



Improving the performance of district heating systems in Central and Eastern Europe

Task 2.2.

Training: BIOMASS AND ITS USE IN DISTRICT HEATING SYSTEMS - GENERAL PRINCIPLES

BIOMASA I NJENO KORIŠĆENJE U SISTEMIMA DALJINSKOG GREJANJA – OPŠTI PRINCIPI

WP N° 2 Capacity Building of DHS operators

Horizon 2020 (H2020-EE-2017-PPI)

Project N°784966



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement N°784966. The sole responsibility for the content of this document lies with the authors. It does not necessarily reflect the opinion of the EU.



This project receives funding from the Germany Federal Ministry for Economic Cooperation and Development.

DVODNEVNO SAVETOVANJE U OKVIRU MEĐUNARODNOG PROJEKTA:

*"Unapređenje sistema daljinskog grejanja u istočnoj Evropi-Keep Warm",
TEMA SAVETOVANJA:*

BIOMASA I NJENO KORIŠĆENJE U SISTEMIMA DALJINSKOG GREJANJA – OPŠTI PRINCIPI

Datum i mesto savetovanja: **30. i 31. januar 2019**, Institut za nuklearne nauke VINČA,
Mike Petrovića Alasa 12-14, Beograd.

DNEVNI RED

Termin	30.1.2019. Institut za nuklearne nauke VINČA	
Vreme	Naslov	Zadužen
9:00	Registracija učesnika	
10:00	Pozdravni govor direktora Laboratorije za termotehniku i energetiku, INN VINČA, predstavljanje učesnika, kratak film o Institutu. Uvodni deo - OIE i biomasa	Dr Goran Živković, viši naučni saradnik INN Vinča
10:45	Održivi razvoj u svetu klimatskih promena – značaj za Srbiju	Dr Borislav Grubor, naučni savetnik INN Vinča
11:15	Obnovljivi izvori energije	Dr Borislav Grubor, naučni savetnik INN Vinča
11:45	Panel diskusija Grupna fotografija	Moderator: Dr Borislav Grubor
12:10	Pauza za kafu	
12:30	Biomasa: vrste biomase, struktura biomase, hemijski sastav, tehnička analiza biomase i karakteristike pepela biomase	Dr Aleksandar Erić, viši naučni saradnik INN Vinča
13:00	Potencijali Republike Srbije u domenu biomase za energiju	Dr Aleksandar Erić, viši naučni saradnik INN Vinča
13:30	Panel diskusija	Moderator: Dr Aleksandar Erić
14:00	Pauza za ručak	
15:30	Lanac snabdevanja biomasom- Mogući organizacioni modeli prikupljanja biomase za proizvodnju energije na ekonomski, tehnički i ekološko opravdan način	Dr Milica Mladenović, naučni saradnik INN Vinča
16:15	Preporuke za veću i organizovaniju primenu raspoložive biomase u energetske svrhe u RS	Dr Milica Mladenović, naučni saradnik INN Vinča
17:00	Panel diskusija	Moderator: Dr Milica Mladenović
17:30	Zaključci prvog dana treninga	
19:30	Večera	
Termin	31.1.2019. Institut za nuklearne nauke VINČA	
9:30	Tehnologije za pripremu biomase	Dr Aleksandar Erić, viši naučni saradnik INN Vinča
10:15	Tehnologije za sagorevanje biomase	Dr Aleksandar Erić, viši naučni saradnik INN Vinča
11:00	Panel diskusija	Moderator: Dr Aleksandar Erić
11:30	Pauza za kafu	
12:00	Obilazak laboratorije LTE i prezentacija akreditovanih laboratorija i eksperimentalnih instalacija za karakterizaciju i sagorevanje	Dr Goran Živković, Dr Milica Mladenović, Dr Aleksandar Erić

biomase		
13:00	Pauza za ručak	
14:30	Od ideja do realizacije - razvojni put od eksperimentalnog ispitivanja biomase do projektovanja i izgradnje realnog postrojenja – iskustva LTE	Dr Dragoljub Dakić, naučni savetnik INN Vinča u penziji
15:30	Panel diskusija	Moderator: Dr Aleksandar Erić
16:00	Obilazak i demonstracija rada postrojenja na biomasu	Dr Aleksandar Erić
18:30	Zaključci savetovanja	

Contents

1. Klimatske promene	7
1.1. Uvodne napomene	7
1.2. Uticajni faktori na klimu	7
1.3. Zapažanja o promeni klime	8
1.4. Diplomatski napor u svetu za ublažavanje klimatskih promena	12
1.5. Instrumenti koji se primenjuju u svetu za smanjenje ghg gasova.....	13
1.5.1 Ograniči i trguj (engleski: <i>Cap and Trade</i>)	13
1.5.2 Osnovni nivo i krediti (engleski: <i>Baseline and credit</i>).....	14
1.5.3 Taksa na ugljenik (engleski: <i>Carbon Taxes</i>)	14
1.5.4 Hibridni instrumenti	14
1.6. Bitni elementi za Srbiju.....	15
1.6.1 Izvori energije i njihovo korišćenje	15
1.6.2 Emisija gasova sa efektom staklene baste (GHG).....	16
1.6.3. Obnovljivi izvori energije u Srbiji	17
1.6.4 Međunarodne obaveze Srbije u vezi klimatskih promena	18
1.7. Zaključne napomene	19
2. Obnovljivi izvori energije	22
2.1 Energija Sunca.....	23
2.2 Energija vетра.....	24
2.3 Energija hidropotencijala.....	24
2.4 Energija iz biomase	25
2.5 Geotermalna energija.....	27
2.6. Obnovljivi izvori energije u Republici Srbiji	28
2.6.1. Potencijal energije iz biomase	29
2.6.2. Potencijal energije Sunca	29
2.6.3. Potencijal energije vетра.....	29
2.6.4. Hidropotencijal	30
2.6.5. Potencijal geotermalne energije:	30
2.7. Zakonodavni okvir za korišćenje OIE	31
3. Biomasa	35
3.1 Vrste biomase	35
3.2 Struktura biomase	39
3.3 Hemski sastav biomase.....	40
3.4 Tehnička analiza biomase.....	41
3.5 Karakteristike pepela biomase	43
4. Potencijali Srbije u domenu biomase za energiju	47

4.1. Ostaci biomase u ratarstvu.....	47
4.2. Ostaci biomase u voćarstvu i vinogradarstvu.....	50
4.3. Potencijal šumske biomase	53
4.4. Količine tečnog stajnjaka u Srbiji	57
4.5. Ukupni kapacitet biomase u Republici Srbiji	57
5. Tehnologije za pripremu biomase	59
5.1. Usitnjavanje šumske biomase	59
5.2. Priprema otpadne drvene biomase	61
5.3. Baliranje biomase	62
5.4. Peletiranje, briquetiranje i torifikacija biomase	64
5.5. Skladištenje biomase.....	67
5.6. Manipulacija i doziranje biomase	70
5.7. Mlevenje biomase	73
5.8. Kuglični mlinovi	73
5.9. Mlinovi čekićari	75
5.10. Mlin sa vertikalnim vretenom	75
5.11. Mlin sa noževima.....	77
6. Tehnologije za sagorevanje biomase.....	79
6.1. Sagorevanje na rešetci	79
6.1.1 Putujuća rešetka	80
6.1.2 Nepokretna rešetka	81
6.1.3 Pokretna kosa rešetka	81
6.1.4 Pokretna horizontalna rešetka	82
6.1.5 Vibraciona rešetka.....	82
6.1.6 Rotirajuća rešetka.....	83
6.1.7 Rotirajuća konusna rešetka	83
6.1.8 Ložišta sa loženjem odozdo	83
6.2. Ložišta sa fluidizovanim slojem	84
6.2.1 Mehurasti fluidizovani sloj	84
6.2.2 Cirkulacioni fluidizovani sloj	86
6.3. Ložišta sa sagorevanjem u letu	87
6.3.1 Vrtložni gorionik	88
6.3.2 Cikloncki gorionik.....	88
6.4. Ostali sistemi za sagorevanje biomase.....	88
6.5. Poređenje sistema ložišta za sagorevanje biomase.....	91
6.6 Hronologija razvoja ložišta sa cigaretним sagorevanjem	92
6.7. Definicija procesa kosagorevanja i bazični principi	97
6.7.1 Sistemi za kosagorevanje.....	99
7. Lanac snabdevanja biomasom - mogući organizacioni modeli prikupljanja biomase za proizvodnju energije na ekonomski, tehnički i ekološko opravdan način	103
7.1 Uvod.....	104

7.2 Lanac snabdevanja biomasom	105
8.Kratke smernice za ugovaranje između karika u lancu snabdevanja biomasom za energetske potrebe	116
8.1 Ugovor.....	116
8.2 Mogući modeli za snabdevanje toplana (javnih ustanova) biomasom.....	121
8.3 Primer uspešne primene BES sistema u praksi	121
9 Preporuke za promociju i bolju organizaciju korišćenja dostupnih resursa biomase u Srbiji	126
9.1 Raspoloživi resursi i izbor tehnologije sagorevanja.....	126
9.2 Koncepcija izgradnje postrojenja	128
9.3 Multidisciplinaran pristup problemu.....	131
9.4 Promovisanje upotrebe biomase u sistemima daljinskog grejanja.....	133
9.5 Zaključak	134

1. Klimatske promene

1.1. Uvodne napomene

Cilj ovog kursa je da se podigne naša svest o klimatskim promenama i potrebi da se naši napor u borbi protiv daljih negativnih aspekata ovih promena, u prvom redu globalnog zagrevanja.

Stoga je u okviru kursa dat pregled ovih klimatskih promena kao i napora čovečanstva da se smanjenjem emisije gasova sa efektom staklene baste svi zajedno borimo za zaustavljanje ovih promena koji prete čitavom čovečanstvu. Dat je pregled instrumenata i mehanizama koji se u tom smislu preduzimaju i koriste u svetu.

Dat je poseban osvrst na one elemente energetske situacije u Republici Srbiji koji su relevantni za sagledavanje naše emisije navedenih gasova i mogućnosti da tu emisiju smanjimo kao i osnovni pregled mera preduzetih na polju regulative koja je vezana za sve aspekte klimatskih promena i borbe protiv njih.

Želja je da ovaj kurs bude dodatni podsticaj za relevantna stručna lica, odgovorna lica u lokalnim samoupravama kao i odgovornim licima u republičkim organima i ministarstvima da svi zajedno utičemo na što veće korišćenje obnovljivih izvora energije i na uvođenje mera i tehnoloških rešenja sa visokim stepenom energetske efikasnosti.

1.2. Uticajni faktori na klimu

Klima je srednja vrednost atmosferskih uslova (temperature, padavine, vetrovi, itd.) koji vladaju u jednom području tokom dužeg niza godina. Standardni period za definisanje vremenskih uslova date oblasti, prema Svetskoj meteorološkoj organizaciji jeste 30 godina. Dva najvažnija elementa koja daju osnovne odlike klimi svake oblasti jesu temperatura vazduha i količina padavina.

Srednja temperature na Zemlji je određena količinom energije koju ona apsorbuje od sunčevog zračenja (elektromagnetno zračenje različitih talasnih dužina) i svakako da prvenstveno zavisi od aktivnosti Sunca i količine energije koja dospe do Zemlje. Deo zračenja se odmah reflektuje nazad u svemir i to u prvom redu od strane snega i leda (koji reflektuju najveći deo sunčeve radijacije nazad u svemir), vulkanskih erupcija (usled emitovanja čestica sa sumpordioksidom koje reflektuju deo sunčeve radijacije), i u manjoj meri od strane oblaka i aerosolnih čestica.

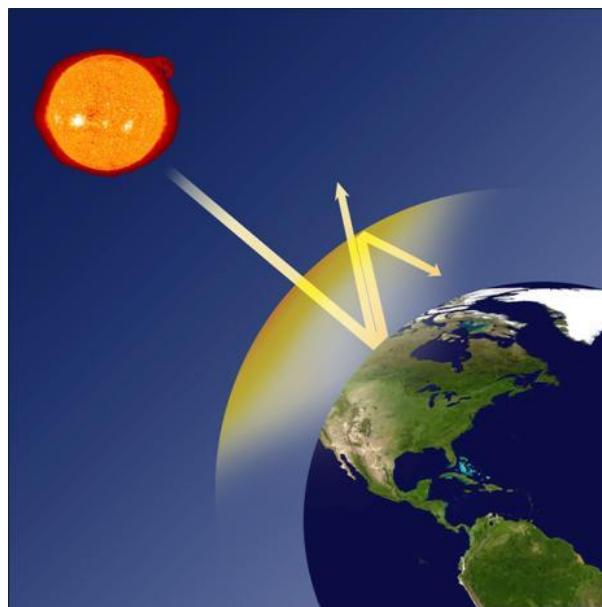
Međutim, deo reflektovane radijacije ne odlazi u svemir već se zadržava tako što se apsorbuje od strane pojedinih gasova u zemljinoj atmosferi i na taj način omogućava da Zemlja dodatno apsorbuje određenu količinu energije. U suštini ovaj efekat, koji se naziva efekat gasova staklene baste, je u normalnim uslovima izuzetno koristan jer bi bez njega temperature na Zemlji bile ispod smrzavanja. Ovaj opisani globalni mehanizam sunčevog zračenja, reflektovanja i ponovnog absorbovanja u atmosferi (što utiče na dodatno zagrevanje Zemlje) je prikazano na Slici 1.1.

Kakva će biti klima nekog prostora zavisi od niza faktora kao što su:

- geografska širina,
- raspored kopna i mora,
- reljef,
- vетар,

- morske struje.

Geografska širina je najuticajniji faktor jer udaljenost od ekvatora određuje ugao pod kojim padaju sunčevi zraci a time i količinu primljene toplote. Osim geografske širine, na klimu znatno utiče i raspored kopna i mora. U blizini mora klima je vlažnija nego u unutrašnjosti kontinenta a more deluje i na ublažavanje temperturnih razlika između različitih godišnjih doba. Značajan klimatski faktor je i reljef: sa porastom nadmorske visine temperatura vazduha se smanjuje, a učestalost i količina padavina se povećavaju. Vetar i morske struje takođe deluju na vlažnost i temperaturu vazduha.



Slika 1.1. Šematski prikaz mehanizma absorpcije sunčevog zračenja

1.3. Zapažanja o promeni klime

Svi smo svedoci da se klima u zadnjih 20 – 30 godina značajno menja. To zapažamo na lokalnom nivou a na globalnom nivou nam je poznato iz medija. Meteorološka merenja i brojna istraživanja jasno ukazuju na ove promene [1].

Merenja tokom poslednjih 150 godina su pokazala porast srednje globalne temperature zemljine površine a samo u poslednjih 100 godina zagrevanje iznosi od 0,45 - 0,74 °C. Iako na prvi pogled se ovo čini kao zanemarljivo, u suštini ovaj porast temperature je vrlo značajan. Od najtoplijih 10 u poslednjih 100 godina, 9 su zabeležene posle 2001. godine, dok su najtoplajih pet bile 2010., 2005., 2003., 2002., i 1998. Broj dana bez mraza se povećao u većini oblasti srednjih i visokih širina, što se najčešće manifestuje ranijim početkom proleća. Površina Zemlje se trenutno zagreva prosečno 0,18 °C svakih 10 godina i, što još više zabrinjava, ova brzina zagrevanja se ubrzava!

Osmatranja su takođe pokazala promene u količini, intenzitetu, učestalosti i vrsti padavina. Posledica viših temperature je povećanje isparavanja, što dovodi do povećanja količine vodene pare u atmosferi. U Evropi su ovi efekti tokom 90-ih godina prošlog veka doveli do povećanja padavina u severnjim oblastima i suše u Mediteranu i severnoj Africi. Od sredine prošlog veka, zapaženo je povećanje broja jakih padavina na srednjim širinama, čak i na mestima gde se srednja količina padavina nije povećala. Trend povećanja je takođe primećen i za učestanost pojave sa vrlo velikom količinom padavina, koja može dovesti do poplava, kao što je bilo i u Srbiji 2014. Godine (videti Sliku 1.2).



Slika 1.2. Poplava u Obrenovcu 2014. godine

Globalne procene od sredine 70-ih godina prošlog veka pokazuju trend povećanja dužine trajanja oluja i njihovog intenziteta i aktivnosti. Ovi trendovi su snažno povezani sa povećanjem tropskih oluja. Od 1970. godine, broj uragana 4. i 5. kategorije se povećao za oko 75 %.

Paradoksalno, ove globalne promene klime dovode i do uvećanja oblasti zahvaćene sušama. Ovo je posledica više toplih ekstremi koje dovode do više toplotnih talasa. Izraženo sušenje je konstatovano nad većim delom južne Evrope i Azije, severne Afrike, Kanade i Aljaske, kao i obrnut trend u oblastima Severne i Južne Amerike.

Osmatranja pokazuju globalno smanjivanje snežnog i ledenog pokrivača, posebno od 1980. godine nadalje. Satelitska merenja snežnog pokrivača na kopnu, koja su kontinualno sprovedena od 1966. godine, otkrivaju njegovo smanjivanje na severnoj hemisferi tokom proleća, brzinom od oko 2% u 10 godina, i manje promene tokom jeseni i zime. U velikom broju oblasti, ovo smanjivanje se javilo uprkos povećanju padavina. Posle 1850. godine, primećeno je povlačenje većine planinskih glečera i ledenih kapa. Brojni lokalni i regionalni izveštaji generalno ukazuju na zagrevanje stalno zamrznutog sloja u tlu, povećanje debljine otopljenog sloja leda tokom leta, smanjenje dubine mržnjenja tla tokom zime u sezonski zaleđenim oblastima i kraće trajanje sezonskog leda na vodenim površinama.

Od 1978. godine satelitska merenja su omogućila konstantan monitoring oblasti pod morskim ledom u oba polarna regiona. Na Arktiku se srednja godišnja površina morskog leda smanjila za $2,7 \pm 0,6\%$ za 10 godina, a površina letnjeg leda se smanjila za $7,4 \pm 2,4\%$ u istom period (videti Sliku 1.3). Površina Antarktičkog morskog leda ne pokazuje nikakave uočljive promene. Najveći porast temperature zabeležen je upravo u polarnim oblastima. Ovo je najvećim delom direktna posledica činjenice da snežni i ledeni pokrivač imaju veću refleksivnost od okeana i kopna. Njihovim topljenjem povećava se apsorpcija sunčevog zračenja i dolazi do zagrevanja. Ova negativna sprega samo pospešuje process globalnog zagrevanja, tj. zagrevanje dovodi do smanjenja snežnog i ledenog pokrivača, što pospešuje zagrevanje Zemlje, a što opet dovodi do daljeg smanjenja ovog pokrivača, itd. Isto se može reći i za povećanje vlažnosti, jer se time efekat staklene baste samo pogoršava, što dovodi do daljeg porasta vlage, i tako u krug.



