištu energetskih usluga aktivni su privredni subjekti čija je osnovna delatnost proizvodnja i distribucija toplotne energije i spremni su da sami finansiraju energetske projekte. U praksi model bi bio sledeći: privredno društvo ili preduzetnik investiraju u energetske postrojenja, upravljaju i održavaju postrojenje i prodaju energiju na osnovu merenja stvarno predatih količina.

Dakle, korisnik ne ulaže svoja sredstva, troškovi energije su za njega niži nego da sam proizvodi energiju za sopstvene potrebe i da održava sistem, a svoja raspoloživa finansijska sredstva ulaže u razvoj sopstvene delatnosti. Ovakav model je naročito primenljiv u prigradskim i seoskim sredinama gde treba podržati izgradnju malih mreža daljinskog grejanja. Investitori mogu biti sami stanovnici naselja (što je idealna varijanta) koji su istovremeno i vlasnici biomase, a kupci energije pored njih samih, najčešće su javni objekti (škole, domovi zdravlja, administrativni objekti) ili privredni subjekti. Proizvedena toplotna energija u zimskom periodu prodaje se lokalnoj samoupravi po tržišnim uslovima ili se koristi u poljoprivrednoj ili prerađivačkoj delatnosti tokom cele godine.

Razlozi za razvoj ovakvih projekata su pre svega podizanje konkurentnosti poljoprivredne proizvodnje i stimulisanje razvoja malih tehnoloških linija za preradu poljoprivrednih proizvoda, proizvodnju hrane ili skladištenje (rashladna postrojenja). S druge strane, energetske sistemi su tehnički raspoloživi i operativni ne samo tokom grejne sezone, već tokom cele godine (6,000 – 8,000 radnih sati godišnje) što značajno smanjuje troškove uloženog kapitala i utiče na smanjenje cene toplotne energije.

Upotreba OIE (posebno biogoriva) zahteva dobru organizaciju i planiranje na nivou lokalne zajednice i potrebno je da se projekti bazirani na primeni OIE nalaze u strateškim dokumentima lokalnih samouprava (Energetska politika, Strategija razvoja energetike), kao i Zakonom propisanim dokumentima (kao što su Program EE i Plan EE).

Gorivo	Toplotna moć		Jedinična cena	
Agrobiomasa - briket	4.0	kWh/kgk	0.18	€/kg
Mrki ugalj	4.5	Wh/kg	100.00	€/t
Električna energija	1.0	kWh/kWh	65.00	€/MWh
Lož ulje	11.9	kWh/kg	1,087.00	€/t
TNG	12.9	kWh/kg	0.96	€/kg
Mazut	11.2	kWh/kg	623.5	€/t
Prirodni gas	9.2	kWh/Sm ³	0.40	€/Sm ³
Drveni pelet	4.3	kWh/kg	200.00	€/t
Drvena sečka (vlažnosti 25%)	3.6	kWh/kg	58.44	€/t
Balirana slama	3.9	kWh/kg	45.00	€/t
Piljevina	4.2	kWh/kg	120.0	€/t

Tabela 3 - Cene goriva na srpskom tržištu (Izvor: Istraživanje GIZ DKTl)

BIOMASA U FUNKCIJI KOMBINOVANE PROIZVODNJE ELEKTRIČNE I TOPLOTNE ENERGIJE

Jeftina energija proizvedena iz lokalnih biogoriva predstavlja razvojnu šansu za privredu, naročito onih sektora gde su energetske potrebe najveće (na primer hotelijerstvo) ili gde je moguće povećati nivo finalizacije proizvoda (na primer prehrambena prerađivačka industrija).

U Zlatiborskoj oblasti postoji značajan broj pilana koje raspolažu velikom količinom drvnog otpada iz tekuće proizvodnje, a koji može da se iskoristi za proizvodnju, u kombinovanom procesu, električne i toplotne ili samo toplotne energije. U periodu važenja feed-in tarife, električna energija se isporučuje javnoj elektromreži, a toplotna energija može da se koristi za grejanje sopstvenog poslovnog ili stambenog prostora ili da se investira u sušaru za drvo koja će da troši toplotnu energiju. Nakon isteka perioda u kome važi povlašćena cena električne energije ista može da se troši za rad elektromotornih pogona u sopstvenoj proizvodnji.

Ostvarena razlika u ceni električne energije iznosi:

$$\Delta C_e = C_{e,p} - C_e = 132 - 65 = 67 \text{ EUR/MWh}_e$$

u periodu primene feed-in tarife (od 12 godina)

Dodatne koristi su prihod od toplotne energije i uštede od nedeponovanja otpada. U slučaju da se ovaj scenario ne realizuje, postojali bi troškovi transporta i deponovanja otpada prema troškovniku lokalnog komunalnog preduzeća.

Finansijski bilans bi bio sledeći:

$$\Pi = (C_{e,p} - C_e) * E_{e,p} + C_{th} * E_{th} - T_g + C_g * M_g$$

- Π - ostvaren profit
- $C_{e,p}$ - cena električne energije po povlašćenoj tarifi (feed-in)
- C_e - cena električne energije na tržištu (ugovoreno sa odabranim snabdevačem)
- $E_{e,p}$ - proizvedena količina električne energije iz biomase
- C_{th} - cena toplotne energije proizvedena u CHP postrojenju
- E_{th} - količina toplotne energije proizvedena u CHP postrojenju
- T_g - troškovi goriva, s obzirom da je gorivo otpadna biomasa $T_g = 0$
- C_g - cena otpremanja otpada (obuhvata cenu deponovanja i transporta)
- M_g - masa otpada

Jeftina energija dobijena iz lokalnog biogoriva najveću korist može da donese poljoprivredi i prerađivačkoj delatnosti u vezi sa poljoprivredom. Toplotni konzum obuhvata štice prostora (plastenici i staklenici), sušare (za voće, povrće, žitarice), procesne linije za preradu poljoprivrednih proizvoda i proizvodnju hrane (pasterizacija, kuvanje, uparavanje), hladnjače.

BIOMASA U FUNKCIJI SKLADIŠTENJA POLJOPRIVREDNIH PROIZVODA

Prilikom skladištenja voća ne postoji potreba za kombinovanom proizvodnjom električne i rashladne energije. Izuzetak bi bio postojanje hladnjače za privremeno ili sezonsko čuvanje voća, zato što hlađenje prostor kao tehnički sistem permanentno zahteva energiju za hlađenje. Specifičnost tehnologije hlađenja je što bi se u ovom slučaju koristila absorpciona rashladna mašina umesto kompresorske. U slučaju da hladnjača postoji, primenjivala bi se prethodna forma finansijskog bilansa, s tom razlikom što troškovi goriva postoje, znači $T_g \neq 0$.

Uštede pri skladištenju voća (ili povrća), odnosno korist scenarija primene biogoriva, ako je u pitanju planirana (još neizgrađena) hladnjača, u odnosu na scenario po kome se koriste fosilna goriva, bio bi sledeći:

$$\Delta C = C_e * E_e - C_b * M_b$$

- ΔC - uštede u odnosu na alternativni scenario (korišćenje fosilnih goriva)
- C_e - jedinična cena električne energije za rad kompresora
- E_e - količina električne energije potrebne za rad kompresora
- C_b - jedinična cena biogoriva
- M_b - masa biogoriva

BIOMASA U FUNKCIJI PRERADE POLJOPRIVREDNIH PROIZVODA

Analizom procesa proizvodnje marmelada i džemova izračunava se toplotni bilans sveden na masu gotovog proizvoda:

- kapacitet male linije max. 20t/dan gotovog proizvoda,
- potrebna energija 250-350 kWh/t gotovog proizvoda (zagrevanje, otparavanje vode, toplotni gubici),
- potrošnja energije min. 5,000 kWh/dan
- broj radnih dana 276 god⁻¹
- ukupno potrebna energija min. 1,380 MWh/a

Uzimajući u obzir bazni scenario (0) po kome se za proizvodnju energije koristi drvena sečka i dva scenarija prema kojima se kao gorivo koristi lož ulje (1) odnosno električna energija (2), a koristeći cene toplotne energije dobijene iz različitih vrsta goriva, preuzete iz studija i istraživanja GIZ DKTI Programa u Srbiji, godišnji troškovi i uštede energije bili bi sledeći:

Scenario	Vrsta goriva	Godišnja potreba za energijom /mwh	Jedinična cena €/kWh	Godišnji izdatak za energiju/€	Godišnja ušteda/€
0	Drvena sečka	1,380	19	26,220	/
1	Lož ulje	1,380	119	164,220	138,000
2	Električna energija	1,380	65	89,700	63,480

Tabela 4 - Analiza godišnjih troškova energije za proizvodnju džema/marmelade u zavisnosti od goriva

Sam proces se odvija na temperaturi 60 – 65 °C, a pasterizacija na temperaturi 90 – 100 °C, tako da ne postoje specifični zahtevi za konstrukciju kotlova. Investicija u kotlarnicu, sa kotlom na drvenu sečku kontejnerskog tipa, toplotne snage 400 kW koja zadovoljava zahtev konzuma, iznosi cca 65,000 €. Zaključak je da se investicija vraća u veoma kratkom roku posmatrajući samo energetski bilans, a ne uzimajući u obzir viši stepen finalizacije proizvoda tj. činjenicu da se umesto svežeg voća koje donosi relativno mali prihod na tržište iznosi hrana koja ima specifično veću cenu. Sična analiza može da se izvede za procese sušenja. Energetski bilans i finansijska analiza dati su u tabeli 5.

Voće 1,000 kg	Prirodni gas		Lož ulje		Drvena sečka	
	m ³ /h	EUR	l	EUR	kg	EUR
Jabuka	500	144.63	450	495.87	1,320	78.43
Šljiva	180	52.07	160	181.49	480	28.51

Tabela 5 - Analiza troškova sušenja voća u zavisnosti od goriva

Uštede u procesu sušenja voća u sušari kapaciteta 1,000 kg gotovog proizvoda, za period od 276 dana godišnje, uzimajući u obzir scenario korišćenja lož ulja (LU) u odnosu na drvenu sečku (DS), bile bi:

$$\Delta T_{0-1} = T_{LU} - T_{DS} = E * (C_{LU} - C_{DS}) = 276 * (181.49 - 28.51) = 42,222 \text{ €/a}$$

I ovde je potrebno naglasiti da toplotna energija za procese sušenja i proizvodnju hrane može da se proizvodi u kombinovanom procesu proizvodnje električne i toplotne energije, s tim što bi se električna energija predavala javnoj elektromreži, a toplotna energija koristila na način kako je opisano. U periodu važenja podsticajne cene električne energije (12 godina) profit bi bio uvećan za profit ostvaren proizvodnjom električne energije.

Korišćenje biomase u poljoprivrednoj i prehrambeno-prerađivačkoj industriji donosi korist i kroz proces brendiranja proizvoda kao proizvode **“Environment friendly”**, **“CO₂ Neutral”**, **“Green product”** i slično. Tržište ovih proizvoda je ograničeno, ali i dalje nezamislivo veliko u odnosu na realan potencijal Zlatiborske oblasti.