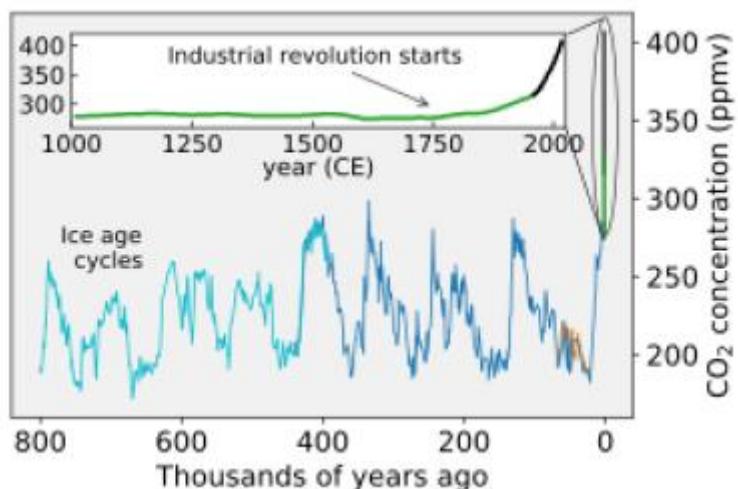
Slika 1.3. Snimak ledenog pokrivača na Arktiku sa satelita

Dok nema nedoumica da smo u toku intenzivnog procesa klimatskih promena, i to u smeru globalnog zagrevanja, postoje različita mišljenja o uzocima tih promena. Najrasprostranjenija pretpostavka i najšire prihvaćena među ekspertima rasličitih struka je da su klimatske promene antropogenog karaktera, tj. uzrokovane ljudskom delatnošću, i to usled povišenog emitovanja gasova sa takozvanim efektom staklene baste, čiji je uticaj prethodno objašnjen. Gasovi sa efektom staklene baštne (na engleskom: GHG) su:

- Vodena para (H_2O)
- Ugljen dioksid (CO_2)
- Metan (CH_4)
- Ozon (O_3)
- Hlorofluorougljenici (CFC)
- Fluorisani ugljovodonici (HCFC i HCF)
- Azotsuboksid (N_2O)
- Sumpor heksafluorid (SF_6)

Glavni gas staklene baštne je vodena para. Ona doprinosi oko 36 – 70% od ukupnog efekta (u zavisnosti od stepena oblačnosti), zatim ugljen-dioksid, sa udjelom 9 - 26%, metan sa 4 - 9% i ozon sa 3 - 7%. Drugi gasovi koji se javljaju u prirodi doprinosi veoma malo ovom efektu. Najveći broj i količina navedenih gasova su direktna posledica korišćenja fosilnih goriva (ugalj, nafta, gas). Koncentracija azot oksida (N_2O), povećava se i kao posledica ljudske aktivnosti kao što je poljoprivreda a stočna prizvodnja utiče i na povećanje koncentracije metana (CH_4). U odnosu na pred-industrijski nivo od 1750. godine, koncentracija CO_2 i CH_4 se povećala za 31% i 149% respektivno.

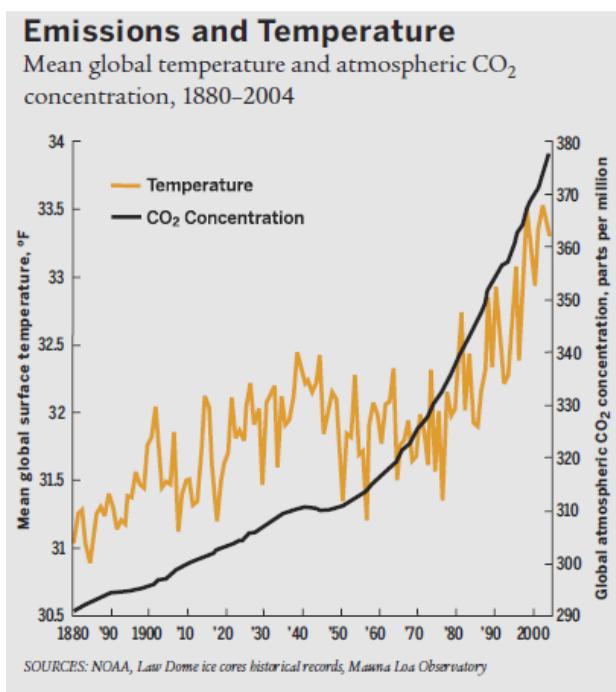
Rezultati merenja koncentracije CO_2 prikazani na Slici 1.4 ukazuju da je ljudska aktivnost dovela do povećanja koncentracije ovog i drugih gasova sa efektom staklene baštne. Vidi se da je koncentracija CO_2 u zadnjih 800.000 godina (određivana u uzorcima leda na polovima a danas direktnim merenjem) bila ispod 300 ppm (dela u milion) a da je tek posle 1750. godine, uzete kao početak industrijske revolucije i početak značajnijeg korišćenja fosilnih goriva, počela naglo da raste i danas dostiže vrednosti od oko 400 ppm.



Slika 1.4. Koncentracije CO₂ u poslednjih 800,000 godina [2]

Ovakav zaključak se nameće i kada se uporede podaci o koncentraciji CO₂ i srednje temperature zemljine površine, što je prikazano na Slici 1.5. Sve ovo ukazuje da je porast zemljine temperature rezultat povećanja koncentracije gasova sa efektom staklene baste, a što je posledica korišćenja fosilnih goriva.

Postoje i druge hipoteze o globalnom zagrevanju. Jedna takva hipoteza predpostavlja da je glavni izvor zagrevanja posledica varijacija u aktivnosti sunca. Kao primer u korist ove hipoteze je uočeno otapanje ledene kore na Marsu, a koje se ne može objasniti povećanjem koncentracije CO₂. Drugi smatraju da je zagrevanje posledica ciklične izmene hladnih i toplih perioda u Zemljinoj istoriji i da današnje promene nisu nikakav izuzetak, tj. da nema uticaja od strane ljudske civilizacije.



Slika 1.5. Poređenje koncentracije CO₂ i srednje temperature zemljine površine [3]

1.4. Diplomatski napor u svetu za ublažavanje klimatskih promena

Prvi diplomatski napor svetskih razmara da se pronađe okvir za regulisanje emisija gasova sa efektom staklene baste (GHG gasovi) su formalno otpočeli još 1992. godine u Rio de Žaneiru, u Brazilu) [4], a povodom izveštaja Međuvladinog panela o klimatskim promenama (engleski: *Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC) u kome je naglašena neposredna opasnost klimatskih promena. Inače, IPCC je stvoren 1988. godine od strane Ujedinjenih Nacija (UN) i Svetske meteorološke organizacije (WMO) kao telo koje će vršiti procenu rizika od klimatskih promena uzrokovanih ljudskom aktivnošću. Većina država i međunarodnih organizacija smatra ovaj Panel kao autoritet.

U Riju su se 60 zemalja dogovorili da će se raditi na izradi Okvirne konvencije Ujedinjenih Nacija o klimatskim promenama (engleski: *UN Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC) na sledećim osnovama:

- Stabilizacija količine GHG gasova u atmosferi bez ugrožavanja proizvodnje hrane i bez ograničavanja ekonomskog razvoja.
- Razvijene zemlje treba da preduzmu inicijative u smanjenju nivoa GHG gasova.

Kasnije diplomatske aktivnosti su rezultirale u pripremama i usvajanju tzv. Kjoto Protokola [5], prvog međunarodnog obavezujućeg ugovora o regulisanju emisije GHG gasova. Ovaj Ugovor je stupio na snagu 2005. godine i danas ima 192 zemalja – članica Protokola. Ovim Protokolom su definisani nivoi smanjenja emisije GHG gasova za svaku zemlju pojedinačno (samo za razvijene zemlje sveta) sa opštim ciljem da se do 2012. godine ukupna svetska emisija GHG gasova smanji za 5,2 % u odnosu na 1990. Godinu. Ovim Protokolom je takođe okvirno definisan program trgovine emisijama GHG gasova (tj. dozvolama za emitovanje GHG gasova), o čemu će kasnije biti više reči.

Gore pomenuti Međuvladin panel o klimatskim promenama – IPCC je u svom izveštaju 2013. godine naglasio da je velika verovatnoća da će zemljina temperature na površini u 21. veku porasti za 0,3-1,7 °C u najpovoljnijem slučaju a da će u najnepovoljnijem slučaju ona povišiti za 2,6-4,8 °C. Takođe je naglašeno da je ogromna verovatnoća da je ljudski uticaj na globalno zagrevanje od sredine 20. veka dominantan. Ovi nalazi IPCC-a su prihvaćeni od strane najvećeg broja zemalja i stručnjaka i do danas ih niko nije opovrgao.

Godine 2015. je u Parizu održana izuzetno važna Konferencija Ujedinjenih Nacija o klimatskim promenama na kojoj je 196 zemalja potpisalo novi ugovor koji praktično zamjenjuje Kjoto Protokol i kojim je postignut dogovor da se ograniči porast srednje zemljine temperature do 2°C iznad nivoa pre industrijske revolucije [6]. U toku su dalje aktivnosti na operacionalizaciji svih dosadašnjih dogovora i definisanju novih mera i aktivnosti.

Za Srbiju je važno i šta se preduzima po pitanju klimatskih promena u Evropskoj uniji. Prema Kjoto Protokolu EU je bio u obavezi da do 2012. godine smanji emisiju GHG gasova za 8 % u odnosu na 1990. godinu. Ovaj cilj je EU ispunio ali je sopstvenim planovima i obavezujućim dokumentima definisao nove ciljeve u okviru planova razvoja energetike i borbe protiv klimatskih promena.

Na nivou cele Evropske unije je 2005. godine uspostavljeno tržište za trgovinu emisijama poznato kao EU Emission Trading Scheme (EU ETS). Emiterima GHG gasova se svake godine izdaje definisana količina dozvola za emisiju, a oni su u

obavezi da svoju emisiju "pokriju" adekvatnom količinom ovih dozvola. Ako ih nemaju dovoljno, moraju kupiti dozvole na tržištu, a ako imaju višak mogu ih prodavati. Tako su pojedini emiteri dovedeni u situaciju da sami odlučuju da li će kupiti dodatno potrebne dozvile ili će uložiti u programe supstitucije fosilnih goriva obnovljivim izvorima, povećanja efikasnosti ili uvođenja novih proizvodnih tehnologija sa smanjenim utroškom energije po jedinici proizvoda. Svake godine se ukupna emisija GHG gasova na nivou EU smanjuje planiranim tempom a time i količina dozvola za emitovanje GHG gasova, čime se obezbeđuje dostizanja željenog smanjenja emisije GHG gasova.

U nekoliko navrata je zadnjih decenija EU definisala zakonske okvire za svoju energetsku strategiju i borbu protiv klimatskih promena. Tako su poznati njihovi ciljevi za 2020. godinu kao "20 % 20% 20%", tj. da će se do tada, u odnosu na 1990. godinu, smanjiti emisija GHG gasova za 20 %, povećati učešće obnovljivih izvora energije za 20% i da će se povećati energetska efikasnost za 20 %. Novim paketom strategija i obavezujućim dokumentima se postavljeni i ciljevi za 2030. godinu gde su ovi procenti povećani na 40 %, 27 % i 27% respektivno. U strateškim dokumentima je naznačeno da je cilj za Evropsku uniju da do 2050. godine smanji emisiju GHG gasova za 80% u odnosu na 1990. godinu!

1.5. Instrumenti koji se primenjuju u svetu za smanjenje ghg gasova

Direktni korisnici fosilnih goriva (oni koji kupuju ugalj, tečna goriva i gas) plaćaju samo njihovu cenu koštanja na tržištu, kao da je reč o bilo kom drugom proizvodu. Ali poznato je da korišćenje fosilnih goriva ima i štetnih efekata jer se njihovim sagorevanjem razvijaju i niz štetnih i opasnih gasova kao što su sumpordioksid (SO_2), azotni oksidi (NO_x), ugljenmonoksid (CO), niz kompleksnih ugljovodonika i dr., a u slučaju uglja imamo i čvrsti ostatak – pepeo. Ovi gasoviti i čvrsti produkti negativno utiču kako na zdravlje ljudi tako i na životnu sredinu, a danas smo svesni i da inertni gasoviti produkt – ugljendioksid (CO_2) utiče na globalno zagrevanje.

Stoga korišćenje fosilnih goriva spade u one privredne aktivnosti koje su vezane i sa tzv. eksternim troškovima, tj. troškovima koje direktni korisnik ne snosi. Troškove lečenja i nege ljudi od štetnih posledica sagorevanja fosilnih goriva kao i troškovi sanacije životne sredine snosi društvo, tj. svi mi. Zato se velika većina ekonomista u svetu, kao i mnogi eksperti drugih struka, zalažu da se korišćenje fosilnih goriva na neki način optereti, bar do izvesne mere, procenjenim eksternim troškovima. Opšte je slaganje da su eksterni troškovi u slučaju korišćenja fosilnih goriva bar oko 30 EUR/t CO_2 . Ovo prevedeno na primer benzina u Srbiji bi značilo da se njegova cena poveća za oko 20 din. po litru benzina ili dizel goriva.

U svetu se koristi nekoliko instrumenata kojim se postiže da se direktni korisnici fosilnih goriva dodatno finansijski opterete i da se time pospeši aktivnosti na smanjenju emisije GHG gasova.

1.5.1 Ograniči i trguj (engleski: Cap and Trade)

Ovaj mehanizam je već delimično opisan u prethodnom tekstu kada je spomenuta trgovina emisijama u Evropskoj uniji (EU ETS) [7]. Ovlašćeni državni organ vrši podelu dozvola za emitovanje GHG gasova privrednim društvima koja ih emituju. Rapodela ovih dozvola može biti besplatna ali može i da se vrši aukcijska prodaja jednog dela ili cele količine ovih dozvola. Emiteri koji žele da emituju više nego što mogu prema dobijenim dozvolama mogu to činiti ali samo ako kupe dodatne dozvole od onih koji žele da im prodaju (tj. od onih koji imaju višak dozvola).

Svaka država shodno svojim strategijama o energetici i klimatskim promenama definiše svake godine ukupnu količinu dozvola i time u potpunosti kontroliše emisiju GHG gasova. Zbog ovog opšteg ograničenja i definisane količine dozvola za svakog emitera se ovaj mehanizam i naziva "Ograniči i trguj".

Ovaj instrument ima i jasan tržišni podsticaj da se svaki emiter GHG gasova odluči da li će kupovati dodatne dozvole ili će na neki način ograničiti svoju emisiju, čak i ispod nivoa dobijenih dozvola što mu omogućuje da višak dozvola proda. Cene pri trgovini ovim dozvolama se regulišu po tržišnim principima uz posredovanje države samo u slučaju nekih poremećaja.

1.5.2 Osnovni nivo i krediti (engleski: *Baseline and credit*)

Kod ovog instrumenta se svakom emiteru definiše osnovni nivo, tj. godišnja količina GHG gasova koju može da emituje [8]. Ovaj osnovni nivo je najčešće višegodišnji prosek i prošlogodišnji nivo emisije. Ukoliko privredno društvo emituje manju količinu od zadate to mu omogućava da generiše dozvole, koje se u tom slučaju nazivaju i krediti, koje može prodati na tržištu kao u prethodno opisanom instrumentu.

1.5.3 Taksa na ugljenik (engleski: *Carbon Taxes*)

U poslednjih 10-tak godina mnoge su zemlje počele da uvode i posebne takse na korišćenje fosilnih goriva, zvane takse na ugljenik [9]. Ove takse se ne smeju mešati sa već tradicionalno uvedenim akcizama na tečna goriva. Visina ovih dodatnih taksa na ugljenik mogu zavisiti od vrste fosilnog goriva, a takođe i od korisnika (domaćinstva npr. mogu biti izuzeta, kao i zdravstvo i školstvo, i sl.).

Dok se sredstva od akciza slivaju u državni budžet, ove dodatne takse na ugljenik služe za formiranje posebnih fondova koji se koriste za kreditiranje ili pospešivanje programa smanjenja emisije GHG gasova, korišćenje obnovljivih izvora energije i povećanje energetske efikasnosti.

1.5.4 Hibridni instrumenti

Često se primenjuju mere koje imaju takve osobine da predstavljaju mešavinu gore pomenutih instrumenata i oni se nazivaju hibridnim instrumentima [10], kao na primer:

- Ograničavanje emisija GHG gasova ali uz definisanje granica u kojim cene dozvola mogu da variraju.
- Podešavanje nivoa takse na ugljanik da se dostigne određeni nivo emisije GHG gasova.
- Primena instrumenta "Ograniči i trguj" u određenim sektorima energetike ili vrste fosilnog goriva a "Takse na ugljenik" na druge.
- Korišćenje navedenih instrumenata komplementarno sa programima korišćenja obnovljivih izvora energije i uvođenja energetske efikasnosti.

Geografski pregled korišćenja navedenih mehanizama naplaćivanja i ograničavanja emisije GHG gasova se može videti na Slici 6. Vidi se da je njihova primena praktično na svim kontinentima ali je najviše skoncentrisana u Evropi i Severnoj Americi. Do sada je ukupno evidentirano 25 programa trgovine emisijama GHG gasova, uglavnom u regionima u pojedinim državama, kao i 26 slučajeva primene taksi na ugljenik, uglavnom na nacionalnim nivoima.

1.6. Bitni elementi za Srbiju

1.6.1 Izvori energije i njihovo korišćenje

Prema energetskom bilansu za 2017. godinu, Republika Srbija troši ukupno 15,488 Mten (miliona ten) primarne energije (izvorna energije – bez naknadne transformacije, npr. energija iskovanog uglja, a ne energija struje dobijene sagorevanjem tog uglja). Oznaka "ten" označava tona ekvivalentne nafte i predstavlja jedinicu energije koja se dobije iz jedne tone nafte. Koristi se radi srođenja količina bilo kog izvora energije na istu osnovu.

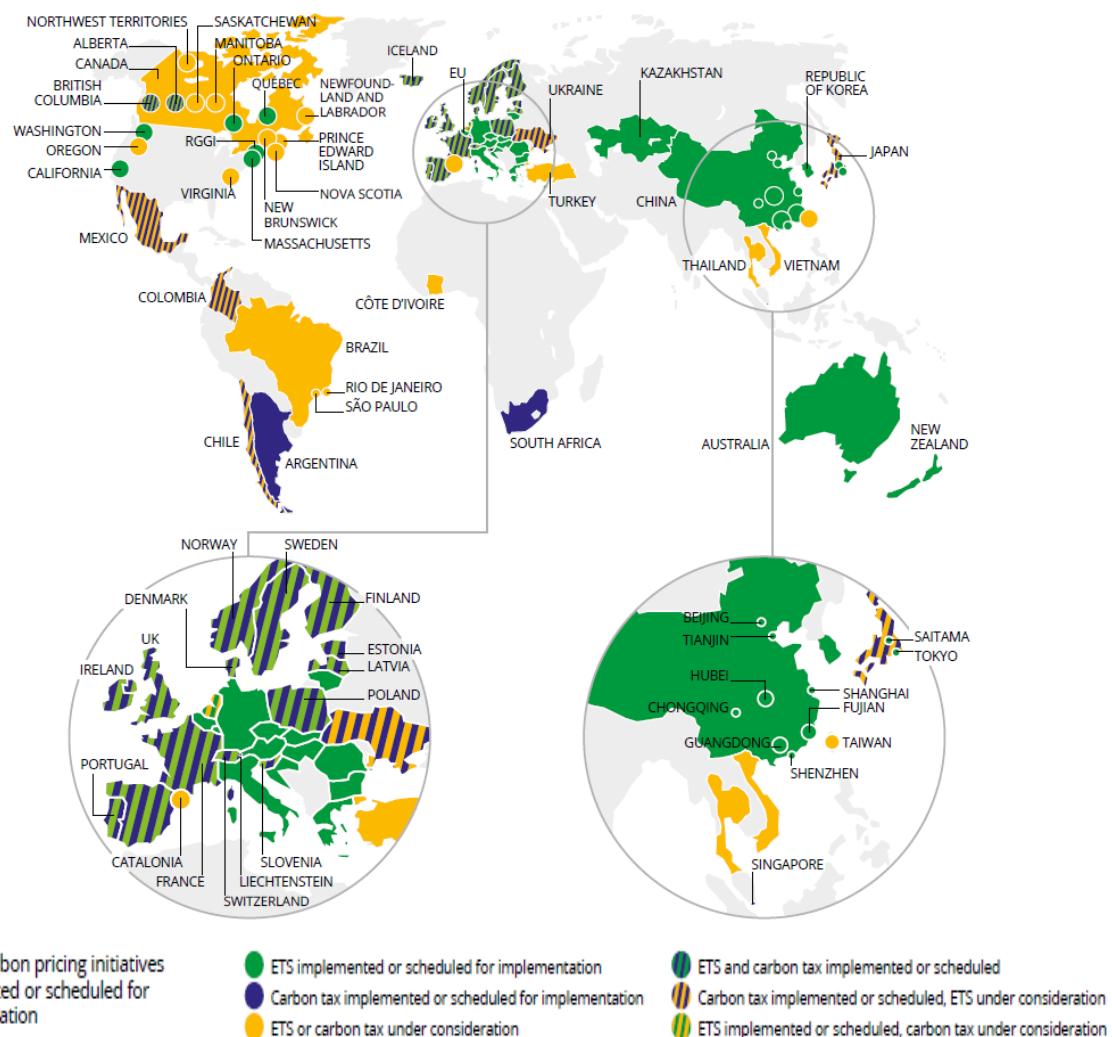
Primer: Ako kažemo "10 tona kamenog uglja i 10 tona lignite", količine su iste, ali energetski potencijal nije. Od 10 tona kamenog uglja možemo dobiti energije koju bi dobili sagorevanjem oko 7 tona nafte, a za dobijanje iste energije od sagorevanja 10 tona lignite treba nam samo oko 2 tone nafte. Dakle, ako nas više interesuje količina energije, a ne masa, onda je umesto "10 tona kamenog uglja i 10 tona lignite" primerenije reći "7 ten kamenog uglja i 2 ten lignite" jer odmah dobijamo relativan odnos njihovog energetskog potencijala.