Slika 12 - Brendiranje hrane

13. FINANSIJSKI PRORAČUNI I UŠTEDE

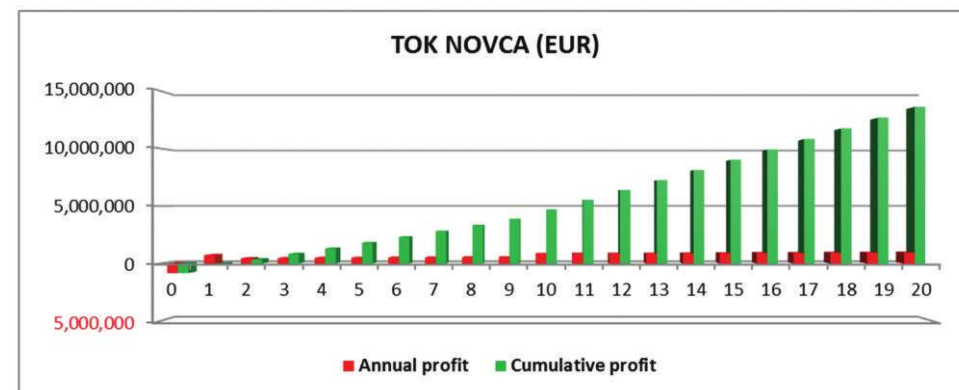
Zakonska obaveza je da se za objekte preko 10 MW instalisane snage pre donošenja odluke o realizaciji projekta izrade Prethodna studija opravdanosti i Studija opravdanosti. Ovaj Priručnik je fokusiran na mala postrojenja, što znači da ova dokumenta nisu neophodna, ali u svakom slučaju investitori su zainteresovani za tehnokonomске analize i bankabilne studije pre donošenja odluke o investiranju. Tehnokonomска analiza treba da uzme u obzir dostupnost, cenu i kvalitet biogoriva, troškove kapitala, toplotni konzum i tehnologiju koja će se primeniti.

Period za koji se vrši finansijski proračun je manji od životnog veka energetskog postrojenja i najčešće se uzima u rasponu od 15 do 20 godina. Uslovi finansiranja zavise od tržišta i politike podrške energetskim projektima baziranim na primeni OIE. Finansijski parametri se računaju na osnovu diskontovane vrednosti novca. Očekivana cena energije dobija se na osnovu diskontovanih investicionih i operativnih troškova i proizvedene energije u periodu za koji se vrši proračun.

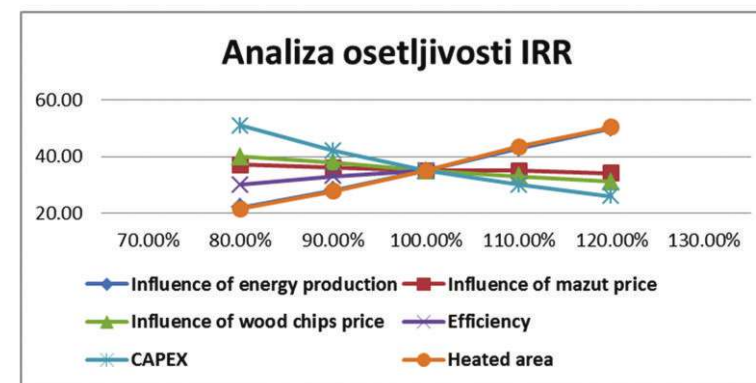
Predmet ocene održivosti projekta su finansijski parametri:

- **IRR** interna stopa povraćaja uloženog kapitala
- **NPV** neto sadašnja vrednost
- **I** intenzitet investicije

Pored toga za investitore je važna i Analiza neizvesnosti. U slučaju da je investor javni sektor ili da je investicija finansijski podržana od strane lokalne samouprave u analizu se uvode i društvene koristi novčano kvantifikovane, kao što su smanjenje troškova budžeta, očuvanje kvaliteta životne sredine, smanjenje emisije CO₂ i slično.

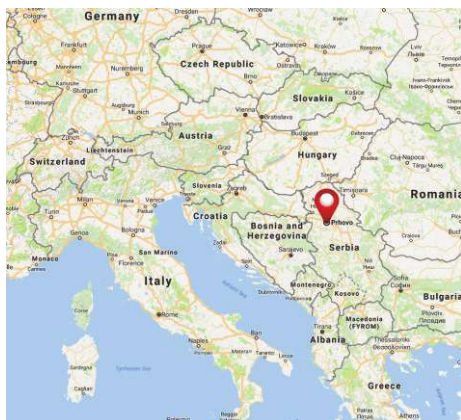


Slika 13 - Primer dijagrama toka novca za projekat izgradnje energetskog postrojenja na biomasi (Izvor: GIZ DKT)



Slika 14 - Primer analize osetljivosti IRR za projekat izgradnje energetskog postrojenja na biomasi (Izvor: GIZ DKT)

14. PRIMERI DOBRE PRAKSE SUŠENJE VOĆA



Naziv projekta: **Sušenje lešnika**
Lokacija: **Prhovo (Šimanovci)**

TEHNIČKI PODACI

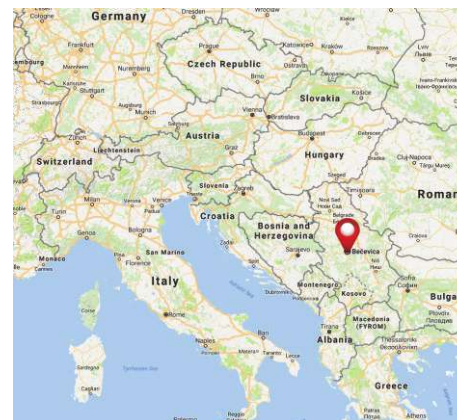
Tip sušare: **SKV 2000**
Tip termogeneratora: **Uniterm 60**
Proizvođač: **Termoplin, Mladenovac**
Kapacitet: **2,000 kg lešnika**
Vreme sušenja: **14 sati**
Procenat vlage na početku procesa: **14%**
Procenat vlage na kraju procesa: **6%**
Temperatura sušenja: **39 – 40 °C**
Radni medijum: **vazduh**
Toplotna snaga: **60 kW (max. 100 kW)**
Gorivo: **ljuska lešnika**

Kratak opis: Sušara je instalirana na gazdinstvu Čede Poštića koji poseduje 45 ha zasada lešnika. Sušara je forme silosa, na podu sušare ugrađen je perforirani lim kroz koji struji topao vazduh. Centralno je smeštena čelična spirala $\phi 300$ koja služi za mešanje i ravnomerno izlaganje ploda lešnika toplom vazduhu čime se postiže ujednačeno sušenje. Termogenerator je opremljen uređajem za automatsko doziranje. Ne postoji mogućnost mešanja dimnih gasova i vazduha. Konstruktivno je omogućena recirkulacija radnog medijuma usled čega je stepen korisnosti i do 90%. Pored ljuske lešnika moguće je koristiti i druga čvrsta biogoriva kao što su koštice voća, drveni pelet, pelet od soje, oklasak kukuruza i drugo.



Fotografija 4 - Sušara na ljusku od lešnika (biomasu)

15. PRIMERI DOBRE PRAKSE SUŠENJE POVRĆA



Naziv projekta: **Sušenje povrća**
Lokacija: **Bečevica, Knj**

TEHNIČKI PODACI

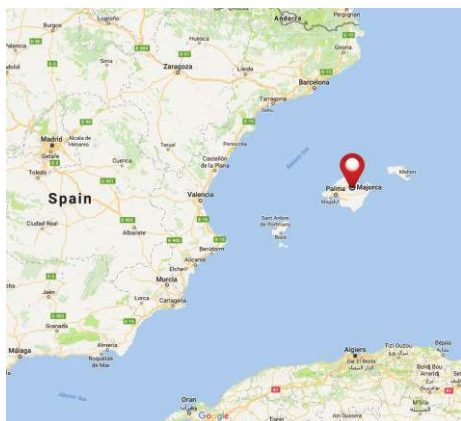
Tip sušare/termogeneratora: **AgroIntegral**
Proizvođač: **Agro integral, Knj**
Kapacitet: **400 kg luka**
Vreme sušenja: **5,5 do 6 sati**
Procenat vlage na početku procesa: **max 88%**
Procenat vlage na kraju procesa: **8%**
Temperatura sušenja: **70 – 55 °C**
Radni medijum: **vazduh**
Toplotna snaga: **50 kW**
Gorivo: **pelet, sečka**

Kratak opis: Prototip inovativne protočne sušare za voće, povrće i začinsko bilje nastao je kao deo projekta koji je podržala "Trag Fondacija", u okviru prošlogodišnjeg konkursa za "Zelenu ideju". Porođični projekat inovativne sušare je u junu 2014. godine dobio drugu nagradu na nacionalnom konkursu za "Zelenu ideju", dok je na regionalnom konkursu "Rockefeller fondacije" održanom u julu 2014. godine u Albaniji osvojio prvo mesto. Sirov materijal se polaže na „beskonačnu traku“ koju pokreće elektromotor frekventno upravljani. Zavisno od proizvoda koji se suši, menja se brzina kretanja trake i time je određeno vreme sušenja.



Fotografija 5 - Sušara za luk

16. PRIMERI DOBRE PRAKSE SUŠENJE LEKOVITOG BILJA



Naziv projekta: **Sušenje timijana**
Lokacija: **Majorka, Španija**

TEHNIČKI PODACI

Tip sušare/termogeneratora: **SLB 60**
Proizvođač: **Termoplín, Mladenovac**
Kapacitet: **4,500 – 5,000 kg**
Radni medijum: **vazduh**
Toplotna snaga: **375 kW**
Gorivo: **ljuska badema**

Kratak opis: Novembra 2014. godine isporučena je druga po redu podna sušara za lekovito bilje tip "SLB-60" (prva sušara je isporučena 2011.), renomiranoj svetskoj kompaniji „BIONORICA“ SE – Nemačka" tj. njihovoj filijali u Španiji, kompaniji "BIONORICA EXTRACTS" S.L. koja se nalazi na ostrvu Majorka. Sušara je opremljena termogeneratorom tip "UT" sa automatskim doziranjem i sagorevanjem biomase. Proces sušenja je potpuno automatizovan. Elektronski kontroler upravlja radom ventilatora, čime se reguliše protok vazduha kroz sušaru.

Konstrukcijom je predviđena rekuperacija svežeg vazduha čime se maksimano povećava efikasnost uređaja. Periodično se sipa gorivo u koš i čiste pepeljare sa pepelom, a sistem automatizovano dozira i sagoreva ljuske od badema (ili neki drugi oblik biomase) prema zadatom režimu sušenja. U odnosu na identičnu sušaru koja koristi TNG kao gorivo, troškovi sušenja su 7–8 puta niži.



Sušare smeštene u objektu



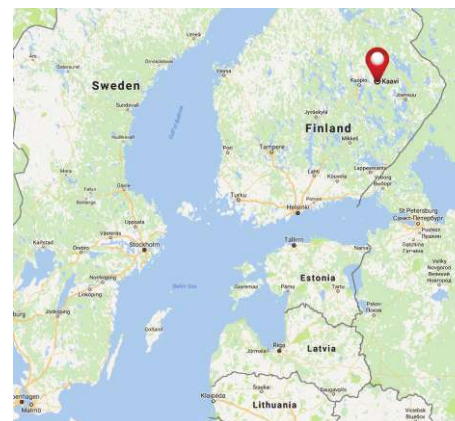
Gorivo – ljuska od badema



Proizvod koji se suši - Timijan

Fotografija 6 - Sušara za lekovito bilje

17. PRIMERI DOBRE PRAKSE SUŠENJE ŠUMSKIH PLODOVA



Naziv projekta: **Sušenje gljiva**
Lokacija: **Kaavi, Finska**

TEHNIČKI PODACI

Tip sušare/termogeneratora: **SVP-200 i SVP-400**
Proizvođač: **Termoplín, Mladenovac**
Kapacitet: **200 kg i 400 kg**
Radni medijum: **vazduh**
Toplotna snaga: **15 kW i 25 kW**
Gorivo: **električna energija i drvo**

Kratak opis: Kompaniji "KAAVI PORCIN" isporučene su u 2016. godini dve sušare za sušenje gljiva: tip SVP 200 koja koristi drvo i alternativno električnu energiju, tip SVP 400 koja koristi drvo kao gorivo. Radna temperatura iznosi 45 °C.