U Tabeli 1.1 su dati svi izvori primarne energije u Srbiji u 2017. godini, na osnovu kojih možemo izvući sledeće bitne zaključke:

- Više od 88 % primarne energije u Srbiji se dobija od *uglja, nafte i gasa*.
- *Ugalj* predstavlja *najvažniji primarni izvor energije* u Srbiji, sa udelom od preko 50 %.
- Srbija je *jako zavisna od uvoza energije* (ukupno oko 32 % ukupne potrošnje), i to uglavnom u vidu nafte i gasa.

Tabela 1.1. Podaci o potrošnji primarne energije u Srbiji za 2017. Godinu [11]

	Potrošnja primarne energije (Mten)	Udeo u ukupnoj potrošnji (%)	Udeo pokriven uvozom (%)
Ugalj	7,853	50,90	6,24
Nafta	3,762	24,31	77,27
Gas	2,041	13,18	81,00
Hidro potencial	0,751	4,83	0
Čvrsta biomasa	1,056	6,80	0
Ostalo	0,025	~0,00	0
Ukupno	15,488	100,0	31,85



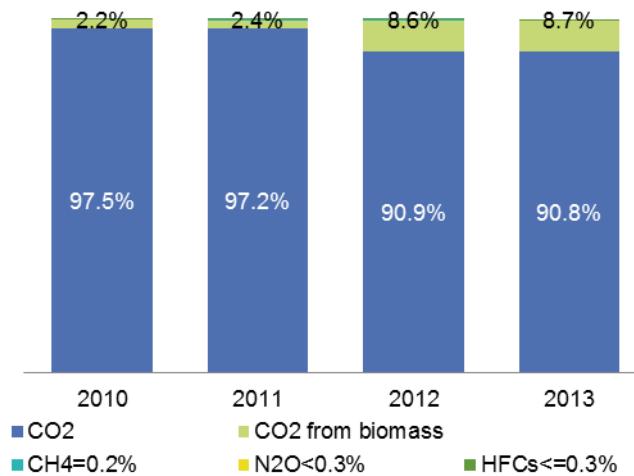
Slika 1.6. Geografski prikaz primene instrumenata trgovine emisijama primeni taksa na ugljenik u svetu [7]

Bruto proizvodnja električne energije u Srbiji je u zadnjih nekoliko godina nešto ispod ili oko 40.000 GWh, i uglavnom se dobija sagorevanjem uglja u termoelektranama (obično oko 70 %) i iz hidroelektrana (obično oko 30 %), a samo oko 1 % se dobija iz obnovljivih izvora toplote. U vezi proizvodnje električne energije, treba napomenuti da termoelektrane u Srbiji imaju relativno male stepene konverzije u električnu energiju jer su izgrađene bar pre 20 godina sa zastarem tehničkim rešenjima. Uz to, cene električne energije za domaćinstva i industriju su nekoliko puta niže od onih u razvijenijim zemljama što često dovodi do iracionalne potrošnje (kao što je zagrevanje prostora električnom energijom) a ujedno onemogućuje da se vrši ulaganje u modernizaciju i nova tehnološka rešenja.

1.6.2 Emisija gasova sa efektom staklene baste (GHG)

Zadnjih nekoliko godina u Srbiji se godišnje emituje oko 50,000 – 55,000 hiljada tona gasova sa efektom staklene baste. Raspodela po vrsti gasova za period 2010 – 2013 je data na Slici 1.7. iz koje se vidi da je preko 90 % ukupno emitovane količine GHG gasova u vidu CO₂.

Emission of greenhouse gases, Republic of Serbia, 2010–2013



Slika 1.7. Emisija GHG gasova u Srbiji u periodu 2010 – 2013 [12]

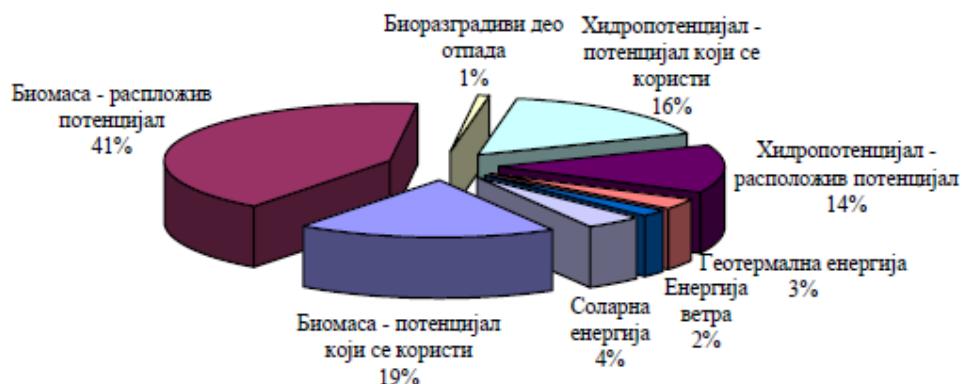
Nizak ukupni stepen konverzije pri proizvodnji električne energije, spregnuto sa niskom stopom industrijske aktivnosti i relativno zastarele tehnologije koje se koriste u industriji, utiče na činjenicu da je Srbija visoko rangirana zemlja kada je reč o specifičnom utrošku energije, tj. takozvanom energetskom intenzitetu. Kao što se može videti iz Tabele 1.2, u kojoj su podaci Međunarodne agencije za energiju (na engleskom: International Energy Agency, IEA), u Srbiji se emituje 5 – 6 puta više CO₂ po jedinici BDP (bruto društvenog proizvoda) nego u zemljama OECD-a ili u Evropskoj uniji. Podaci za Rusiju i Češku Republiku su dati samo radi poređenja.

Tabela 2: Indikatori emisije CO₂ u 2016. god. (podaci od Međunarodne agencije za energiju) [13]

	Emisija CO ₂ po jedinici BDP (kgCO ₂ /US\$)
Srbija	1,10
Rusija	0,88
Češka Republika	0,44
Zemlje OECD (sve)	0,23
Zemlje EU28	0,17

1.6.3. Obnovljivi izvori energije u Srbiji

Niz studija ukazuju da je ukupan tehnički raspoloživ potencijal obnovljivih izvora energije (skraćeno: OIE) oko 5,6 miliona tona ekvivalenta nafte godišnje, tj. oko 5,6 Mten/g. Udeo pojedinih vidova obnovljivih izvora energije je dat na Slici 1.8. Vidi se da je najveći potencijal u biomasi (oko 60 % od ukupnog potencijala OIE) ali se danas koristi samo oko 1/3 njegovog potencijala. Na drugom mestu je hidropotencijal (oko 30 % od ukupnog potencijala OIE, a koristi se oko polovine tog potencijala), a svi ostali vidovi OIE (energija veta, solarna energija geotermalna energija i dr.) predstavljaju samo oko 10 % ukupnog potencijala OIE.



Slika 1.8. Struktura OIE u Srbiji [14]

Nacionalni akcioni plan za korišćenje obnovljivih izvora energije u Republici Srbiji iz 2013. godine je predviđao da će udeo OIE u ukupnoj bruto finalnoj potrošnji energije porasti na 27,0 % do 2020. godine (sa 21,2 % u 2011. godini). Povećano interesovanje za izgradnju objekata koji koriste OIE je započelo usvajanjem propisa i to:

- Zakon o energetici („Službeni glasnik RS”, br. 145/2014);
- Uredba o izmenama i dopunama uredbe o utvrđivanju programa ostvarivanja strategije razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine za period od 2007. do 2012. godine – obnovljivi izvori energije („Službeni glasnik RS”, broj 99/09);
- Uredba o uslovima za sticanje statusa povlašćenog proizvođača električne energije („Službeni glasnik RS”, broj 56/2016), i
- Uredba o merama podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem obnovljivih izvora energije i kombinovanom proizvodnjom električne i topotne energije („Službeni glasnik RS”, broj 56/2016).

Ovim zakonskim i podzakonskim aktima je pitanje regulative za korišćenja OIE u Srbiji dosta dobro rešeno, praktično na nivou daleko razvijenijih zemalja. Već je planirana izgradnja vetro generatora ukupne snage od oko 500 MW i malih hidroelektran ukupne snage oko 400 MW i dinamika realizacije ovih kao i drugih projekata će zavisiti od mogućnosti investiranja.

1.6.4 Međunarodne obaveze Srbije u vezi klimatskih promena

Republika Srbija je angažovana u okviru Konvencije UN o klimatskim promenama (UNFCCC) tek od 2001. godine a u okviru Kjoto Protokola od 2008. godine. Što se tiče obaveza po osnovu Kjoto Protokola, Republika Srbija spada u one zemlje od kojih se ne zahteva smanjenje emisije GHG gasova već samo periodično izveštavanje o nivou emisija i merama koje preduzima u cilju smanjenja emisije GHG gasova što ona i čini od 2010. godini nadalje.

U toku je javna rasprava o predlogu Zakona o klimatskim promenama za koji se smatra da će biti jedan od tzv. "krovnih" zakona Republike Srbije. To znači da je nacionalna politika u vezi klimatskih promena dostigla takav prioritet naše Vlade da će veliki broj drugih zakona biti podređen njemu. Dve bitne novine se predlažu ovim zakonom. Prva je da će Vlada moći da definiše ograničenja u nivou emitovanja GHG gasova, a druga je da će emiteri GHG gasova morati imati adekvatne dozvole.

Takođe je u toku izrada Nacionalne strategije u borbi protiv klimatskih promena kao i Akcioni plan za realizaciju te strategije. Ovo sve znači da se politika Republike Srbije prema emisiji GHG gasova usklađuje sa razvijenim zemljama a posebno sa politikom Evropske unije po ovom pitanju, a sve u skladu sa politikom pridruživanja Evropskoj uniji.

1.7. Zaključne napomene

Već nekoliko decenija se zapažaju zabrinjavajuće pojave koje ukazuju da su u toku takve klimatske promene koje su bez presedana u našem kolektivnom pamćenju. To se u prvom redu ogleda u povećanju srednje temperature Zemlje što dovodi do niza poremećaja klime na regionalnim nivoima: ekstremne pojave velikih padavina ali i sušnih perioda, naleta veta olujne pa i uraganske snage. Posledice su vidljive u smislu povećanja vlažnosti vazduha, učestalih poplava, smanjenje ledenog pokrivača, i dr. Postoje strahovanja da će ovo uticati i na smanjenje mogućnosti proizvodnje hrane na svetskom nivou.

Iako u svetu ne postoji potpuna saglasnost oko uzroka ovog globalnog zagrevanja, sa svim njegovim posledicama, velika većina eksperata svih struka ali i država smatra da je glavni uzrok antropogenog karaktera, tj. usled ljudskih aktivnosti a u prvom redu zbog prekomernog korišćenja fosilnih goriva čime je povećano emitovanje gasova sa tzv. efektom staklene baste (u prvom redu CO₂). Smatra se da ovi gasovi sprečavaju da se uobičajena količina reflektovanog sunčevog zračenja izgubi u svemir, već sve veći deo zadržavaju u atmosferi i time dodatno zagrevaju Zemlju.

Preko 30 godina traju diplomatski napori u svetu da se ove klimatske promene sagledaju i da se definiše opšti svetski okvir za borbu protiv ovih klimatskih promena. Mnoge zemlje potpisnice Kjoto Protokola se ponašaju u skladu sa okvirom koji ovaj Protokol definiše, a to je u prvom redu smanjenje emisije GHG gasova u skladu sa zadatim ograničenjima. U toku je usklađivanje novog okvira prema dogovoru na Konferenciji o klimatskim promenama u Parizu 2015. godine.

Mnoge države su uvele i ekonomске mere u cilju ostvarivanja svojih planova u borbi protiv klimatskih promena. Ovim meraama se uvode dodatni troškovi za emitere GHG gasova sa ciljem da ih usmeri na smanjenje emisije i uvođenju energetski efikasnijih tehnoloških rešenja kao i na korišćenje obnovljivih izvora energije. Ovo se postiže na dva principijelna načina. Prvi je ograničavanje nivoa emisije GHG gasova uz izdavanje dozvola za emisiju i omogućavanja trgovanje sa njima, a drugi je jednostavno uvođenje taksi na emisiju GHG gasova što bi trebalo samo po sebi da dovede do smanjenja emisije GHG gasova, bez uvođenja administrativnih zabrana. Najveće tržište trgovine emisijama GHG gasova je baš tržište Evropske unije (EU ETS).

Inače, Evropska unija prednjači u svetu po pitanju smanjenja GHG gasova. Ne samo da su prevazišli nivo smanjenja GHG gasova u odnosu na ograničenja prema Kjoto Protokolu već su u svojim strateškim planovima energetike i borbe protiv klimatskih promena postavili vrlo ambiciozne ciljeve. U toku je realizacija ciljeva do 2020. godine do kada bi trebalo da se na nivou EU smanji emisija GHG gasova za 20 %, poveća učešće obnovljivih izvora energije za 20% i da se poveća energetska efikasnost za 20 %, a sve to u odnosu na 1990. godinu. Zakonski obavezujućim dokumentima su već postavljeni i ciljevi za 2030. godinu gde su ovi procenti povećani na 40 %, 27 % i 27% respektivno. U strateškim dokumentima je naznačeno da je cilj

za Evropsku uniju da do 2050. godine smanji emisiju GHG gasova za 80% u odnosu na 1990. godinu!

Iako Republika Srbija nije obavezna da uvodi bilo kakva ograničenja u emisiji GHG gasova, u toku su definisanje mera i aktivnosti da se u okviru procesa o pridruživanju Evropskoj uniji naša politika prema klimatskim promenama uskladi sa njihovom. U toku je javna rasprava o Zakonu o klimatskim promenama za koji se smatra da će biti jedan od tzv. "krovnih" zakona Republike Srbije. Takođe je u toku izrada Nacionalne strategije u borbi protiv klimatskih promena kao i Akcioni plan za realizaciju te strategije. Ovo sve znači da se politika Republike Srbije prema emisiji GHG gasova usklađuje sa razvijenim zemljama a posebno sa politikom Evropske unije po ovom pitanju, a sve u skladu sa politikom pridruživanja Evropskoj uniji.

Stanje u energetici Republike Srbije nije povoljno sa aspekta emisije GHG gasova, prvenstveno zato što skoro 90 % primarne potrošnje energije potiče od uglja (preko 50 %), nafte i gasa, tj. fosilnih goriva. U Srbiji se emituje 5 – 6 puta više CO₂ po jedinici bruto društvenog proizvoda nego u zemljama OECD-a ili u Evropskoj uniji. Korišćenje obnovljivih izvora energije je nešto preko 21 % ali je u najvećoj meri rezultat proizvodnje električne energije korišćenjem hidro potencijala kao i korišćenje drva za zagrevanje domaćinstava.

Posmatrano sa druge strane, ovakvo stanje pruža i velike mogućnosti za smanjenje GHG gasova: povećanjem udela OIE, kao i uvođenjem novih i energetski efikasnijih tehnoloških rešenja u proizvodnji električne energije i u privredi uopšte. Za ovo nam je prvenstveno potreban odgovarajući pravni i ekonomski okvir, na čemu se intenzivno radi, odgovarajuća investiciona sredstva, ali i volja kao i podizanje svesti o potrebi smanjenja emisije GHG gasova i borbe protiv klimatskih promena.

Literatura

1. Climate Change 2014 Synthesis Report Summary for Policymakers, This Synthesis Report is based on the reports of the three Working Groups of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), including relevant Special Reports. It provides an integrated view of climate change as the final part of the IPCC's Fifth Assessment Report (AR5)
https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf.
2. Global Warming – Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Global_warming.
3. Parry, Ian W.H. and Pizer, William A., 2007. ["Combating Global Warming: Is Taxation or Cap-and-Trade a Better Strategy for Reducing Greenhouse Emissions."](#) *Regulation* 30: 18-22.
4. United Nations Framework Convention on Climate Change, <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>.
5. "Kyoto Protocol" (http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php).
6. Paris Agreement, <https://parisagreement.org/>.
7. State and Trends in Carbon Trading 2018, Report by the World Bank, Washington DC, 2018, <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/29687/9781464812927.pdf?sequence=5&isAllowed=y>.
8. "Cap and Trade: Key Terms Glossary" (<https://web.archive.org/web/20171005153958/http://www.c2es.org/docUploads/climate101-captrade.pdf>).
9. Gupta, S.; et al. (2007). "13.2.1.2 Taxes and charges". [Policies, instruments, and co-operative arrangements](#). Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (B. Metz et al. Eds.).
10. IPCC (2014). "Social, Economic and Ethical Concepts and Methods" (https://web.archive.org/web/20140629235647/http://report.mitigation2014.org/drafts/final-draft-postplenary/ipcc_wg3_ar5_final-draft_postplenary_chapter3.pdf).
11. Energetski bilans Republike Srbije za 2017. godinu, <http://www.mre.gov.rs/dokumenta-efikasnost-izvori.php>.
12. Air Emissions Account in the Republic of Serbia, 2013 and 2014, Statistical Office of the Republic of Serbia, Statistical Release NR70, Number252- Year LXVI, 20.09.2016.
13. IEA, Statistics – Global energy data at your fingertips, <https://www.iea.org/statistics/?country=WORLD&year=2016&category=Key%20indicators&indicator=TPESbySource&mode=chart&categoryBrowse=false&dataTable=BALANCES&showDataTable=false>.
14. National Renewable Energy Action Plan of The Republic of Serbia, 2013, <http://www.mre.gov.rs/dokumenta-efikasnost-izvori.php>.

2. Obnovljivi izvori energije

Od početka industrijske revolucije (sredinom XVIII veka) pa nadalje ljudska civilizacija je zadovoljavala svoje potrebe za energijom uglavnom korišćenjem fosilnih izvora energije kao što su ugalj, nafta i prirodni gas. Međutim, sazrela je svest da su ovi izvori konačni, tj. da će u relativno skoroj budućnosti (predikcije se kreću od 50 godina do nekoliko vekova), biti iscrpljeni. Nekoliko zadnjih decenija smo svedoci značajnih i zabrinjavajućih globalnih klimatskih promena kao posledica globalnog zagrevanja.

Cilj ovog kursa je da se podigne naša svest o klimatskim promenama i potrebi da se naši napor usmere u borbu protiv daljih negativnih aspekata ovih promena, u prvom redu globalnog zagrevanja. Ova borba nije moguća ukoliko čovečanstvo ne počne da značajno smanjuje potrošnju fosilnih goriva, tj. ne smanji produkciju gasova sa efektom staklene bašte. Ovo danas nije moguće bez korišćenja alternativnih, tj. obnovljivih izvora energije.

Želja je da ovaj kurs bude dodatni podsticaj za relevantna stručna lica, odgovorna lica u lokalnim samoupravama kao i odgovornim licima u republičkim organima i ministarstvima da svi zajedno utičemo na što veće korišćenje obnovljivih izvora energije i na uvođenje mera i tehnoloških rešenja sa visokim stepenom energetske efikasnosti.

Najkraće rečeno, obnovljivi izvori energije (skraćeno OIE) su oni izvori energije koji se dobijaju iz prirodnih procesa koji se konstantno obnavljaju. U suštini, svi OIE (pa i sva fosilna goriva) vode direktno ili indirektno poreklo od sunčeve energije. To uključuje električnu energiju i toplotu dobijenu iz izvora kao što je sunčeva svetlost, vetra, okeana, hidroenergije, biomase i geotermalne energije kao i biogoriva i vodonika dobijenog iz obnovljivih izvora.

Suštinska razlika između fosilnih goriva i OIE je pitanje održivosti, tj. usklađenost potrošnje energije za izvorom energije. Kada je reč o fosilnim gorivima, akumulacija energije se odvijala stotinama hiljada, pa i milionima godina a sa ovakvom potrošnjom verovatno će se iscpeti za manje od hiljadu godina. Kod OIE održivost je osigurana jer je potrošnja energije praktično usklađena sa izvorom, tj. sa tekućim raspoloživom energijom sunca, bilo da je ona u formi direktne sunčeve energije, ili transformisana u vidu energije vetra, u vidu hidropotencijala, u biomasi (uz usklađivanje potrošnje energije sa godišnjim prirastom biomase), ili u samoj zemlji (u vidu geotermalne energije).

Jedino korišćenje OIE omogućuje održivi razvoj energetike čovečanstva, tj. zadovoljenje njegovih potreba za energijom i u dalekoj budućnosti, nešto što fosilni izvori energije, pa ni atomska energija, ne mogu da obezbede. Jedina druga mogućnost koja se sagledava je energija koja se oslobađa tokom procesa fuzije – tj. procesa spajanja atoma (današnji nuklearni reaktori rade na principu fisije, tj. cepanja atoma), ali je procena da će biti potrebno mnogo vremena za razvoj ove tehnologije i da je uspeh neisvestan i pored ogromnog ulaganja visoko rezvijenih zemalja.

Inače danas se nešto oko 38 % svetske proizvodnje električne energije dobija korišćenjem uglja, a gas učestvuje sa oko 23 % i hidropotencijal sa oko 16 %. Obnovljivi izvori energije obezbeđuju danas samo oko 8,4 % svetske proizvodnje električne energije, ali je njihov udio u zadnjih 10 – tak godina porastao za oko 2 % dok je nuklearna energija opala za oko 3,4 % kao i ugalja za oko 3,1 %. U 2017. godini je proizvodnja električne energije u svetu porasla za oko 17 %, a obnovljivi

izvori energije su doprineli polovini tog porasta. Posmatrajući porast ukupne potrošnje primarne energije u 2017. godini u svetu, obnovljivi izvori energije su dali doprinos tom porastu od oko 27 %. U više zemalja je udeo obnovljivih izvora energije u proizvodnji električne energije veći od 20 %, kao što su: Nemačka, Španija, Velika Britanija, Italija, Portugal, Danska, Finska, Irska i Novi Zeland [1, 2].

2.1 Energija Sunca

Sunčeva energija je posledica više procesa koji se odigravaju u našem Suncu od kojih je najvažniji proces transformacije vodonika u helijum pri čemu se gubi jedan deo materije ali se proizvodi energija. Energija stvorena u unutrašnjosti sfere Sunca na temperaturama od nekoliko miliona stepeni se zrači u kosmos i prenosi do površine Sunca. Solarna konstanta predstavlja količinu sunčeve energiju u jedinici vremena po jedinici površine upravne na pravac prostiranja zračenja na gornjoj granici atmosfere, kada se Zemlja nalazi na srednjem odstojanju od Sunca i iznosi oko 1370 W/m^2 .

Solarnu energiju primamo u obliku svetla i toplotne a nakon konvertovanja u različitim solarnim sistemima ona se može koristiti za dobijanje toplotne ili električne energije. Postoje dve vrste solarnih sistema koji se koriste za proizvodnju električne energije:

- Fotonaponski (na engleskom: PV – photovoltaic) moduli konvertuju sunčevu energiju u električnu – prilikom apsorbovanja svetlosne energije atomi emituju elektrone i tako se stvara fotoelektrični efekat (Slika 1a).
- Sunčeva energija se fokusira putem ogledala u tačku maksimalne proizvodnje toplotne energije iz koje se konvencionalnim metodama (parnom turbinom ili na drugi način) proizvodi električna energija (Slika 1b).



a)

b)

Slika 2.1. Fotonaponski moduli (a), Koncentrisanje sunčeve energije putem ogledala (b)

Tehnološki napredak u proizvodnji efikasnijih fotonaponskih modula i opadanje cene njihove proizvodnje su dovele do ubrzanog korišćenja solarne energije za proizvodnju električne energije u svetu. Samo u 2017. godini je instalisano novih kapaciteta u iznosu od 97,000 MW (radi poređenja: ukupna instalirani kapaciteti za proizvodnju električne energije u Srbiji su ispod 10,000 MW), tako da je sada ukupno instalisano oko 400,000 MW u svetu. Ovo predstavlja porast od oko 32 % u odnosu na 2016. godinu! Kapacitet se praktično učetvorostručio u zadnjih 5 godina. Najveći porast u 2017. godini je zabeležen u Kini (53,000 MW) i SAD (11,000 MW).

Danas oko 1,7 % ukupne proizvodnje električne energije u svetu potiče od solarne energije. Iako na prvi pogled to nije značajan udeo, u suštini on predstavlja rezultat vrlo velikih ulaganja koji je doveo do dupliranja ovog udela u samo 3 poslednje

godine, i predstavlja 20 % celokupnog povećanja proizvodnje električne energije u 2017. godini [1, 2].

2.2 Energija veta

Energija veta se koristi tako se kinetička energija vazduha pretvara u mehaničku energiju korišćenjem rotora sa lopaticama (principijelno isto kao kod vetrenjača), tj. turbina. Nekada se ova mehanička energija koristila direktno (za npr. mlevenje žitarica ili za navodnjavanje) ali se danas uglavnom koristi za pokretanje generatora koji zatim proizvode električnu energiju, Slika 2.2. Prečnik rotora može biti do 120 m, dok je težina jedne elise do 20 tona, a visina stuba sa vetrogeneratorom do 130 m. Kompletan vetrogenerator može da teži oko 200 t. Skup više turbina se naziva vetrofarma (može ih biti i više stotina), a čitavo postrojenje vetroelektrana.



Slika 2.2. Turbine koje pokreće vetrar

Vetroarme se mogu postavljati na kopnu ali i na morskoj površini gde duvaju jači vetrovi. Energija veta, kao i sunca, nije konstantna, pa i snaga vetroelektrane varira u širokim granicama. Stoga je neophodno da se koristi u spremi sa proizvodnjom električne energije iz drugih izvora (energije hidropotencijala ili iz fosilnih izvora). Globalno gledajući, procenjeno je da je tehnički potencijal energije veta 40 puta veći od trenutne potrošnje energije.

U 2017. godini kapacitet vetroelektrana u svetu se povećao za oko 10 % i dostigao vrednost od oko 540,000 MW. Proizvodnja električne energije je dostigla 4,4 % ukupne svetske proizvodnje električne energije.

U Evropskoj uniji se oko 11,6 % električne energije proizvodi u vetroelektranama. Danska prednjači sa 43,4 % svoje proizvodnje električne energije u vetroelektranama. Više od 15 % električne energije se u Irskoj, Litvaniji, Nemačkoj, Portugalu i Španiji proizvodi u vetroelektranama. Skoro 90 zemalja u svetu koristi vetroelektrane za njihovu proizvodnju električne energije. Inače Kina je zemlja sa najvećim instalisanim kapacitetom vetroelektrana od 164,000 MW [1, 2].

2.3 Energija hidropotencijala

Ljudska civilizacija odavno koristi snagu vode, pretvarajući njenu kinetičku i/ili potencijalnu energiju, kada se kreće i/ili menja visinu, u koristan rad ili električnu energiju. S obzirom da je voda oko 800 puta gušća od vazduha, čak i spori vodotokovi mogu imati značajan energetski potencijal. Međutim, hidropotencijal se

može koristiti i na mnogo drugih načina kada se uzmu u obzir i temperaturske razlike i gradijent u salinitetu:

1. Hidroelektrane velikih dimenzija (smatraju se one preko 10 MW instalisane snage) koje koriste hidropotencijal većih i srednjih reka, kao što je slučaj sa našom hidroelektranom na Đerdapu. Najveći deo svetske proizvodnje električne energije se dobija iz ovakvih sistema.
2. Hidroelektrane malih dimenzija (do 1 MW instalisane snage) i srednjih dimenzija (u rasponu od 1 – 10 MW instalisane snage) koje koriste hidropotencijal malih rečnih vodotokova. Mogu biti bez brane (koristi se samo kinetička energija kretanja vode) ili sa branom (koristi se potencijalna energija usled promene visine), kada se vrši i akumulacija vode.
3. Korišćenje snage okeana i mora:
 - a. Korišćenje kinetičke energije morskih struja. Za sada su ovi sistemi u eksperimentalnoj fazi ali mogu biti korisni na onim mestima gde su morske struje značajne.
 - b. Korišćenje temperaturske razlike okeana između toplije površine okeana i hladnijih dubina za ostvarivanje kružnog toka (hladnija struji na dole a toplija na gore) a time i kinetičke energije morske vode. I ovi sistemi su tek u razvojnoj fazi.
 - c. Korišćenje snage morskih plima i oseka, i to potencijalne energije (usled promene nivoa) i kinetičke energije (usled kretanja morske vode).
 - d. Korišćenje snage talasa, tj. ciklične promene nivoa morske vode. Postoje i komercijalna postrojenja ovog tipa.
 - e. Korišćenje gradijenta saliniteta, tj. snage osmoze usled razlike u salinitetu morske i rečne vode.
4. Korišćenje dubokih vodenih masa (obično jezera) kao toplotni ponor. Na dnu ovakvih masa su temperature značajno niže od temperature spoljašnje okoline, pa se to koristi za hlađenje i klimatizaciju čitavih naselja u blizini ovakvih vodenih masa.

U zadnjih 10 – tak godina se proizvodnja električne energije korišćenjem hidropotencijala povećava u proseku za skoro 3% godišnje i tekuća instalisana snaga hidroelektrana u svetu je preko 1,000,000 MW (skoro 1/3 ukupne svetske instalisane snage je u Kini). Preko 16 % ukupne svetske proizvodnje električne energije se dobija iz hidroelektrana. Oko 70 % ukupno proizvedene električne energije iz svih obnovljivih izvora energije se dobija korišćenjem hidropotencijala [1, 2].

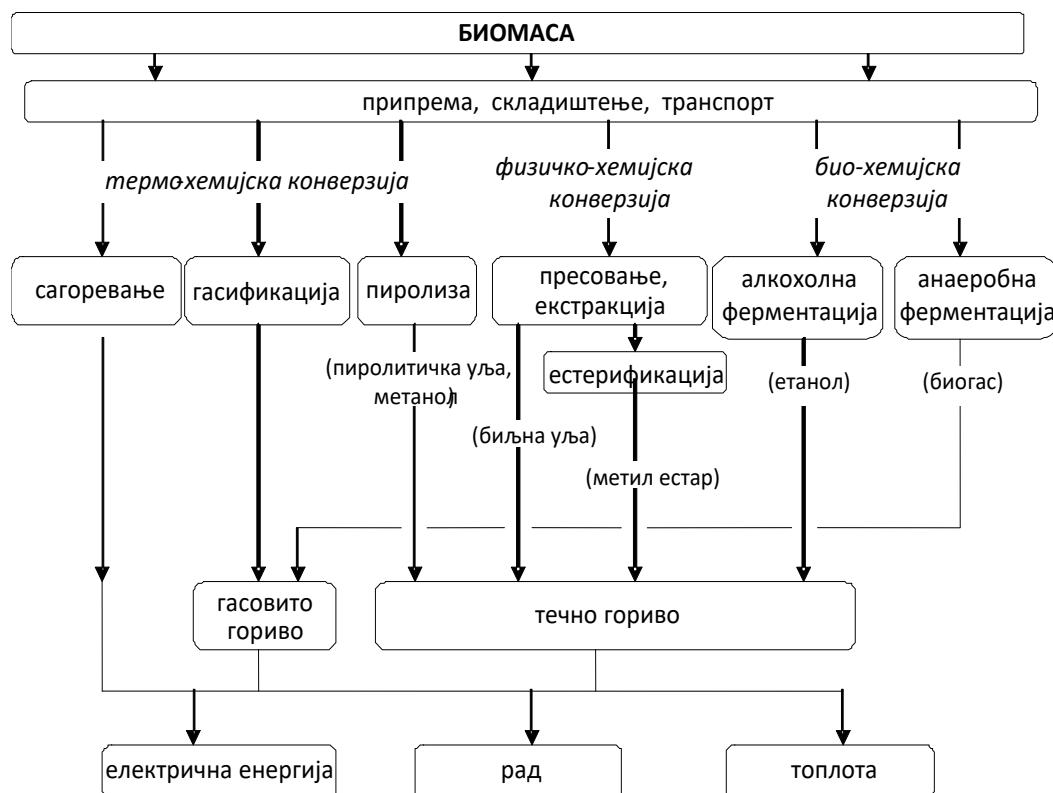
2.4 Energija iz biomase

Biomasa je opšti pojam koji obuhvata živu (ili donedavno živu) materiju, biljnog ili životinjskog porekla, koje se može koristiti kao izvor energije ili za industrijsku proizvodnju. Biomasa se smatra obnovljivim izvorom energije, jer se ona fizički obnavlja razvojem sledeće generacije biljaka. Iako se pri dobijanju energije iz biomase (bez obzira na tehnologiju koja se koristi) oslobađa ugljendioksid (CO_2), biomasa se smatra da je CO_2 neutralna jer biljke upotrebljavaju CO_2 za fotosintezu i za rast, pa ne postoji neto prinos pa time ni neto povećanje koncentracije ovog gasa u atmosferi.

Mogu se razlikovati sledeći glavni oblici biomase:

- Drvna biomasa (šumsko drvo za ogrev, ostaci i otpad od šumskog drveća nastao pri piljenju, brušenju, blanjanju, i sl.).
- Ostaci i otpaci iz poljoprivrede (slama, kukuruzovina, oklasak, stabljike, koštice, ljeske, i dr.).
- Životinjski otpad i ostaci.
- Biomasa iz otpada (tzv. zelena frakcija kućnog otpada, biomasa iz parkova i vrtova s urbanih površina, mulj iz kolektora otpadnih voda, i dr.).

Kao što se vidi, za razliku od drugih izvora energije, biomasa predstavlja skup vrlo heterogenih materija sa izuzetno različitim svojstvima (oblikom, veličinom komada, čvrstoćom, sadržajem vlage, hemijskim sastavom, ...). Na Slici 2.3 je dat šematski prikaz važnijih načina konverzije biomase sa ciljem da se energetski valorizuje, tj. da se dobije direktni rad, toplota ili električna energija.



Slika 2.3. Mogući postupci korišćenja i konverzije biomase kao izvora energije

U izvornom obliku, biomasa je u čvrstom stanju, sa manjim ili većim sadržajem vlage. Može se koristiti direktno za dobijanje toplotne ili električne energije, a može se raznovrsnim procesima konverzije (transformacije) prevesti u tečna biogoriva ili u biogas.

Tečna biogoriva podrazumevaju dve grupe proizvoda: bioalkoholi (kao što je bioetanol) ili bioulje (kao što su biodizel i čisto biljno ulje) i mogu se koristiti u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem ili sagorevati u bojlerima. Prva generacija biogoriva su biogoriva sastavljena od šećera, skroba, biljnog ulja i životinjskih masti, korišćenjem konvencionalnih tehnologija. Osnovne sirovine za proizvodnju biogoriva prve generacije najčešće su žitarice i semenje, od kojih su neke pogodnije za proizvodnju bioetanola a druge za biodizel. Biogoriva druge generacije se oslanjaju na praktično iste sirovine kao i kod prve generacije biogoriva ali su razvijene i dalje se razvijaju nove tehnologije prerade. Biogoriva treće generacije se baziraju na

algama za koje se smatra da će obezbediti bar desetostruki prinos biogoriva po hektaru.

Bioplín se dobija anaerobnom razgradnjom ili fermentacijom organskih materija (uz pomoć mikroorganizama u sredini bez kiseonika) i može se dobiti praktično od bilo koje polazne biomase. U suštini, bioplín je smeša više gasova ali od onih korisnih metan je najdominantniji. Nastali čvrsti otpad se može dalje koristiti kao biogorivo ili kao gnojivo.

Svake godine na Zemlji nastaje oko 2,000 milijardi tona suve biomase. Od toga se za hranu koristi samo oko 1,2%, a po 1 % za proizvodnju papira i kao gorivo. Ostatak od oko 96 % trune, ostajući u šumama i poljima ili završavajući kao komunalni otpad ili otpad pri industrijskoj preradi i proizvodnji.

Od početka civilizacije biomasa je bila glavni izvor energije, a to je i danas za skoro 50 % stanovništva u svetu (uglavnom u vidu topotne energije). Inače biomasa je danas najvažniji obnovljivi izvor energije u svetu, i dolazi odmah iza uglja, nafte i gasa, obezbeđujući oko 10 % ukupne svetske potrošnje primarne energije. Oko 85 % energije koja se dobija iz biomase je u vidu šumske biomase [1, 2, 3].

Procenjuje se da je tehnički raspoloživa biomasa dovoljna da zadovolji ukupnu današnju potrošnju energije u svetu, pa čak i onu koja se predviđa u 2050. godini.

2.5 Geotermalna energija

Geotermalna energija je energija akumulirana u samoj Zemlji, obično kilometrima daleko u zemljinoj kori. U zavisnosti od temperaturskog potencijala geotermalni izvori se dele u tri grupe: izvori sa visokim temperaturskim potencijalom ($> 180^{\circ}\text{C}$), srednje temperaturskim potencijalom (100 - 180°C), i nisko temperaturskim potencijalom ($< 100^{\circ}\text{C}$). Dalja podela se može izvršiti prema preovlađujućem mehanizmu prenosa toplote (konvekcija ili kondukcija), tj. principu i načinu iskorišćenja geotermalne energije. Konvektivni hidrotermalni sistemi predstavljaju zone gde zemljina toplota dospeva na površinu usled konvektivnog kretanja (cirkulacije) prirodnog fluida (topla voda, para, ili njihova mešavina). Većina geotermalnih izvora spadaju u ovu vrstu ali ima i konduktivnih geotermalnih izvora, tj. zona sa zagrejanim masama kamenja čiju toplotu koristimo ubrizgavanjem vode koja se zagreva i isparava i koju zatim sprovodimo na površinu radi korišćenja.

Kada je reč o tehnologijama za proizvodnju električne energije korišćenjem geotermalnih izvora, razlikuju se tri tipa elektrana: postrojenja sa suvom parom, postrojenja s isparavanjem (jednostrukim i dvostrukim), i binarna postrojenja.

Najjednostavnija su postrojenja sa suvom parom i koriste se ukoliko uslovi dozvoljavaju da se iz dubina izvlači samo suva para za pogon parnih turbine koje okreću generator električne energije. Ove elektrane su slične termoelektranama na ugalja i jedina je razlika u načinu "proizvodnje" pare.

Međutim, ukoliko se iz dubina može izvlačiti mešavina pare i vode, koriste se elektrane sa isparavanjem. U njima se prvo vrši razdvajanje pare od vode a zatim, posle potpunog isparavanja, para se koristi za pogon parne turbine.

Kod izvora sa niskim temperaturskim potencijalom, tj. kada imamo samo toplu vodu, moraju se koristiti tzv. binarna postrojenja. U njima se topla voda koristi za zagrevanje posebnog fluida (organsko jedinjenje) koje na tim temperaturama isparava pa može služiti za pogon gasne turbine.

Kondenzovana para i ostatak geotermalne vode u sva tri tipa elektrana se ubrizgavaju nazad u zemlju da se ponovo zagreva.

Danas postoje tehnološke mogućnosti za eksploraciju energije stena do dubine od 10 km, ali je na većim dubinama ova energija mnogostruka veća i nama trenutno nedostupna.