Sušara se sastoji od 4 komore u koje se unose gljive. U zadnjem delu je smešten termogenerator u kome se vazduh zagreva i ubacuje u komore. Vazduh opstrujava tacne sa proizvodima koji se suše, oduzima im vlagu i izbacuje se napolje. Prethodno prolazi kroz rekuperator i predgreva svež vazduh. Ne postoji mogućnost mešanja dimnih gasova i radnog medijuma.



Sušara za gljive



Gljive nakon sušenja



Sušene gljive u prodaji

Fotografija 7 – Sušara za gljive i gljive posle sušenja

18. PRIMERI DOBRE PRAKSE GREJANJE ŠTIĆENOG PROSTORA



Naziv projekta: **Staklenik za gajenjesalate i rasadnik**

Lokacija: **Essex, Velika Britanija**

TEHNIČKI PODACI

Tip kotlova: **BioFire**

Proizvođač: **Herz, Austrija**

Radni medijum: **voda**

Toplotna snaga: **2 x 995 kW**

Gorivo: **drvena sečka**

Kratak opis: "UK Salad" za potrebe snabdevanja britanskih supermarketa (uglavnom lanca ALDI), koristi ovaj staklenik za gajenje povrća (krastavac, paprika, plavi patlidžan i paradajz). Toplotna energija se koristi cele godine. U želji da smanji troškove goriva, vlasnik je odlučio da investira u nove kotlove na drvenu sečku i integriše ga u energetski blok sa CHP mašinom. Krajem 2013. godine angažovana je kompanija "Rural Energy" da pronađe rešenje da zagreva dva velika akumulatora energije zapremine 400,000 i 800,000 l koji su bili povezani sa CHP mašinom. Drvena sečka se skladišti u velikom prostoru za gorivo i transportuje pužnim transporterima do kotlova. Kotlovi su smešteni neposredno uz skladište goriva. Ambijentalnim uslovima (temperatura, vlažnost, osvetljenje, koncentracija CO₂) upravlja se preko postojećeg sistema u koji je naknadno integrisano upravljanje kotlovima.



Radni prostor unutar staklenika



Kotlarnica i spremište goriva

Fotografija 8 - Staklenik "UK Salad Center" u Essex-u

19. PRIMERI DOBRE PRAKSE ORGANSKA PROIZVODNJA HRANE



Naziv projekta: **Proizvodnja električne i toplotne energije na seoskom imanju**

Lokacija: **Okrug Freising (Bayern), Nemačka**

TEHNIČKI PODACI

Tip CHP postrojenja: **HK 30**

Proizvođač: **Spanner Holz-Kraft-Anlage, Nemačka**

Električna snaga: **30 kW**

Toplotna snaga: **80 kW**

Gorivo: **drvena sečka, 600 – 700 m³ godišnje**

Broj radnih sati: **5,000 god⁻¹**

Kratak opis: Na farmi Josefa Brauna koji se bavi organskom proizvodnjom hrane, 2009. godine ugrađena je mašina za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije, koja radi na principu gasifikacije drvene sečke. U ovom procesu se proizvodi sintetički gas koji se hladi i filtrira i nakon toga sagoreva u motoru sa unutrašnjim sagorevanjem. Sa motorom je spregnut elektrogenerator koji proizvodi električnu energiju. Otpadna toplota koja se dobija hlađenjem sintetičkog gasa, motora i dimnih gasova koristi se za grejanje objekata na farmi, sušenje hrane za stoku i poljoprivrednih proizvoda, kao i u tehnologiji mini - mlekare koja se nalazi na farmi. Vlasnik farme obrađuje 57 ha zemlje od čega je 25 ha pašnjaka, a na farmi se gaje 22 krave i proizvodi 85,000 l organskog mleka godišnje.



Organska proizvodnja sira



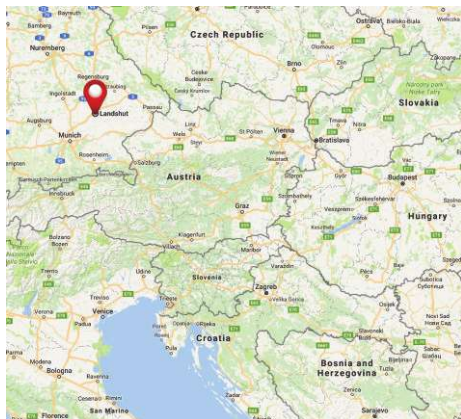
CHP mašina



Sušenje deteline

Fotografija 9 - Proizvodnja električne i toplotne energije u funkciji organske proizvodnje hrane

20. PRIMERI DOBRE PRAKSE TEHNOLOŠKI PROCES

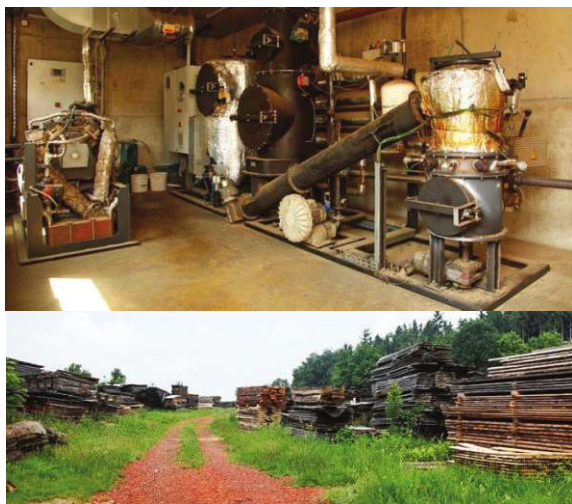


Naziv projekta: **Sušara za drvo**
Lokacija: **Okrug Landshut (Bayern), Nemačka**