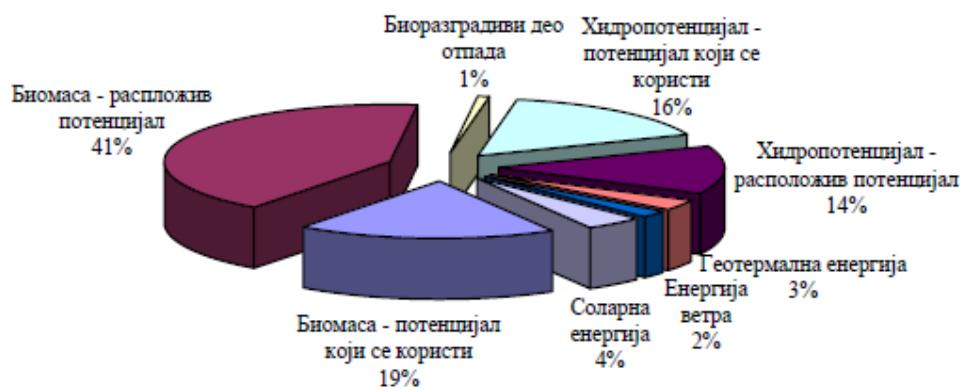
Rasprostranjeno je korišćenje geotermalne energije za grejanje i klimatizaciju zgrada. Tada bušotine ne moraju biti dublje od nekoliko metara ili desetina metara. Takvi sistemi koriste toplotne pumpe i zimi mogu crpeti topлоту iz zemlje i zagrevati stambeni prostor a leti mogu topлоту iz stambenog prostora deponovati u zemlju. Rad ovakvih sistema je skoro u potpunosti isti kao kod klima uređaja.

Porast kapaciteta geotermalnih elektrana u svetu je oko za 4,3 % u 2017. godini is danas iznosi preko 14,000 MW (oko 3,700 MW u SAD, 1,900 MW na Filipinama kao i u Indoneziji, oko 1,000 MW u Novom Zelandu). Udeo geotermalne energije u globalnoj proizvodnji električne energije je relativno mali i iznosi oko 0,3 % ali u nekim zemljama je vrlo značajan (40 % u Keniji, 25 % na Islandu, 18 % na Novom Zelandu) [1, 2].

Ako uzmemo u obzir mogućnost iskorišćenja ove energije do dubine od 3 km, njene globalne zalihe su 2.000 puta veće od rezervi uglja. Prema brojnim studijama, procenjuje se da je tehnički potencijal za proizvodnju električne energije takav da geotermalni izvori mogu zadovoljiti 10 – 100 puta veću proizvodnju električne energije od današnje.

2.6. Obnovljivi izvori energije u Republici Srbiji

Niz studija ukazuju da je ukupan tehnički raspoloživ potencijal obnovljivih izvora energije (skraćeno: OIE) oko 5,6 miliona tona ekvivalenta nafte godišnje, tj. oko 5,6 Mton/g [4, 5, 6]. Udeo pojedinih vidova obnovljivih izvora energije je dat na Slici 2.4. Vidi se da je najveći potencijal u biomasi (oko 60 % od ukupnog potencijala OIE) ali se danas koristi samo oko 1/3 njegovog potencijala. Na drugom mestu je hidropotencijal (oko 30 % od ukupnog potencijala OIE, a koristi se oko polovine tog potencijala), a svi ostali vidovi OIE (energija vetra, solarna energija geotermalna energija i dr.) predstavljaju samo oko 10 % ukupnog potencijala OIE.



Slika 2.4. Struktura OIE u Srbiji [6]

2.6.1. Potencijal energije iz biomase

Biomasa u Srbiji nije ravnomerno raspoređena. Šumska biomasa je više zastupljenija u južnjim – brdovitijim delovima zemlje, dok je poljoprivredna više zastupljena u severnim – ravničarskim krajevima zemlje.

Struktura čvrste biomase koja se može koristiti za energetske svrhe u Srbiji je prikazana u Tabeli 2.1.

Tabela 2.1. Procena structure potencijala čvrste biomase u Srbiji

Vrsta	Struktura	Energetski potencijal (%)	Ukupno (%)
Šumska biomasa	Drvo za ogrev	15,5	40,0
	Drvni otpad posle seče	21,3	
	Drvni otpad iz industrije	3,2	
Poljoprivredna biomasa	Ratarstvo	37,0	60,0
	Voćnjaci i vinogradi	23,0	
		100,0	100,0

Ukoliko želimo da koristimo biomasu za proizvodnju električne energije, prvo treba razmotriti mogućnost izbora tehnologije kogenerativne proizvodnje električne i toplotne energije. U ovim, tzv. CHP postrojenjima, ukupan stepen energetskog iskorišćenja biomase može biti veći od 85 %, dok u konvencionalnim postrojenjima za proizvodnju električne energije faktor iskorišćenja biomase (ili bilo kog drugog goriva) praktično ne može biti veći od 30 - 40 %.

2.6.2. Potencijal energije Sunca

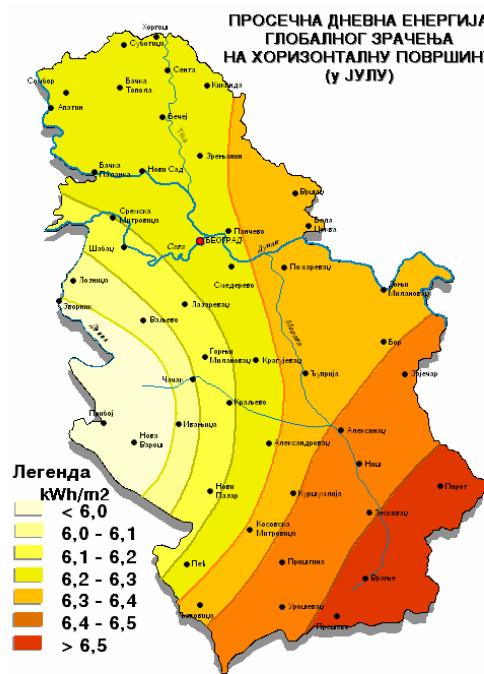
Srbija ima znatno veći broj časova Sunčevog zračenja nego većina evropskih zemalja. Broj časova sunčevog zračenja na teritoriji Srbije iznosi između 1.500 i 2.200 časova godišnje. Prosečan intenzitet sunčevog zračenja je od 1,1 kWh/m²/dan na severu do 1,7 kWh/m²/dan na jugu – tokom januara, a od 5,9 do 6,6 kWh/m²/dan – tokom jula, videti Sliku 2.5. Prosečna vrednost energije zračenja iznosi od 1.200 kWh/m²/godišnje u severozapadnoj Srbiji, do 1.550 kWh/m²/godišnje u jugoistočnoj Srbiji, dok u centralnom delu iznosi oko 1.400 kWh/m²/godišnje [6, 7].

2.6.3. Potencijal energije vetra

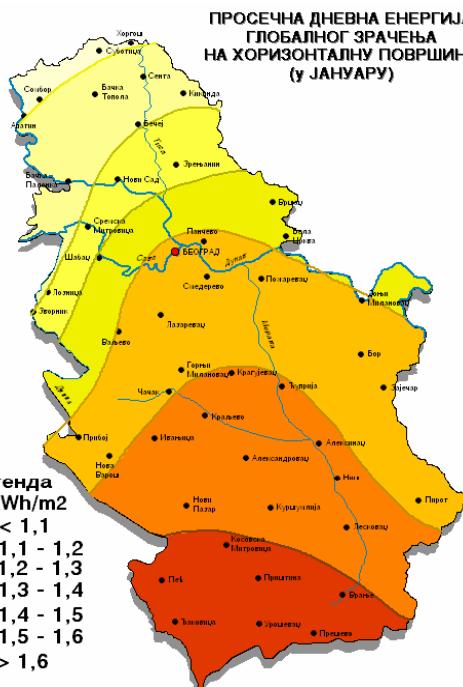
Republika Srbija nažalost ne spada u zemlje sa visokim potencijalom energije vetra (tj. zastupljenosću i snazi vetrova). Na Slici 2.6 je prikazana geografska raspodela prosečnih godišnjih vrednosti energije vetra koje je potencijalno moguće iskoristiti.

Najveći potencijal energije vetra u Srbiji nalazi se u košavskom području kao što su južni Banat i istočna Srbija, zatim na istočnoj strani Kopaonika, na području Zlatibora, Peštera i na lokalitetima planinskih prevoja na nadmorskim visinama iznad 800m, kao i u dolinama reka Dunava, Save i Morave.

U toku je realizacija programa izgradnje oko 500 MW kapaciteta vetrofarmi u Srbiji. Veće je izgradjeno oko 16 MW na dve lokacije a u toku su aktivnosti da se realizuju projekti na još 7 lokacija od kojih je najveći ukupne instalisane slike od skoro 160 MW na Čibuku [6, 7].



Slika 2.5. Potencijal sunčeve energije na teritoriji Republike Srbije



Slika 2.6. Prosečna ukupna godišnja energija veta u Republici Srbiji na visini od 100m (kWh/m²)

Inače prosečno bi se u Srbiji moglo proizvesti oko 105 GWh električne energije godišnje u vetrofarmi koja zauzima prostor od jednog kvadratnog kilometra. To znači da ako bi se na oko 0,5 % ukupne teritorije Srbije (oko 385 km²) izgradile vetrofarme, moglo bi se dobiti 40000 GWh električne energije što odgovara tekućoj godišnjoj proizvodnji [6, 7].

2.6.4. Hidropotencijal

Ukupan tehnički iskoristiv hidro potencijal svih rečnih tokova Srbije iznosi preko 27000 GWh/god što iznosi oko 2/3 tekuće ukupne godišnje proizvodnje električne energije u Srbiji. Od ovoga, tehnički iskoristivi potencijal iznosi oko 20000 GWh/god a do sada je već iskorišćeno oko 10000 GWh/god ovog potencijala [6, 7].

Postoje planovi za iskorišćenje ostatka hidro potencijala. Određeno je više od 50 lokacija sa predviđenim potencijalom preko 10 MW i više od 850 lokacija na kojima je moguće ukupno instalirati oko 450 MW (malih elektrana u rasponu od 100 kW do 10 MW), i to na sledećim vodotokovima: Kolubara, Velika Morava, Ibar, Timok, Pek, Mlava, Pčinja, i naravno kanal Dunav-Tisa-Dunav [6, 7].

2.6.5. Potencijal geotermalne energije:

U odnosu na prosečne vrednosti u Evropi naša zemlja se ističe značajnim hidrogeološkim i geotermalnim resursima budući da količina geotermalne toplote u Srbiji, toplota koja izbija na površinu Zemlje, obračunata po jednom m² u svakoj sekundi, iznosi više od 100 mW/m², dok je usrednjeni evropski potencijal oko 60 mW/m² [6, 7].

Prema nekim podacima Srbija ima čak 360 izvorišta termalnih i termomineralnih voda (s temperaturom koja se kreće od 14 do 98 stepeni) [6, 7]. Međutim, iako stručnjaci navode da je ukupna količina toplote geotermalnih resursa u Srbiji oko dva puta veća od toplote koja bi se generisala iz domaćih rezervi uglja, ovaj potencijal gotovo uopšte nije iskorišćen. Mi uglavnom koristimo vodu sa geotermalnih izvora ili

bušotina u terapeutske svrhe u brojnim termalnim banjama i sportsko-rekreacionim centrima, premda na neracionalan i neefikasan način.

2.7. Zakonodavni okvir za korišćenje OIE

Nacionalni akcioni plan za korišćenje obnovljivih izvora energije u Republici Srbiji iz 2013. godine je predviđao da će udeo OIE u ukupnoj bruto finalnoj potrošnji energije porasti na 27,0 % do 2020. godine (sa 21,2 % u 2011. godini). Povećano interesovanje za izgradnju objekata koji koriste OIE je započelo usvajanjem propisa i to:

- 1) Zakon o energetici („Službeni glasnik RS”, br. 145/2014);
- 2) Uredba o izmenama i dopunama uredbe o utvrđivanju programa ostvarivanja strategije razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine za period od 2007. do 2012. godine – obnovljivi izvori energije („Službeni glasnik RS”, broj 99/09);
- 3) Uredba o uslovima za sticanje statusa povlašćenog proizvođača električne energije („Službeni glasnik RS”, broj 56/2016), i
- 4) Uredba o merama podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem obnovljivih izvora energije i kombinovanom proizvodnjom električne i toplotne energije („Službeni glasnik RS”, broj 56/2016).

Ovim zakonskim i podzakonskim aktima je pitanje regulative za korišćenja OIE u Srbiji dosta dobro rešeno, praktično na nivou daleko razvijenijih zemalja. Već je planirana izgradnja vetro generatora ukupne snage od oko 500 MW i malih hidroelektrana ukupne snage oko 400 MW i dinamika realizacije ovih kao i drugih projekata će zavisiti od mogućnosti investiranja.

Uredbom navedenom pod rednim brojem 4 [8] su utvrđene i podsticajne otkupne cene za proizvedenu električnu energiju, a u zavisnosti od vrste i instalisane snage elektrane, kao i maksimalnog efektivnog vremena rad (prikazane u tabeli 4). Vidi se da se ove podsticajne cene kreću od 7,5 do 18,33 c€/kWh (za biomasu od 8,22 do 13,26 c€/kWh), a prosečna cena električne energije u Srbiji je oko 4 c€/kWh.

Za potencijalne investiture za energetska postrojenja na OIE preporučuje se sledeća literature koju je izdalo naše Ministarstvo rударства i energetike u saradnji sa UNDP: Vodič za investiture za projekte u oblasti OIE [9] i Vodič za investiture za postrojenja na biomasu [10], kao i Vodič kroz dozvole za izgradnju [11] koji je izdao USAID.

Tabela 2.4. Podsticajne otkupne cene za proizvedenu električnu energiju iz OIE [8].

Редни број	Врста електране повлашћеног производиоћача електричне енергије	Инсталисана снага P (MW)	Подстицајна откупна цена (c€/kWh)	Максимално ефективно време рада (h)
1.	Хидроелектрана			5000 у години подстицајног периода
1.1		до 0,2	12,60	
1.2		0,2-0,5	13,933-6,667*P	
1.3		0,5-1	10,60	
1.4		1-10	10,944-0,344*P	
1.5		10-30	7,50	
1.6	На постојећој инфраструктурни	до 30	6,00	5000 у години подстицајног периода
2.	Електране на биомасу			8600 у години подстицајног периода
2.1		до 1	13,26	
2.2		1-10	13,82-0,56*P	
2.3		преко 10	8,22	
3.	Електране на биогас			8600 у години подстицајног периода
3.1		0-2	18,333-1,111*P	
3.2		2-5	16,85-0,370*P	
3.3		преко 5	15	
4.	Електране на депонијски гас и гас из постројења за третман комуналних отпадних вода		8,44	8600 у години подстицајног периода

Tabela 2.4. (nastavak) Podsticajne otkupne cene za proizvedenu električnu energiju iz OIE

Редни број	Врста електране повлашћеног производиоћача електричне енергије	Инсталисана снага P (MW)	Подстицајна откупна цена (c€/kWh)	Максимално ефективно време рада (h)
5.	Електране на ветар		9,2	9000 у кварталу подстицајног периода
6.	Соларне електране			
6.1		на објекту до 0,03	14,60-80*P	1400 у години подстицајног периода
6.2		на објекту 0,03-0,5	12,404-6,809*P	
6.3		на земљи	9	
7.	Геотермалне електране		8,2	8600 у години подстицајног периода
8.	Електране са високоефикасном комбинованом производњом електричне и топлотне енергије на природни гас			8600 у години подстицајног периода
8.1		до 0,5	8,20	
8.2		0,5-2	8,447-0,493*P	
8.3		2-10	7,46	
9.	Електрана на отпад		8,57	8600 у години подстицајног периода

LITERATURA

1. IEA, Statistics – Global energy data at your fingertips, <https://www.iea.org/statistics/?country=WORLD&year=2016&category=Key%20indicators&indicator=TPESbySource&mode=chart&categoryBrowse=false&dataTable=BALANCES&showDataTable=false>.
2. Podaci o obnovljivim izvorima: <https://ourworldindata.org/renewables>, <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2016/10/World-Energy-Resources-Full-report-2016.10.03.pdf>, <https://yearbook.enerdata.net/electricity/world-electricity-production-statistics.html>, <https://renewablesnow.com/news/renewables-supply-25-of-global-power-in-2017-iea-606070/>.
3. Svetlana Ladanai, Johan Vinterbäck: Global Potential of Sustainable Biomass for Energy, SLU, Institutionen för energi och teknik Report 013, Swedish University of Agricultural Sciences ISSN 1654-9406, Department of Energy and Technology, Uppsala 2009.
4. Energetski bilans Republike Srbije za 2017. godinu, <http://www.mre.gov.rs/dokumenta-efikasnost-izvori.php>.
5. Air Emissions Account in the Republic of Serbia, 2013 and 2014, Statistical Office of the Republic of Serbia, Statistical Release NR70, Number252- Year LXVI, 20.09.2016.
6. National Renewable Energy Action Plan of The Republic of Serbia, 2013, <http://www.mre.gov.rs/dokumenta-efikasnost-izvori.php>.
7. Podaci o obnovljivim izvorima energije u Republici Srbije, Energetski portal Srbije, <https://www.energetskiportal.rs/obnovljivi-izvori-energije/>.
8. Uredba o merama podsticaja za proizvodnju električne energije korišćenjem obnovljivih izvora energije i kombinovanom proizvodnjom električne i toplotne energije („Službeni glasnik RS”, broj 56/2016), <http://www.mre.gov.rs/doc/efikasnost-izvori/Uredba%20o%20podsticajnim%20merama.pdf>.
9. Vodič za investiture za projekte u oblasti obnovljivih izvora energije, Izdavač Ministarstvo rударства и energetike и UNDP, <http://www.mre.gov.rs/doc/efikasnost-izvori/Vodic%20za%20IE%202016%20A4.pdf>, http://www.rs.undp.org/content-serbia/sr/home/library/environment_energy/guides-for-investors-in-renewable-energy-in-serbia1.html.
10. Branislava Lepotić Kovacević, Bojan Lazarević: Izgradnja postrojenja i proizvodnja električne/toplotne energije iz biomase u Republici Srbiji - vodič za investiture, treće izdanje, juni 2016, <http://biomasa.undp.org.rs/wp-content/uploads/2017/04/BILINGUAL-BRIEF-INVESTOR-GUIDE-BIOMASS-PLANTS-2016.pdf>.
11. Dragana Čukić, Dušan Vasiljević: Vodič kroz dozvole za izgradnju: od ideje do upotrebe objekta, USAID projekat “Za bolje uslove poslovanja”, <http://gradjevinskedozvole.rs/Files/00631/Vodic-kroz-dozvole-za-izgradnju.pdf>.