TEHNIČKI PODACI

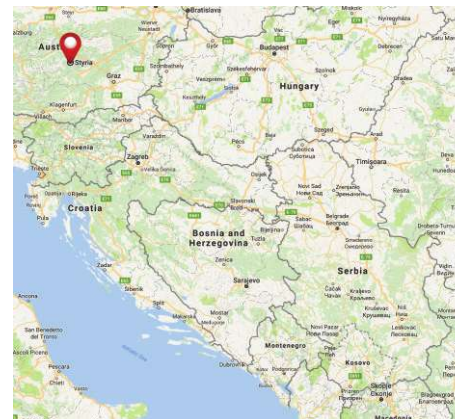
Tip CHP postrojenja: **HK 30**
Proizvođač: **Spanner Holz-Kraft-Anlage, Nemačka**
Električna snaga: **30 kW**
Toplotna snaga: **80 kW**
Gorivo: **drvena sečka, 800 m³ godišnje**
Broj radnih sati: **8,000 god⁻¹**

Kratak opis: Postrojenje za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije ugrađeno je za potrebe snabdevanja energijom linije za proizvodnju parketa od punog drveta. Gorivo se priprema u obliku drvene sečke, a koriste se ostaci iz proizvodnje parketa. Toplotna energija se koristi za grejanje proizvodnih objekata, za grejanje objekata u domaćinstvu vlasnika postrojenja, ali i za sušenje drveta pre nego što uđe u proizvodnju. Deo toplotne energije se koristi za sušenje drvene sečke kako bi se postigla vlažnost ispod 10%. Električna energija se predaje javnoj elektromreži.



Fotografija 10 - CHP postrojenje za kombinovanu potrošnju električne i toplotne energije

21. PRIMERI DOBRE PRAKSE HLAĐENJE PROIZVODA I HRANE

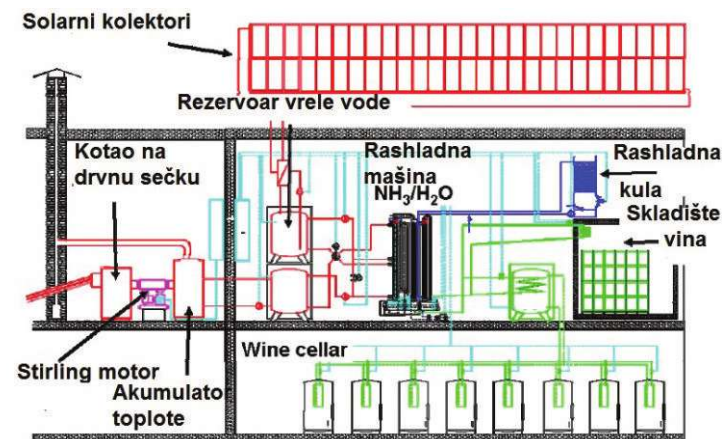


Naziv projekta: **Trigeneracija – Demonstracioni projekat u vinariji Peitler**
Lokacija: **Stiria, Austrija**

TEHNIČKI PODACI

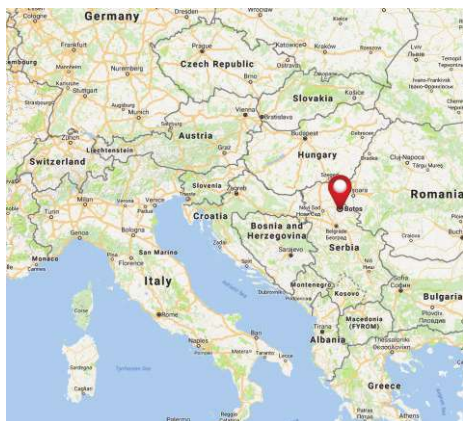
Toplotni kapacitet kotla na biomasu: **50 kW**
Električna snaga Stirling motora: **600 kW**
Rashladna snaga čilera: **10 kW**
Površina solarnih kolektora: **100.8 m²**
Zapremina rezervoara vrele vode: **4,800 litara**
Gorivo: **drvena sečka i solarna energija**

Kratak opis: Projekat je realizovan kao demonstracioni projekat trigeneracije (istovremena proizvodnja, električne, toplotne i rashladne energije). Izabrana je lokacija vinarije u pokrajini Stiriji u Austriji iz razloga što su u tehnološkom procesu potrebna sva navedena tri oblika energije. Rashladni sistem se zasniva na absorpcionoj rashladnoj mašini koja kao radni fluid koristi rastvor amonijaka i vode. Energiju za rad obezbeđuje instalacija solarnih kolektora i kotla na biomasu. U instalaciju je dodat Stirling motor koji koristi vrele dimne gasove iz kotla i na koji je spregnut elektrogenerator. Istovremenom proizvodnjom električne, toplotne i rashladne energije efikasnost postrojenja je jako visoka.



Slika 15 - Šematski prikaz trigeneracionog ciklusa
(Izvor: Sustainable energy supply of an Austrian winery based on solar and biomass driven micro CHCP, Marko Zeiler i grupa autora)

22. PRIMERI DOBRE PRAKSE PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE I GREJANJE



Naziv projekta: **CHP postrojenje**
Lokacija: **Botoš, Zrenjanin**

TEHNIČKI PODACI

Tip postrojenja: **CHP**
Električna snaga: **600 kW**
Toplotna snaga: **1,000 kW**
Gorivo: **Biogas iz žetvenih ostataka**

Kratak opis: U banatskom selu Botoš, kompanija "Bioelektra" d.o.o. izgradila je postrojenje za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije iz biogasa na bazi biomase različitog porekla. Instalirani kapacitet ove elektrane je 600 kW, a planirano je povećanje na 1.8 MW, što znači da će očekivana proizvodnja električne energije iznositi oko 15,000 MWh/a. Električnu energiju će preuzimati javna elektromreža. Elektrana će kao sirovinu koristiti biomasu sa njiva, a gorivo je već obezbeđeno s obzirom da preduzeće Mladost, koje je osnivač Bioelektre, obrađuje oko 1.000 hektara poljoprivrednog zemljišta. Osim proizvodnje električne energije ova elektrana će proizvoditi i toplotnu energiju, pa je već naredni korak zagrevanje plastenika površine od 5.000 kvadratnih metara. Čvrsti ostatak nakon procesa anaerobne digestije je kvalitetno đubrivo koje će se iskoristiti za đubrenje njiva.