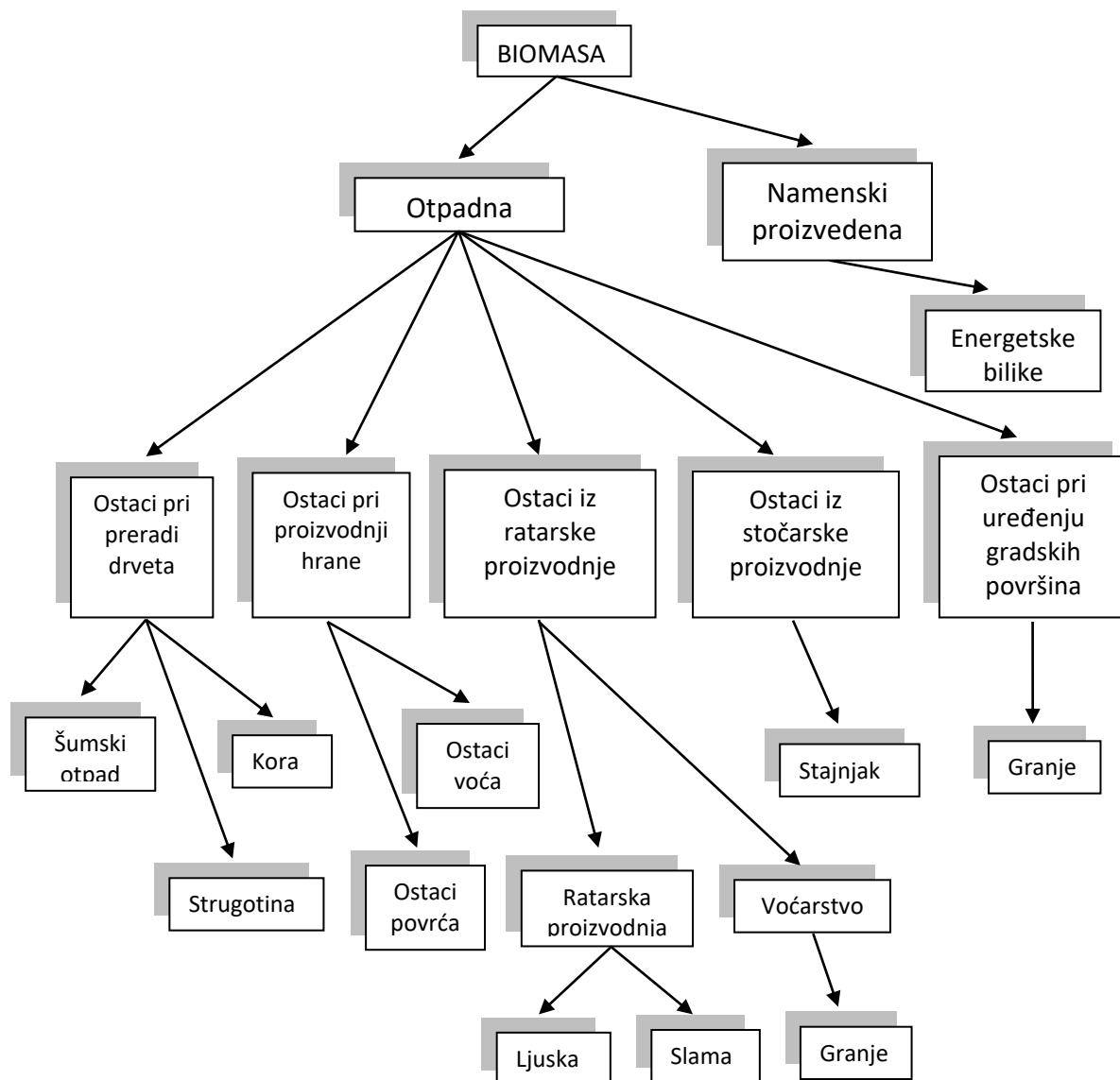
3. Biomasa

Biomasu u energetskom smislu čine sve materije biljnog i životinjskog porekla. Te materije su organskog porekla i konverzijom energije koju one sadrže mogu se dobiti neki oblici energije, kao što su toplota (sagorevanje) i hemijska energija (piroliza i gasifikacija), pa je sa energetskog stanovišta biomasa veoma značajan faktor. Poslednjih godina postaje sve aktuelnije pronalaženje najracionalnijih načina za dobijanje energije iz goriva niske energetske vrednosti tj. otpadnih materija pri preradi poljoprivrednih kultura, drveta, proizvodnji papira i dr [1].

Biljke u procesu fotosinteze koriste ugljen dioksid za stvaranje kiseonika (O_2) i povećanje sopstvene mase, pri čemu dolazi do smanjenja koncentracije CO_2 u atmosferi. Odavde se može zaključiti da se kod sagorevanja biomase bilans CO_2 u atmosferi ne menja, tj. proizvedeni ugljendioksid pri sagorevanju biljke ponovo apsorbuju u procesu fotosinteze. U svom sastavu biomasa sadrži izuzetno male količine sumpora (S) i mineralnih materija tako da je količina emitovanog sumpor dioksida i pepela zanemarljiva. Imajući sve ovo u vidu može se zaključiti da je, sa ekološkog stanovišta, biomasa veoma prihvativljiv izvor energije. Prilikom konverzije biomase u energiju neophodno je voditi računa da celokupan proces bude usaglašen sa tri osnovna uslova, a to su: zaštita životne sredine, energetska efikasnost i održivi razvoj. Prvi uslov je dobrom delom ispunjen samim izborom goriva, pri čemu je potrebno da tehnologija konverzije bude što savršenija, tako da se emisija štetnih jedinjenja (ugljenmonoksid i azotni oksidi) svede na najmanju moguću meru. Drugi uslov podrazumeva da sopstvena potrošnja energije procesa konverzije bude što je moguće manja, kako bi efektivni stepen konverzije bio što veći. Ovo je moguće ostvariti smanjenjem energije potrebne za pripremanje biomase za proces konverzije (sagorevanja), pa sledi da je najmanja energija za pripremu potrebna ako se biomasa koristi u što izvornijem obliku. Poslednji uslov u smislu održivog razvoja je ispunjen ako se koristi deo biomase koji predstavlja ostatak iz primarne poljoprivredne proizvodnje, tako da proizvodnja energije ni na koji način ne utiče na proces proizvodnje hrane što je osnovni cilj poljoprivredne proizvodnje. Bitno je istaći važnu karakteristiku biomase sa tačke gledišta održivog razvoja, a to je da je biomasa obnovljivi izvor energije. Pored toga, biomasa ne samo da je jeftin izvor energije, nego se njenim korišćenjem često rešava i problem odlaganja otpada.

3.1 Vrste biomase

U energetske svrhe, biomasa može da se koristi kao otpadna i namenski proizvedena (Slika 3.1.). Pod otpadnom biomasom se podrazumevaju ostaci iz poljoprivredne i industrijske proizvodnje i mogu se klasifikovati u pet grupa. Najobimnija i najznačajnija je grupa u koju spada otpadna biomasa nastala iz poljoprivredne proizvodnje. U nju pre svega spadaju ostaci iz ratarske proizvodnje (slama, ljeska, itd.) i voćarske proizvodnje (granje). Sledeću grupu predstavlja otpadna biomasa koja nastaje u industrijskoj preradi drveta (kora drveta, strugotina, šumski otpad, itd.). Ostaci koji nastaju preradom poljoprivrednih proizvoda u cilju proizvodnje hrane čine posebnu grupu u koju ulaze ostaci prilikom prerade voća i povrća (koštice i sl.). Pri uzgoju stoke javljaju se značajne količine otpada u vidu tečnog stajnjaka koji može biti veoma značajan sa energetskog stanovišta. Poslednju grupu čine ostaci koji nastaju prilikom uređenja gradskih zelenih površina u koje uglavnom spada granje [2].



Slika 3.1. Klasifikacija biomase

Kao potencijalna goriva za nas su, pre svega, najznačajniji ostaci iz ratarske proizvodnje jer se javljaju u velikim količinama pri proizvodnji i preradi žitarica, kao i u voćarstvu i vinogradarstvu. Najznačajnije i najzastupljenije ratarske kulture su pšenica i kukuruz. Količina balasta pri preradi poljoprivrednih kultura u Srbiji može biti čak i do tri puta veća od osnovnog proizvoda [2] što se može videti iz sledeće tabele.

Tabela 3.1. Odnos primarnog proizvoda i balasta u poljoprivrednoj proizvodnji:

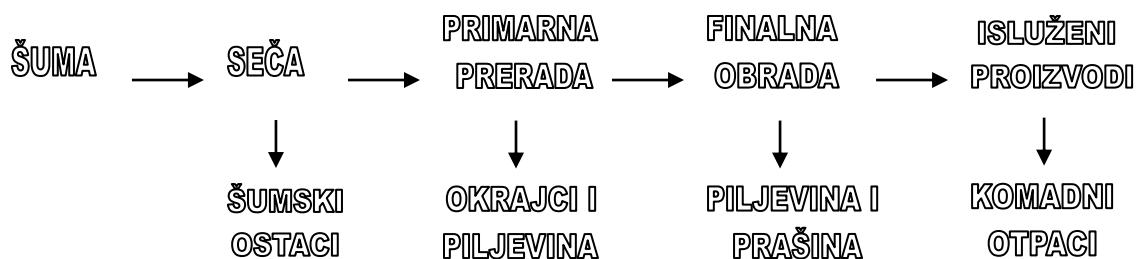
Biomasa	Odnos
Pšenica	1:1,0
Ječam	1:0,8
Raž	1:1,1
Kukuruz	1:1,1
Suncokret	1:2,5
Soja	1:2,0
Uljana repica	1:3,0

Pri gajenju voćarskih i vinogradarskih kultura i održavanju gradskih parkovskih površina vrši se rezanje. Proizvodi koji se javljaju pri rezanju (granje i lišće) predstavljaju problem pri njihovom uklanjanju i kasnjem uništavanju. Briketiranjem i sušenjem ovog otpada (tzv. granjevine), omogućava se njegovo iskorišćenje u energetske svrhe. Prosečan prinos poljoprivrednih kultura po jedinici površine prikazan je u Tabeli 3.2.

Tabela 3.2. Osnovne karakteristike poljoprivrednih ostataka [3]

Poljoprivredni ostatak	Prosečna godišnja proizvodnja, [t/ha]	Sadržaj vode u vreme žetve, [%]	Gornja toplotna moć, [MJ/kg]
Slaba pšenična slama	3-6	14-20	17,2-17,6
Jaka pšenična slama	3-5	14-20	17,2-17,6
Ostaci od drugih žitarica	3-5,5	14-20	13,8-14,2
Stabljike kukuruza	4,5-6	40-60	16,7-18,0
Kukuruzni oklasak i listovi	1,5-2,5	30-55	16,7-18,0
Ostaci pri rezanju vinove loze	3-4	45-55	18,0-18,4
Listovi i grančice pri rezanju maslinovog drveta	1-2,5	50-55	18,4-18,8
Ostaci od voća	2-3	35-45	18,0-18,4

Šume u Republici Srbiji pokrivaju približno 27,3% ukupne površine što iznosi oko 2,36 miliona hektara. Bukove šume u ukupnoj šumskoj masi imaju najveći udio 27,5%, hrastove oko 24,4% i ostali lišćari oko 8,5%. U ostaloj šumskoj masi mešovite šume zauzimaju približno 30% šumske površine. Četinari imaju udio od 9,5% od toga najveći procenat bora i smrče. U industrijskim namenama procenat korisnog drveta iznosi oko 58%, dok ostalih 42% čine otpadne grane i panjevi. Ovaj otpad se javlja neposredno pri seći drveta i njegovoj pripremi za transport. Svedeno na ukupni šumski potencijal ovaj otpad čini oko 3 miliona m³.



Slika 3.2. Šematski prikaz dobijanja otpadne biomase iz drvne industrije

Industrijska prerada drveta podrazumeva: mehaničku i hemijsku preradu. Mehanička prerada drveta podrazumeva promenu oblika drveta mehaničkim sredstvima, dok hemijska prerada podrazumeva promenu hemijskog sastava i fizičkih svojstava pod dejstvom hemijskih agenasa. Što se tiče mehaničke obrade, samo pri pilinskoj preradi drveta na otpad kod lišćara odlazi od 35-50% od ukupne zapremine drveta. Pri daljoj preradi do finalnog proizvoda, zavisno od primenjivanog postupka obrade, na otpad odlazi čak do 70% zapremine "pripremka". Ovome se može dodati i činjenica da su neke analize pokazale da se korišćenjem otpada pilinske prerade drveta u energetske svrhe mogu u potpunosti zadovoljiti energetske potrebe pilane [1]. Ostaci pri hemijskoj preradi drveta mogu biti: čvrsti, tečni i gasoviti. Delovanjem

hemijskih agenasa u proizvodnji celuloze otpad čini oko 10%, i to uglavnom u čvrstom stanju.

Naturalni tečni stajnjak (feces, ekskrementi) predstavlja mešavinu izlučevina domaćih životinja, koja se sastoji od čvrstog ili ugušćenog dela i tečnog dela. Naturalni tečni stajnjak kao potpuna mešavina oba dela, formira se kod svih vrsta i kategorija domaćih životinja. U praksi se najčešće pod ovim imenom smatra stajnjak proizveden kod tova svinja i junadi. Naime, ove kategorije se najčešće gaje u objektima sa rešetkastim podovima, odnosno bez korišćenja prostirke. Količine tečnog stajnjaka zavise od niza faktora, kao što su: vrsta i kategorija domaćih životinja, načina držanja i vrste hrane, fiziološkog stanja, faze reprodukcionog ciklusa, stepena i vrste aktivnosti životinja, meteoroloških i mikroklimatskih uslova i dr. (Tabela 3.3.).

Tabela 3.3. Količine stajnjaka goveda i svinja pri sadržaju suve materije od 10%, [2]

Vrste i kategorije životinja	Dnevna količina (m ³ /grlo)
Muzne krave	0,055
Junice	0,025
Junad tov	0,023
Telad tov	0,004
Suprasne krmače	0,007
Tovljenici	0,0045
Prasad	0,002

Tečni stajnjak ima izraženu osobinu raslojavanja. Pri tome se stvara talog i plivajući sloj. U oba slučaja ni talog niti kora nemaju sposobnost tečenja. Za njihovo pokretanje nužno je angažovanje spoljašnje energije. Raslojavanje tečnog stajnjaka zavisi od više faktora, a pre svega od vrste domaćih životinja kao i od intenziteta koloidne ili biološke aktivnosti. Stajnjak svinja je sklon taloženju. Goveđi stajnjak intenzivno gradi plivajući sloj. Kod živinskog tečnog stajnjaka raslojavanje je ujednačeno.

Namenski energetski zasadi mogu biti razvrstani na jednogodišnje (kineska šećerna trska, kenaf, konoplja, itd.), višegodišnje (miskantus španska trska, switchgrass, itd.) i zasade drveća (toplola, breza, bagrem). Najznačajniji predstavnik grupe jendogodišnjih biljaka je kineska šećerna trska. Ova biljka se kao pogodna za uzgoj izdvaja svojim karakteristikama koje se ogledaju u brzom rastu, odsustvom parazita, tehnicu uzgoja sličnom kukuruzu. Među višegodišnjim biljkama izdvajaju se španska trska, miskantus i topola. Španska trska je brzorastuća višegodišnja biljka bez parazita. Proizvodnja suve materije može da pređe 30t/ha godišnje, a žetva se obavlja uz pomoć mašina za košenje, sečenje i pakovanje krajem zime kada je sadržaj vlage iznosi čak i 50% ukupne mase. Miskantus je biljaka karakteristična po dobroj proizvodnji suve materije. Žetva ove biljke se obavlja krajem zime, ali je sadržaj vlage u njoj znatno niži nego kod španske trske i iznosi oko 20% čime se prave manji problemi prilikom skladištenja. Za topolu genetska selekcija je napravila nove hibride koji se karakterišu brzim rastom, odsustvom parazita i visokim prinosom. Period trajanja žbunova topole iznosi oko 10 godina, ali se žetva obavlja svake druge godine, što predstavlja najoptimalniji period na kraju koga se obavlja laka žetva i dobijaju kvalitetni prinosi. Prosečan prinos ovih kultura po jedinici površine zemljišta prikazan je u Tabeli 3.4.

Tabela 3.4. Glavne karakteristike nekih energetskih biljaka, [2]

Energetska biljka	Prosečni godišnji prinos suve materije, [t/ha]	Sadržaj vode u vreme žetve, [%]	Teorijski energetski učinak, [GJ/ha]
Kineska šećerna trska	15-30	55-70	253-507
Kenaf	10-20	15-25	155-326
Konoplja	5-15	50-60	128-270
Španska trska	15-35	50-55	240-600
Miskantus	15-25	15-20	260-440
Panicum virgatum	10-25	15-20	174-435
Topola	8-20	50-60	144-360
Breza	10-15	50-60	178-276
Bagrem	10-13	50-60	128-270

3.2 Struktura biomase

Za razumevanje i objašnjavanje raznih pojava koje se javljaju prilikom termičke razgradnje biomase, bilo da je u pitanju sagorevanje, gasifikacija ili piroliza, veoma je važno poznavanje njene strukture. Pri tome je, svakako, najveća pažnja posvećena pojmu anizotropije. Anizotropija u opštem slučaju podrazumeva nejednakost osobina materijala u različitim pravcima. Ova različitost, pored mehaničkih osobina, podrazumeva i različitost u pogledu vrednosti koeficijenta difuzije gasovite faze (kiseonika i volatila) u različitim pravcima, unutar same biomase. Tako, na primer, kada je u pitanju drvo koeficijent difuzije u pravcu aksijalno na strukturalna vlakna je znatno veći nego u radikalnom pravcu, pa usled toga najčešće dolazi do fragmentacije komada drveta po ravнима paralelnim sa tim vlaknima. To dovodi do stvaranja krupnijih fragmenata nego u slučaju kada bi struktura drveta bila izotropna, što dalje utiče na samu kinetiku procesa termičke razgradnje. Stoga je bitno poznavati strukturne osobine biomase, [4].

Struktura drveta se u osnovi sastoji iz dve grupe elemenata:

- elementi koji služe u fiziološkim zadacima i
- elementi koji vrše mehaničke zadatke.

U prvu grupu elemenata spadaju sprovodni elementi traheide i traheje koje imaju funkciju transporta materija od korena biljke ka njenom listu. U drugu grupu spadaju razna vlakanca i parenhimske ćelije, koje biljci daju potrebnu čvrstinu. Svi ovi elementi su izgrađeni od ćelija koje kada izumru umesto protoplazme sadrže vodu ili vazduh. Postoje tri osnovna oblika ćelija drveta: parenhimske, prosenhimske i sklerenhimske. Parenhimske ćelije sačinjavaju organe drveta koji vrše mehaničke funkcije. Prosenhimske ćelije su dugačke, vlknastog oblika i sačinjavaju sprovodne kanale traheide i traheje. Sklerenhimske ćelije nastaju izumiranjem prosenhimskih ćelija i njihovim skupljanjem u snopove čine drvenu masu čvršćom. Svi ovi podaci mogu biti veoma važni pri razmatranju nekih pojava koje se javljaju u procesima konverzije različitih vrsta biomase.

3.3 Hemijski sastav biomase

Hemijski sastav biomase zavisi od vrste, podneblja rasta, zemljisnih uslova i drugih faktora. U sastav biomase ulaze organska i neorganska jedinjenja. Od organskih jedinjenja, tu su: celuloza, hemiceluloza, lignin, masti, skrob, voskovi, proteini i dr. Neorganska jedinjenja koja ulaze u sastav biomase su: voda, mineralne materije, soli i dr.

Tabela 3.5. Hemijski sastav suve biomase

Vrsta biomase	Maseno, [%]			
	Celuloza	Hemiceluloza	Lignin	Ostale materije
Stabljika kukuruza	39,82	29,78	14,6	15,8
Oklasak kukuruza	44,56	29,89	14,35	11,20
Pšenična slama	39,89	28,19	16,74	15,18
Ljuspice pirinča	30,44	23,14	13,3	33,12
Drvo	41,5	26,5	28,0	6,0

Iz Tabele 3.5. se vidi da drvo ima veći procentualni sastav lignina uglavnom na račun ostalih materija koje čine: skrob, masti, šećeri, voskovi, proteini i dr. Procentualni deo ovih materija zavisi od zemljišta na kome je biomasa rasla i od doba godine.

Tabela 3.6. Elementarna analiza nekih vrsta drveta, [3]

Vrsta biomase	C, [%]	O, [%]	H, [%]	N, [%]	S, [%]
Javorova kora	52,0	41,3	6,2	0,4	0,11
Hrastova strugotina	50,1	43,9	5,9	0,1	0,01
Hrast	50,6	42,9	6,1	0,3	0,10
Borova kora	53,8	39,9	5,9	0,3	0,07
Borov čips	52,8	40,5	6,1	0,5	0,09
Borova strugotina	51,0	42,9	6,0	0,1	0,01
Topola	51,6	41,7	6,1	0,6	0,02
Kora topole	53,6	39,3	6,7	0,3	0,10
Kora od omorike	53,6	40,0	6,2	0,1	0,10
Omorika	52,3	41,2	6,1	0,3	0,10
Vrba	49,8	43,4	6,1	0,6	0,06

Kao što se može videti, u sastavu drveta se nalaze i neznatne količine azota koje potiču od belančevina koje su nastale u prvoj fazi razvoja ćelija. U Tabeli 3.7. prikazana je elementarna analiza nekih poljoprivrednih ostataka.

Procentualni deo ugljenika (C) u biomasi je značajan i kreće se od 45-54 %. On se u biomasi nalazi u slobodnom i u vezanom stanju, gde ulazi u sastav organskih jedinjenja sa vodonikom, kiseonikom i azotom. Toplotna moć čistog ugljenika iznosi 33,829MJ/kg, a maksimalna temperatura sagorevanja bez topotnih gubitaka je 2240°C, [1].