Fotografija 11 - Postrojenje za kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije iz biomase

23. PRIMERI DOBRE PRAKSE MALI SISTEMI DALJINSKOG GREJANJA



Naziv projekta: **Grejanje seoskog naselja i proizvodnja električne energije**
Lokacija: **Jühnde, Donja Saksonija, Nemačka**

TEHNIČKI PODACI

Tip postrojenja: **Anaerobni digester i CHP postrojenje**
Toplovodni kotao na biomasu: **550 kW**
Toplotni kotao na lož ulje: **1,600 kW (samo za rezervu)**
Gorivo: **biogas, drvena sečka**

Kratak opis: Sistem daljinskog grejanja čine postrojenje sa anaerobnim digesterima za proizvodnju biogasa i CHP mašinom, kotao za sagorevanje drvene sečke, kotao za sagorevanje lož-ulja (koristi se kao rezerva samo u slučaju havarije postrojenja koja koriste biogoriva) i mreža daljinskog grejanja za distribuciju toplotne energije u selu. Količina substrata koja se unese u fermenter za proizvodnju biogasa iznosi 6,000 m³/a tečnog stajnjaka i 11,000 t biomase u obliku silaže slame, kukuruzovine, tri kale (energetska biljka), trave i druge sveže biomase koja se prikupi sa oko 300 ha. Proizvedena energija u CHP postrojenju na godišnjem nivou iznosi: 5,000 MWh električne energije, 4,500 MWh toplotne energije od čega se 3,500 MWh toplotne energije isporuči selu. Kotao na biomasu snage 550 kW proizvede 850 MWh/a toplotne energije za grejanje sela. Svi objekti u selu su povezani na sistem daljinskog grejanja, toplotni konzum iznosi 4,500 MWh/a toplotne energije, temperatura polazne vode 80 °C, radni pritisak 4 bar. Mreža daljinskog grejanja je dugačka 5,500 m od toga glavni cevovodi su 4,000 m i povezuju 144 domaćinstva.



Fotografija 12 - Energetski nezavisno selo Jühnde, Donja Saksonija, Nemačka

24. ZAKLJUČAK

Na osnovu preliminarnih istraživanja, može se zaključiti da u Zlatiborskoj oblasti postoji dovoljna količina biogoriva odnosno drvene biomase na kojoj bi bio zasnovan ekonomski razvoj. Kao što je već rečeno, vlasnici biomase su uglavnom stanovnici prigradskih i seoskih naselja i sasvim je opravdano kreirati privredni ambijent u kome bi oni imali aktivnu ulogu.

Biomasa je jeftino lokalno gorivo i može da poveća konkurentnost poljoprivrednih proizvoda i prehrambenih proizvoda na tržištu, na način da se povećaju prinosi korišćenjem prednosti štice, grejanih prostora, da se poveća nivo finalizacije proizvoda ili da se na tržište iznesu brendirani proizvodi (organski ili "CO₂ Neutral"). Iz tog razloga su u ovom Priručniku navedeni primeri koji pokazuju da je primena biomase i savremenih energetske tehnologije održiva, a da pored finansijskih koristi, doprinosi očuvanju kvaliteta životne sredine i borbi protiv klimatskih promena i negativnih efekata koje njih prate.

Osnovne barijere koje treba prevazići nalaze se u:

- nedovoljnoj obaveštenosti svih aktera, kako na strani donosioca odluka tako i na strani stanovništva i nosioca privrednih aktivnosti,
- nedostatku finansijskih sredstava,
- nedostatku finansijskih i institucionalnih podsticajnih mera,
- nerazvijenosti tržišta biomase i energetske usluga.

Neodrživo je da velike količine biomase ostanu neiskorišćene, da se biomasa ne koristi na efikasan način, da dolazi do degradacije u prirodi ili se uništava na poljima, a da se pri tome za energetske potrebe uvoze fosilna goriva i odlivaju velika finansijska sredstva.

Upotreba biomase donosi korist lokalnoj ekonomiji kroz otvaranje novih radnih mesta, rast tržišta proizvoda i usluga, uštede u budžetu i rast budžetskih prihoda. Iz tog razloga projekti primene biomase (i drugih OIE) moraju da postanu strateško opredeljenje u razvoju lokalnih zajednica u Zlatiborskoj oblasti.

Dugoročan strateški cilj je transformacija u energetske nezavisne zajednice i prostor bez primene fosilnih goriva što je inače trend na globalnom nivou.

25. PRILOZI

Veličina	Naziv	Oznaka
Masa	kilogram	kg
Vreme	sekund	s
Dužina	metar	m
Električna struja	Amper	A
Termodinamička temperatura	Kelvin	K
Količina supstance	mol	mol
Jačina svetlosti	kandela	cd

Tabela 6 - SI sistem jedinica

	kWh	Mwh	Gwh	Twh	GJ	toe
kWh	1	1×10^{-3}	1×10^{-6}	1×10^{-9}	$3,6 \times 10^{-3}$	86×10^{-6}
Mwh	1×10^3	1	1×10^{-3}	1×10^{-6}	3,6	86×10^{-3}
Gwh	1×10^6	1×10^3	1	1×10^{-3}	$3,6 \times 10^3$	86
Twh	1×10^9	1×10^6	1×10^3	1	$3,6 \times 10^6$	86×10^3
GJ	278	278×10^{-3}	278×10^{-6}	278×10^{-9}	1	$23,9 \times 10$
toe	$11,6 \times 10^3$	11,6	$11,6 \times 10^{-3}$	$11,6 \times 10^{-6}$	41,87	1

Tabela 7 - Konverzioni faktor za jedinice energije

Gorivo (energija)	Faktor konverzije
Ulje za loženje	1.20
Gas (prirodni i TNG)	1.10
Ugalj	1.30
Drvena biomasa	0.10
Električna energija	2.50
Daljinsko grejanje na tečna i čvrsta fosilna goriva	1.80
Daljinsko grejanja na prirodni gas	1.45
Daljinsko grejanje sa kogeneracijom	1.00

Tabela 8 - Faktori konverzije za izračunavanje primarne energije

Napomena: Godišnja primarna energija se izračunava tako što se finalna energija pomnoži sa faktorom konverzije (navedenim u tabeli 8).