Vodonika (H) u biomasi ima relativno puno (5-7 %), međutim, imajući u vidu da je njegova topotna moć 142,014 MJ/kg, on zauzima značajno mesto u energetskoj vrednosti. U biomasi vodonik se nalazi samo u vezanom stanju. Temperatura sagorevanja čistog vodonika je približna temperaturi sagorevanja uljenika i iznosi 2235 °C.

Kiseonik (O) predstavlja unutrašnji balast, jer on ne sagoreva, već potpomaže gorenju, a osim toga zauzima mesto drugim gorivim materijama. U poređenju sa ugljevima u biomasi kiseonika ima mnogo više (od 40-47 %), što dovodi do niže temperature sagorevanja.

Azot (N) se u biomasi nalazi u malim količinama, do 2 % i kao kiseonik predstavlja balast. On se nalazi u obliku organskih jedinjenja i u procesu sagorevanja se ponaša kao inertan.

Sumpor (S) je u svim oblicima goriva nepoželjan element. Prilikom njegovog sagorevanja stvara se sumpor dioksid (SO_2) i oslobađa se 9,295MJ/kg toploće. Na nižim temperaturama se vodena para, nastala sagorevanjem vodonika ili isparavanjem vlage iz goriva, kondenzuje i sa sumpor dioksidom gradi veoma agresivnu sumpornu kiselinu (H_2SO_3 i H_2SO_4) koja nagriza dimne kanale. Osim toga sumpor dioksid je u atmosferi nepovoljan i sa ekološkog stanovišta. U svim vrstama biomase sumpora ima "u tragovima" što je čini jako povoljnom za korišćenje u energetske svrhe.

Tabela 3.7. Elementarna analiza nekih poljoprivrednih ostataka, [3]

Vrsta biomase	C, [%]	O, [%]	H, [%]	N, [%]	S, [%]
<i>Miskantus gigantus</i>	49,2	44,2	6,0	0,4	0,15
Lucerka	49,9	40,8	6,3	2,8	0,21
Ječmena slama	49,4	43,6	6,2	0,7	0,13
Kukuruzovina	48,7	44,1	6,4	0,7	0,08
Ovsena slama	48,8	44,6	6,0	0,5	0,08
Uljana repica	48,5	44,5	6,4	0,5	0,10
Pšenična slama	49,4	43,6	6,1	0,7	0,17
Ljuska kafe	45,4	48,3	4,9	1,1	0,35
Ljuska kikirikija	50,9	40,4	7,5	1,2	0,02
Ljuska lešnika	51,5	41,6	5,5	1,4	0,04
Koštice masline	52,8	39,4	6,6	1,1	0,07
Koštice šljive	49,9	42,4	6,7	0,9	0,08
Ljuska soje	45,4	46,9	6,7	0,9	0,10
Ljuska oraha	49,9	42,4	6,2	1,4	0,09

Mineralne materije u biomasi takođe predstavljaju balast, jer ne sagorevaju i zauzimaju mesto drugim gorivim elementima. U procesu sagorevanja mineralne materije trpe niz promena koje dovode do njihovog razlaganja i oksidacije, a materija koja nastaje nakon toga naziva se pepeo. Pepeo stvara problem zašljakivanja razmenjivačkih i drugih površina, kao i problem njegovog uklanjanja. Količina pepela kod poljoprivrednih ostataka se kreće u granicama od 3-6 % dok je kod drveta daleko manja i kreće se od 0,5-3 %.

3.4 Tehnička analiza biomase

Tehnička analiza obuhvata termičku razgradnju biomase u cilju određivanja sadržaja isparljivih i neisparljivih komponenata, kao i određivanja toplotne moći goriva. U neisparljive komponente spadaju: mineralne materije (A), fiksni ugljenik (C_{fik}) i sulfidi (S_{sul}), a u isparljive sve ostale komponente.

Kao što se može videti iz Tabela 3.8. i 3.9. podaci iz tehničke analize se ne razlikuju ili se vrlo мало razlikuju. Podaci za poljoprivredne ostatke variraju od godine do

godine, a može se reći i od meseca do meseca. U Tabeli 3.8. prikazani su podaci tehničke analize za šumsku biomasu nakon procesa sušenja gde se može videti da je sadržaj vlage u granicama od 5-16%. Međutim, nakon seče vlaga u drvetu može se kretati i oko 50%, što može imati značajan uticaj na dalju primenu. Vlaga smanjuje toplotnu moć goriva i snižava adijabatsku temperaturu sagorevanja tako što se deo tolore dobijene sagorevanjem troši na prevođenje vlage iz tečnog u gasovito stanje. Sa aspekta primene biomase sa visokim sadržajem vlage najcelishodnije bi bilo pre korišćenja odstraniti vlagu iz biomase, što bi značajno poskupelo postrojenje, jer je potrebno projektovati objekte za sušenje.

Tabela 3.8. Tehnička analiza nekih vrsta drveta, [3]

Vrsta biomase	Volatili, [%]	Fiksni ugljenik, [%]	Vlaga, [%]	Pepeo, [%]
Javorova kora	70,1	17,8	8,4	3,7
Hrastova strugotina	76,3	11,9	11,5	0,3
Hrast	73,0	20,0	6,5	0,5
Borova kora	70,2	23,3	4,7	1,8
Borov čips	66,9	20,0	7,6	5,5
Borova strugotina	70,4	14,2	15,3	0,1
Topola	79,7	11,5	6,8	2,0
Kora topole	73,6	16,0	8,4	2,0
Kora od omorike	67,3	21,4	8,4	2,9
Omorika	75,7	17,1	6,7	0,5
Vrba	74,2	14,3	10,1	1,4

Tabela 3.9. Tehnička analiza nekih vrsta poljoprivrednih ostataka, [3]

Vrsta biomase	Volatili, [%]	Fiksni ugljenik, [%]	Vlaga, [%]	Pepeo, [%]
<i>Miskantus gigantus</i>	71,9	14,0	11,4	2,7
Lucerka	71,6	14,3	9,3	4,8
Ječmena slama	67,4	16,4	11,5	4,7
Kukuruzovina	67,7	17,8	7,4	7,1
Ovsena slama	73,9	12,5	8,2	5,4
Uljana repica	70,7	16,3	8,7	4,3
Pšenična slama	67,2	16,3	10,1	6,4
Ljuska kafe	68,2	18,5	10,8	2,5
Ljuska kikirikija	68,1	20,9	7,9	3,1
Ljuska lešnika	71,5	19,9	7,2	1,4
Koštice masline	72,3	18,7	6,1	2,9
Koštice šljive	53,7	11,8	33,6	0,9
Ljuska soje	69,6	19,0	6,3	5,1
Ljuska oraha	55,3	35,3	6,8	2,6

Reaktivnost goriva je njegova karakteristika i zavisi od sadržaja volatila, koji se ubrzo nakon izlaska iz čestice goriva pale i vrlo burno sagorevaju. Koksni ostatak znatno sporije sagoreva, tako da vreme sagorevanja koksognog ostatka određuje celokupno vreme sagorevanja goriva. Iz ovoga se može zaključiti da reaktivnost biomase zavisi od sadržaja volatila.

3.5 Karakteristike pepela biomase

Pepeo je neorganski deo goriva koji ostaje posle kompletног sagorevanja i sadrži najveći deo mineralnih frakcija koje se nalaze u početnoj biomasi. Glavni elementi koji formiraju pepeo su Si, Al, Ti, Fe, Ca, Mg, Na, K, S i P. Količina Si, Ca, K, Mg i P u biomasi, a samim tim i u pepelu određuju karakteristike pepela. U sastav pepela ulazi niz oksida: kalcijuma, magnezijuma, natrijuma, kalijuma, fosfora, silicijuma, aluminijuma i titana, kao što se vidi u Tabelama 3.10. i 3.11.

Tabela 3.10. Hemijski sastav pepela različitih vrsta šumskih ostataka, [3]

Vrsta biomase	SiO ₂	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Na ₂ O	TiO ₂
Javorova kora	8,95	67,36	7,03	0,79	3,98	6,59	1,43	1,99	1,76	0,12
Hrastova strugotina	29,93	15,56	31,99	1,90	4,27	5,92	4,20	3,84	2,00	0,39
Hrast	48,95	17,48	9,49	1,80	9,49	1,10	8,49	2,60	0,50	0,10
Borova kora	9,20	56,83	7,78	5,02	7,20	6,19	2,79	2,83	1,97	0,19
Borov čips	68,18	7,89	4,51	1,56	7,04	2,43	5,45	1,19	1,20	0,55
Borova strugotina	9,71	48,88	14,38	6,08	2,34	13,80	2,10	2,22	0,35	0,14
Topola	3,87	57,33	18,73	0,85	0,68	13,11	1,16	3,77	0,22	0,28
Kora topole	1,86	77,31	8,93	2,48	0,62	2,36	0,74	0,74	4,84	0,12
Kora od omorike	6,13	72,39	7,22	2,69	0,68	4,97	1,90	1,88	2,02	0,12
Omorika	49,30	17,20	9,60	1,90	9,40	1,10	8,30	2,60	0,50	0,10
Vrba	6,10	46,09	23,40	13,01	1,96	4,03	0,74	3,00	1,61	0,06

Tabela 3.11. Hemijski sastav pepela različitih vrsta poljoprivrednih ostataka, [3]

Vrsta biomase	SiO ₂	CaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Na ₂ O	TiO ₂
<i>Miskantus gigantus</i>	56,42	10,77	19,75	5,54	0,79	3,01	0,94	2,28	0,47	0,03
Lucerka	7,87	24,87	38,14	10,38	0,10	14,10	0,41	2,62	1,49	0,02
Ječmena slama	50,78	9,89	28,18	2,97	0,67	2,87	0,95	2,22	1,39	0,08
Kukuruzovina	49,95	14,73	18,53	2,42	5,06	4,49	2,53	1,84	0,16	0,29
Ovsena slama	37,79	12,03	26,84	6,14	4,69	4,45	2,17	4,93	0,72	0,24
Uljana repica	40,80	30,68	13,45	2,22	5,45	2,00	2,00	2,67	0,44	0,29
Pšenična slama	50,35	8,21	24,89	3,54	1,54	2,74	0,88	4,24	3,52	0,09
Ljuska kafe	14,65	13,05	52,45	4,94	7,07	4,32	2,06	0,53	0,66	0,27
Ljuska kikirikija	27,70	24,80	8,50	3,70	8,30	5,40	10,30	10,40	0,80	0,10
Ljuska lešnika	33,70	15,40	30,40	3,20	3,10	7,90	3,80	1,10	1,30	0,10
Koštice masline	21,48	19,97	16,44	9,71	5,95	3,84	4,25	2,30	15,77	0,29
Koštice šljive	3,64	14,86	45,51	20,40	0,11	11,79	0,69	2,51	0,47	0,02
Ljuska soje	2,01	25,26	36,00	5,79	8,74	8,38	2,95	4,37	6,26	0,24
Ljuska oraha	23,32	16,72	33,03	6,21	2,40	13,51	1,50	2,20	1,00	0,10

Tabela 3.12. Hemijski sastav različitih vrsta tečnog stajnjaka sa 7,5% suve materije,

Vrsta životinja	N (kg/m ³)	P ₂ O ₅ (kg/m ³)	K ₂ O (kg/m ³)	MgO (kg/m ³)	CaO (kg/m ³)
Muzne krave	3,0	1,3	4,0	0,8	1,5
Junad u tovu	4,5	1,5	3,5	0,8	1,3
Telad u tovu	10,0	2,8	4,5	0,7	2,6
Svinje u tovu	6,0	3,0	3,0	1,0	3,0

Jedna od glavnih fizičkih karakteristika pepela, od koje zavisi i primenjivost goriva, kao i dizajn samog postrojenja je tačka topivosti pepela. Topivost pepela nastalog sagorevanjem poljoprivredne biomase je znatno niža od topivosti pepela nastalog sagorevanjem šumske biomase. Ove različite topivosti potiču od razlike u njihovim hemijskim sastavima. U pepelu nastalom sagorevanjem poljoprivredne biomase nađen je veći sadržaj alkalnih metala (natrijuma i kalijuma) u odnosu na pepeo nastao sagorevanjem šumske biomase. Reakcijom alkalnih elemenata i silicijuma formiraju se alkalni silikati npr. Na_2SiO_3 koji se tope ili omešavaju na nižim temperaturama, tako da dolazi do postepenog omešavanja čestica pepela i do njihovog slepljivanja, samim tim snižava se i tačka topljenja pepela. Ako pored veće količine alkalnih elemenata, biomasa sadrži i hlor u većim količinama, dolazi do formiranja kalijum hlorida (KCl), jedinjenja niske tačke topivosti (oko 790°C) i jedinjenja koje ima važnu ulogu u mehanizmu korozije. Visok procenat silicijuma, zajedno sa kalijumom i hlorom najviše doprinose problemima koji mogu da nastanu sa taloženjem pepela prilikom sagorevanja na visokim temperaturama. Ovaj problem se može prevazići termičkim putem ili hemijskim metodama. Termički način prevazilaženja ove pojave podrazumeva snižavanje temperature sagorevanja ispod granice sinterovanja pepela, čime je ova neželjena pojava sprečena, ali su u isto vreme stvoreni nepovoljni uslovi procesa sagorevanja. Naime, usled niže temperature sagorevanja u ložištu dolazi do povećanja koncentracije ugljen monoksida u produktima sagorevanja, što utiče na smanjenje stepena korisnosti postrojenja i nepovoljnog uticaja na životnu sredinu. Zbog toga se primena ove metode izbegava.

Druga metoda podrazumeva hemijski tretman biomase pre procesa sagorevanja. Tretman biomase aditivima se može vršiti u procesu pripreme ili neposredno pre procesa sagorevanja. Prednosti jednog ili drugog načina tretmana su još neistražene. Generalno gledano, svi poznati aditivi se mogu podeliti u četiri grupe: organski, metal neorganski, neorganski i kombinovani. [4]. Na osnovu karakteristika aditiva navedenih u [4], kao najpodesniji za uslove i probleme koji nastaju pri sagorevanju balirane biomase sa niskom tačkom topljenja pepela, koristi se aditiv PAC-KK-S Mg-Nit, čije je dejstvo testirano u laboratorijskim uslovima pri zagrevanju pšenične slame u peći za žarenje. Ovaj aditiv je prvenstveno namenjen za sprečavanje stvaranja naslaga na grejnim površinama, zidovima i rešetkama ložišta, a time i za povećanje iskorišćenja kotla. Sekundarno dejstvo aditiva se ogleda u povećanju stepena hemijskog iskorišćenja goriva što je jedan od osnovnih uslova za postizanje primarnog dejstva.

Osnovne komponente koje sačinjavaju ovaj aditiv su: magnezijum nitrat, amonijum nitrat i voda. Prilikom sagorevanja svaka od komponenata ima svoju funkciju, a sve zajedno utiču na smanjenje problema koji se javljaju prilikom sagorevanja. Najvažnija komponenta ovog aditiva je magnezijum nitrat koji u ložištu na visokim temperaturama reaguje prema sledećoj jednačini:



Iz jednačine (3.1) može se videti kako nastaje magnezijum oksid koji svojim udelom modifikuje fizičke osobine pepela (šljake) čineći ih sipkim i lako odstranljivim. Princip tog dejstva je u povišenju temperature topljenja pepela usled promene njegovog sastava. Rezultat dejstva magnezijum nitrata primenom pomenutog aditiva na biomasu sa niskom tačkom topljenja pepela (pšenični ostatak) prikazan je u Tabeli 3.13. Iz tabele se može videti da se početak omešavanja pepela pšeničnog ostatka pomera na temperaturu od 1020°C . Tako se dolazi do zaključka da se primenom

ovog aditiva otvara mogućnost korišćenja i biomase sa niskom tačkom topljenja pepela pri sagorevanju na temperaturi između 820-850°C, koja je jako povoljna sa stanovišta niske emisije ugljen monoksida.

Tabela 3.13. Topivost pepela pšeničnog ostatka, [5], [6]

Karakteristične temperature	jed.	Bez aditiva	Sa aditivom
Početak sinterovanja	°C	850	880
Tačka omekšavanja	°C	900	1020
Tačka polulopte	°C	1000	1125
Tačka razlivanja	°C	1240	1170

U Tabeli 3.14. dati su podaci analize pepela sojinog i kukuruznog ostatka bez dodatka aditiva, gde se može videti da je temperatura početka sinterovanja pepela dovoljno visoka, pa se povoljni uslovi za njeno sagorevanje mogu organizovati i bez dodavanja aditiva.

Tabela 3.14. Topivost pepela sojinog i kukuruznog ostatka bez dodatka aditiva, [5], [6]

Karakteristične temperature	jed.	Sojin ostatak	Kukuruzni ostatak
Početak sinterovanja	°C	1185	1010
Tačka omekšavanja	°C	1310	1040
Tačka polulopte	°C	1420	1075
Tačka razlivanja	°C	1450	1100

Što se tiče ponašanja pepela kukuruzovine (Tabela 3.14.), može se videti da je početak sinterovanja za oko 170°C niži nego kada je u pitanju sojin ostatak, ali je tačka razlivanja pepela jako blizu tačke početka sinterovanja ($\Delta T=90^{\circ}\text{C}$), pa pri korišćenju kukuruzovine za sagorevanje pri visokim temperaturama bez dodatka aditiva, treba obratiti posebnu pažnju.



Slika 3.3. Karakteristike slame kao goriva pre žarenja



Slika 3.4. Karakteristike slame kao goriva nakon žarenja

Na Slikama 3.3. i 3.4. mogu se videti uzorci pšeničnog ostatka, sa i bez dodavanja aditiva i sojinog ostatka pre i nakon žarenja u peći u oksidacionoj atmosferi. Nakon žarenja pšeničnog ostatka bez dodatka aditiva pepeo se sinterovao potpuno i zlepio za dno posude (posuda levo), dok je pepeo sojinog ostatka kao i pšeničnog ostatka sa dodatkom aditiva ostao neslepljen i rastresit.

Literatura:

1. A. Erić, Prenošenje toplote i supstancije pri gasifikaciji biomase u fluidizovanom sloju, Magistarski rad, Mašinski fakultet u Beogradu, 2006.
2. M.Ilić i drugi, Energetski potencijal i karakteristike ostataka biomase i tehnologije za njenu pripremu i energetsko iskorišćenje u Srbiji, Studija u okviru projekta ev. broj NP EE611-113A finansiranog od strane ministarstva za nauku, tehnologije i razvoj Republike Srbije.
3. S. Vassilev, D. Baxter, L. Andersen, C. Vassileva, An overview of the chemical composition of biomass, Fuel 89, (2009) pp. 913-933.
4. B. Sokele, Kemija drveta, Univerzitet u Sarajevu, 1971.
5. R. Mladenovic, D. Dakic, A. Eric, M. Mladenovic, M. Paprika, B. Repic, The boiler concept for combustion of large soya straw bales, Energy 34, (2009), 715–723.
6. R. Mladenovic, D. Dakic, A. Eric, M. Paprika, M. Mladenovic, B. Repic, “Energy production facility with combustion of large rolled bales of soya straw”, INFUB – 7th European Conference on Industrial Furnaces and Boilers, April 2006, Porto, Portugal, pp. 18-21.

4. Potencijali Srbije u domenu biomase za energiju

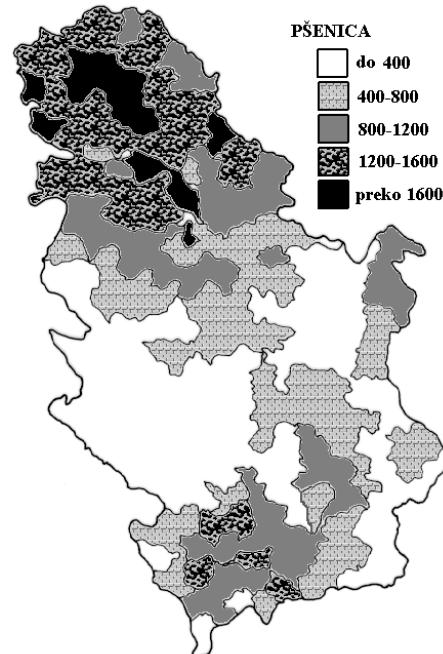
4.1. Ostaci biomase u ratarstvu

Veliki značaj pri analizi kapaciteta biljnih ostataka u Srbiji ima geografski razmeštaj gajenja pojedinih kultura, koji je pre svega uslovjen klimatskim i biološkim faktorima koji ograničavaju razvoj pojedinih biljaka. Tu se pre svega misli na geografske faktore (nadmorska visina, nagib zemljišta, ekspozicija), klimatska i pedološko-geološka obeležja pojedinih biljaka. Na osnovu ovih kriterijuma teritorija Republike Srbije se može podeliti na tri rejona: ravničarski (žitorodni), brdski (voćarsko-vinogradarski-stočarski) i planinski (pašnjačko-stočarski), koji su prikazani na Slici 4.1.