			
1 m ³	1,4 prostorni m ³	2 nasipna m ³ sečeno	3,03 nasipni m ³
Oblovina	Cepano drvo	Cepano ogrevno drvo	Drvena sečka (G50)

Tabela 9 - Faktori konverzije za drvenu biomasu

	Sadržaj vlage %	Toplotna moć suvog drveta kWh/kg	Toplotna moć vlažnog drveta kWh/kg	Nasipna gustina Kg/m ³
Pelet	10	5,50	4,60	600
Sečka - tvrdo drvo	30	5,50	3,40	320
Sečka - tvrdo drvo	50	5,50	3,20	450
Sečka - meko drvo	30	5,50	3,40	250
Sečka - meko drvo	50	5,50	2,20	350
Tava - balirana	18	5,10	3,80	200
Piljevina	50	5,50	2,20	240
Slama - balirana	15	5,20	4,00	120

Tabela 10 - Karakteristike drvne i agro biomase

(Izvor: Priručnik o gorivima iz drvne biomase, V. Francescato, E. Antonini, L. Zuccoli Bergomi i dr. 2008. godine.)

SPISAK TABELA

Tabela 1 - Raspoloživost drvene biomase u Zlatiborskoj oblasti	4
Tabela 2 - Primer sertifikata o kvalitetu biogoriva za drvenu sečku (prema CEN/TS 15234)	5
Tabela 3 - Cene goriva na srpskom tržištu	18
Tabela 4 - Analiza godišnjih troškova energije za proizvodnju džema u zavisnosti od goriva	21
Tabela 5 - Analiza troškova sušenja voća u zavisnosti od goriva	21
Tabela 6 - SI sistem jedinica	35
Tabela 7 - Konverzioni faktor za jedinice energije	35
Tabela 8 - Faktori konverzije za izračunavanje primarne energije	35
Tabela 9 - Faktori konverzije za drvenu biomasu	36
Tabela 10 - Karakteristike drvene i agro biomase	36

SPISAK CRTEŽA I DIJAGRAMA

Slika 1 - Ilustracija lanca snabdevanja (Izvor: Forest Energy Portal – www.forestenergy.org)	7
Slika 2 - Cena drvene sečke zavisno od modela lanca snabdevanja	8
Slika 3 - Pirolitički kotao	11
Slika 4 - Kotlovi za sagorevanje biomase	11
Slika 5 - Kotlovi sa različitim tipovima rešetki	12
Slika 6 - "Touch - screen" tehnologija za upravljanje radom kotlova na biomasu	13
Slika 7 - Zaštita hladnog kraja kotla	14
Slika 8 - Kotlovsko postrojenje sa pratećim uređajima	15
Slika 9 - Kotlarnica sa skladištem goriva	15
Slika 10 - Skladištenje čvrstog biogoriva	15
Slika 11 - Postrojenja za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije	16
Slika 12 - Brendiranje hrane	22
Slika 13 - Primer dijagrama toka novca za projekat izgradnje energetskog postrojenja na biomasu	23
Slika 14 - Primer analize osetljivosti IRR za projekat izgradnje energetskog postrojenja na biomasu	23
Slika 15 - Šematski prikaz trigeneracionog ciklusa	31

SPISAK FOTOGRAFIJA

Fotografija 1 - Biomasa	2
Fotografija 2 - Biomasa za proizvodnju energije sagorevanjem	2
Fotografija 3 - Drvena biomasa pripremljena u obliku goriva	5
Fotografija 4 - Sušara na ljusku od lešnika (biomasu)	24
Fotografija 5 - Sušara za luk	25
Fotografija 6 - Sušara za lekovito bilje	26
Fotografija 7 - Sušara za gljive i gljive posle sušenja	27
Fotografija 8 - Staklenik "UK Salad Center" u Essex-u	28
Fotografija 9 - Proizvodnja električne i toplotne energije u funkciji organske proizvodnje hrane	29
Fotografija 10 - CHP postrojenje za kombinovanu potrošnju električne i toplotne energije	30
Fotografija 11 - Postrojenje za kombinovanu proizvodnju toplotne i električne energije iz biomase	32
Fotografija 12 - Energetski nezavisno selo Jühnde, Donja Saksonija, Nemačka	33

SKRAĆENICE

EE - Energetska efikasnost

Feed-in - Tarifa za povlašćene proizvođače električne energije, primenjuje se u periodu od 12 godina od dana početka rada postrojenja

CHP - Kombinovana proizvodnja električne i toplotne energije

CO₂ - Ugljen - dioksid

OIE - Obnovljivi izvori energije

ORC - Organski Rankinov ciklus

RS - Republika Srbija

SCADA - Sistem za merenje, praćenje i kontrolu radnih parametara sistema ili procesa (Supervisory Control and Data Acquisition)

toe - Tona ekvivalentne nafte (1 toe = 11,630 MWh, 1 ktoe = 1,000 toe)

naručilac:
RRA Zlatibor
Petra Čelovića bb
31000 Užice

izradio:
Slobodan Jerotić
ENERGOTECH d.o.o.
Vlade Stanimirovića 2
15000 Šabac



Dokument je nastao u okviru projekta "Promocija održive upotrebe bioenergije u Zlatiborskoj oblasti", koji realizuje Regionalna razvojna agencija Zlatibor uz podršku Vlade Savezne Republike Nemačke, preko Nemačke organizacije za međunarodnu saradnju/GLZ. Stavovi izneti u ovom dokumentu predstavljaju stavove autora i nužno ne izražavaju mišljenje GLZ-a.