Prikazani raspored rejona mogao bi da odgovor na pitanje u kom obimu se ostaci pojedinih biljaka mogu dalje koristiti kao izvor energije. Tako pšenica uspeva u svim delovima Srbije, a posebno se izdvajaju: Vojvodina, Šumadija, Kosovo i Metohija (Slika 4.2.). Kukuruz, kao i pšenica, takođe uspeva u skoro svim krajevima Srbije pri čemu se izdvajaju: Vojvodina i Pomoravlje (Slika 4.3.). Na ostalim slikama prikazan je intenzitet gajenja ostalih najvažnijih ratarskih kultura (Slike 4.4.-4.6.).

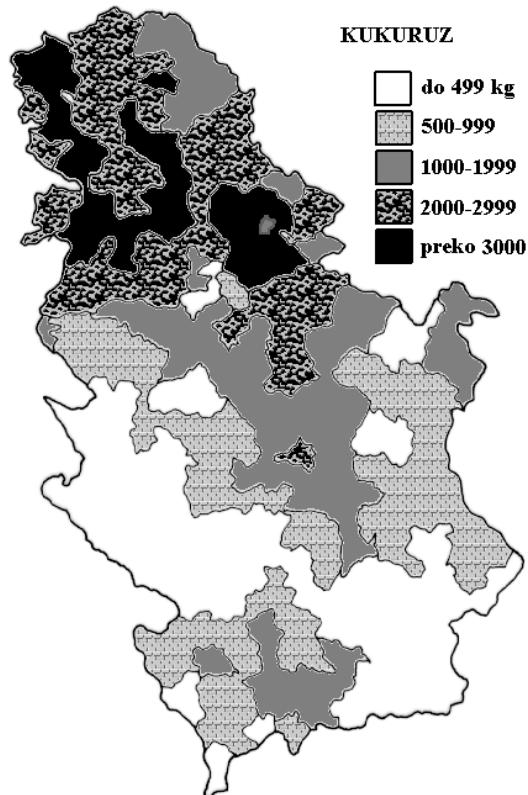


Slika 4.1. Raspored rejona u Republici Srbiji, [1]

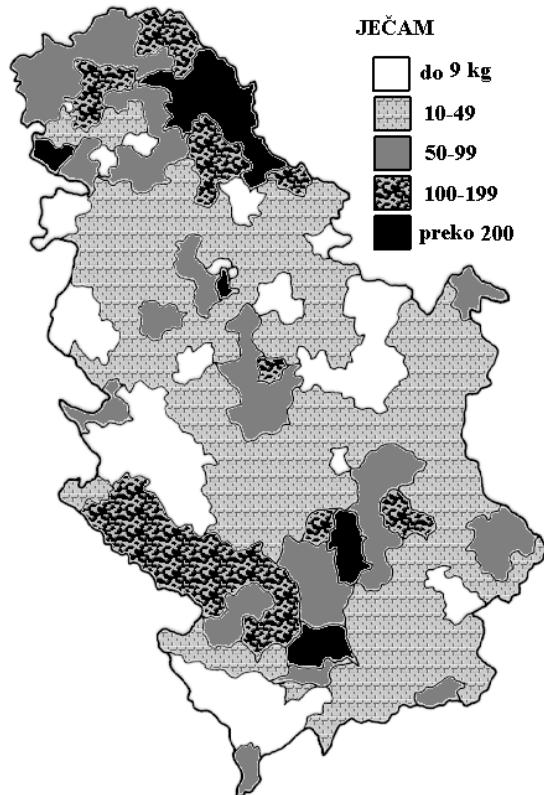


Slika 4.2. Prosečni prinos pšenice, prema obračunu na 100ha obradive površine, [1]

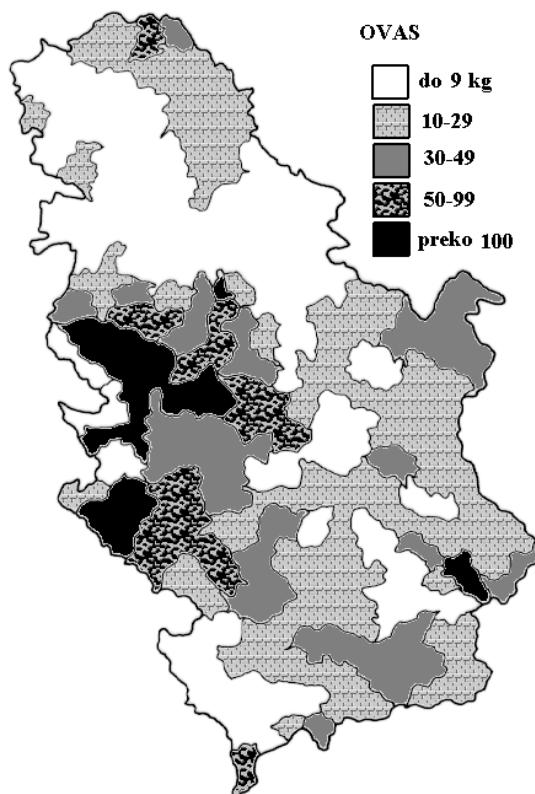
Prinos pojedinih ratarskih kultura umnogome zavisi od podneblja ali i od primenjenih agrotehničkih mera u periodu uzgajanja. Poznato je da se agrotehničke mere najintenzivnije primenjuju u poljoprivrednim preduzećima i zadrušama, pa su shodno tome i ostvareni prinosi u značajnoj meri veći nego u individualnim gazdinstvima. U Tabeli 4.1. prikazan je prosečan prinos pojedinih ratarskih kultura u tonama po hektaru. Podaci u tabeli se odnose na čisto zrno, odnosno primarni proizvod, a može se reći i da veći prinos primarnog poljoprivrednog proizvoda znači i veći prinos poljoprivrednog ostatka.



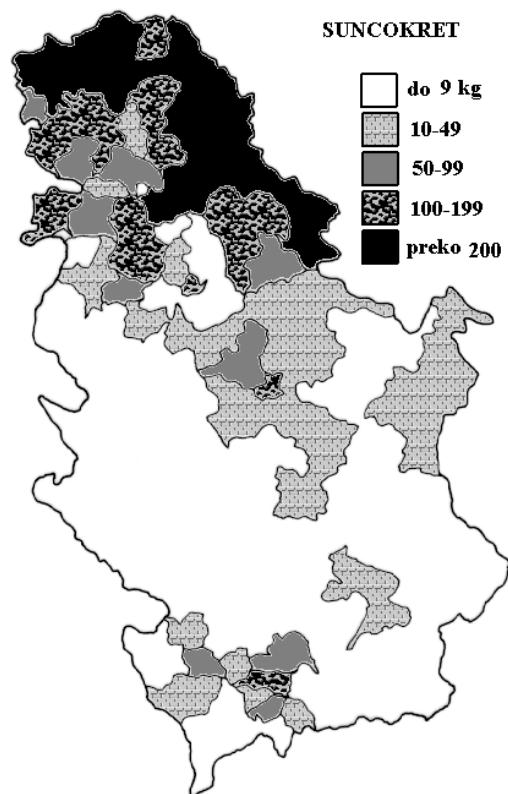
Slika 4.3. Prosečni prinos kukuruza po 1 ha, a prema obračunu na 100 ha obradive površine, [1]



Slika 4.4. Prosečni prinos ječma po 1 ha, a prema obračunu na 100 ha obradive površine, [1]



Slika 4.5. Prosečni prinos ovsa po 1 ha, a prema obračunu na 100 ha obradive površine, [1]



Slika 4.6. Prosečni prinos suncokreta po 1 ha, a prema obračunu na 100 ha obradive površine, [1]

Tabela 4.1. Prosečni prinosi u Srbiji [1]

Kultura	Prinos t/ha	
	Preduzeća i zadruge	Individualna gazdinstva
Pšenica	4,22	3,48
Ječam	2,28	1,76
Raž	2,86	2,46
Kukuruz	5,27	3,69
Suncokret	1,73	1,78
Soja	1,98	1,86
Uljana repica	1,43	2,19

Najzastupljenija ratarska kultura u Republici Srbiji je kukuruz, koji se uzgaja na oko 1,35 miliona hektara obradive površine. Nakon njega sledi pšenica sa 800 hiljada hektara, a zatim ostale kulture u mnogo manjem obimu (Tabela 4.2.). Iz tabele se može primetiti da je odnos površina koje pripadaju poljoprivrednim preduzećima značajno veći u Vojvodini nego u centralnoj Srbiji što može biti od velikog značaja kada je u pitanju organizovano prikupljanje i prodaja ostatka poljoprivrednih kultura.

Tabela 4.2. Površine ratarskih kultura u hektarima u Srbiji [1]

Kultura	Centralna Srbija		Vojvodina		Kosovo i Metohija	
	Preduzeća i zadruge	Individualna gazdinstva	Preduzeća i zadruge	Individualna gazdinstva	Preduzeća i zadruge	Individualna gazdinstva
Pšenica	16.641	324.206	157.919	208.694	3.741	83.815
Raž	293	5.341	358	639	58	1.805
Ječam	4.847	45.802	37.100	29.368	4.553	8.474
Kukuruz	9.600	591.924	122.409	537.652	272	91.358
Suncokr.	6.101	9.047	67.862	75.100	1.353	951
Soja	3.191	3.890	51.159	24.351	-	-
Ulj.repica	351	348	239	386	83	-

Tabela 4.3. Ukupne i moguće količine biljnih ostataka ratarskih kultura za gorivo [1], [2]

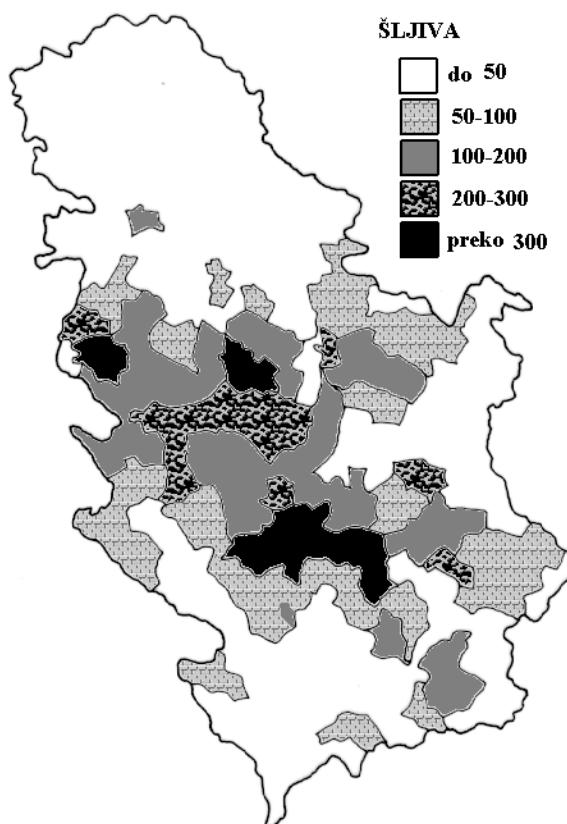
Kultura	Površina ha	Preduz. i zadruge ha	Individ. gazd. ha	Ukupna količina biljnih ostataka t		Moguće količine biljnih ost. za gorivo t	
				Pred.i zadr.	Ind.gazd.	Pred.i zadr.	Ind.gazd.
Pšenica	796.699	178.321	618.378	752.514	2.151.955	462.000	1.040.600
Raž	8.553	709	7.844	1.293	11.044	770	4.070
Ječam	134.911	46.505	88.406	146.304	239.225	96.580	101.530
Kukuruz	1.357.579	132.281	1.225.298	697.120	4.521.350	426.030	828.960
Suncokret	160.414	75.316	85.098	325.742	378.685	179.300	83.270
Soja	82.591	54.350	28.241	215.226	105.056	118.800	24.090
Ulj.repica	1.407	673	734	2.886	4.821	1.540	275
U k u p n o				2.141.085	7.412.136	1.285.020	2.082.795
U K U P N O				9.553.221		3.367.815	

Na osnovu sprovedene analize i prezentovanih podataka može se proračunati ukupna količina poljoprivrednih ostataka koje nastaju pri gajenju najzastupljenijih kultura u Republici Srbiji, kao i količina tog ostatka koja može biti korišćena u energetske svrhe. Pretpostavlja se da se u energetske svrhe može koristit oko trećina raspoložive količine biomase (Tabela 4.3.).

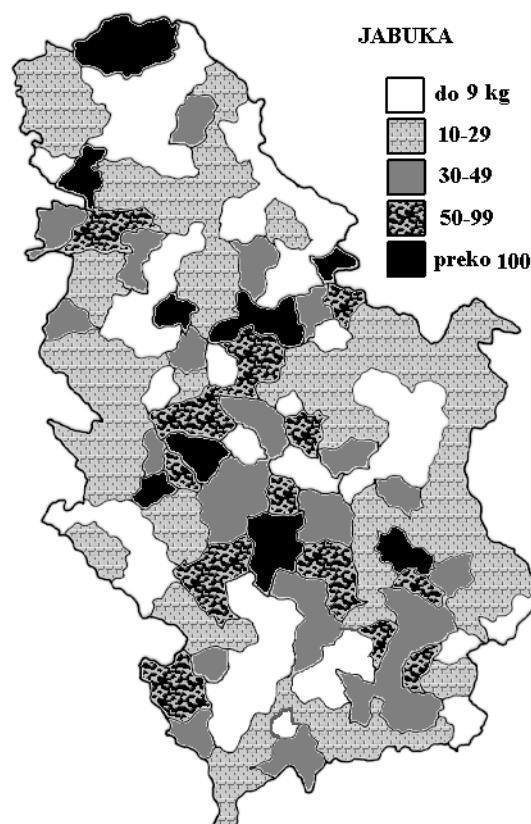
Ukupna količina biljnih ostataka u ratarstvu iznosi 9,6 miliona tona pri čemu je učešće preduzeća i zadruga oko 25%, a individualnog sektora 75%. Količina biljnih ostataka koja se može očekivati da se koristi kao gorivo iznosi 3,367 miliona tona pri čemu se očekuje učešće preduzeća i zadruga sa 40% i individualnog sektora sa 60%. Ako se uzme u obzir da je prosečna donja topotna moć poljoprivredne biomase u vremenu žetve oko 13 MJ/kg, dolazi se do podatka da je godišnji energetski potencijal pretpostavljene količine ostataka biomase ratarskih kultura oko 44 000 TJ ili 1,05 miliona tona ekvivalentne nafte (Mtoe).

4.2. Ostaci biomase u voćarstvu i vinogradarstvu

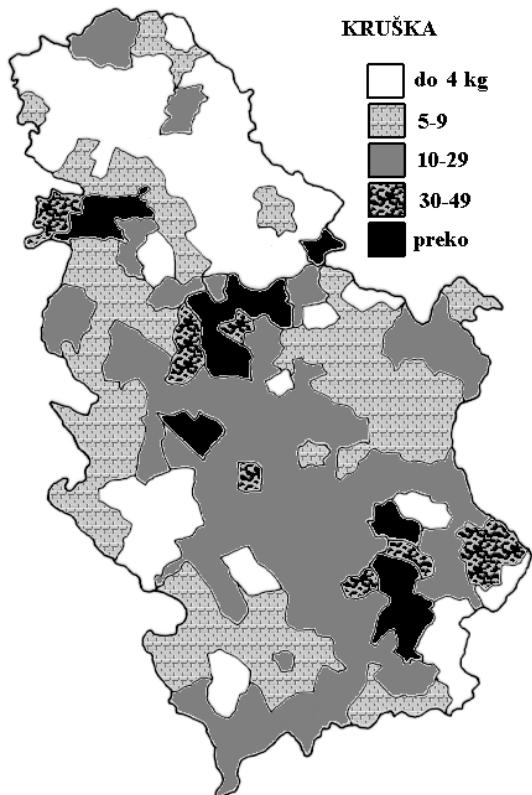
Voćarstvo i vinogradarstvo je u Republici Srbiji prvenstveno zastupljeno u brdskom reonu, mada postoji uzgoj kultura i u ostalim predelima samo u manjem obimu. Najzastupljenija voćarska kultura u Srbiji je šljiva, nakon nje sledi jabuka itd. Karte reona sa prosečnim prinosom pojedinih voćarskih kultura prikazane su na Slikama 4.7.-4.12. Vinova loza se najintenzivnije gaji u jugoistočnoj Srbiji (Slika 4.13.).



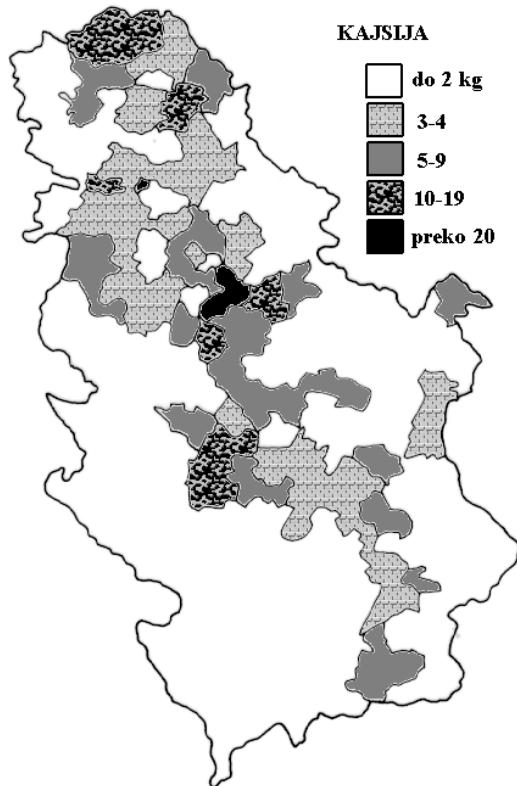
Slika 4.7. Karta reona sa prosečnim prinosom šljive po 1 ha, a prema obračunu na 100 ha [1]



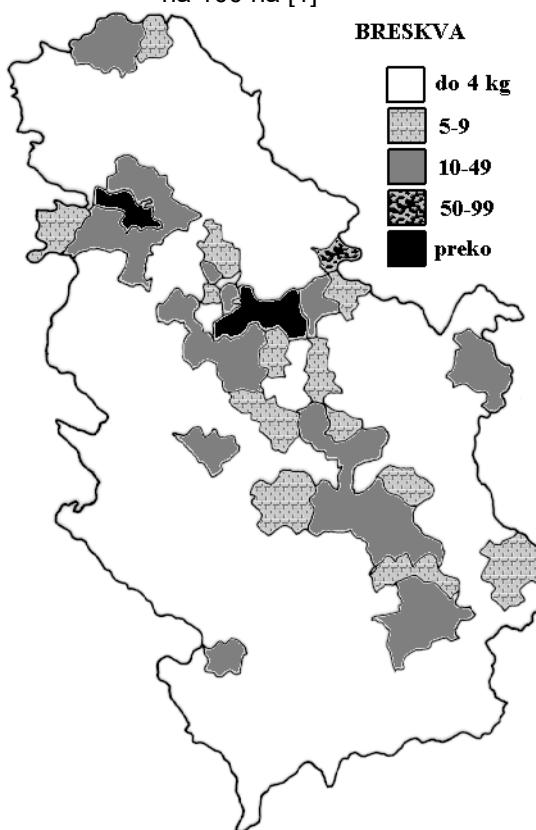
Slika 4.8. Karta reona sa prosečnim prinosom jabuke po 1 ha, a prema obračunu na 100 ha [1]



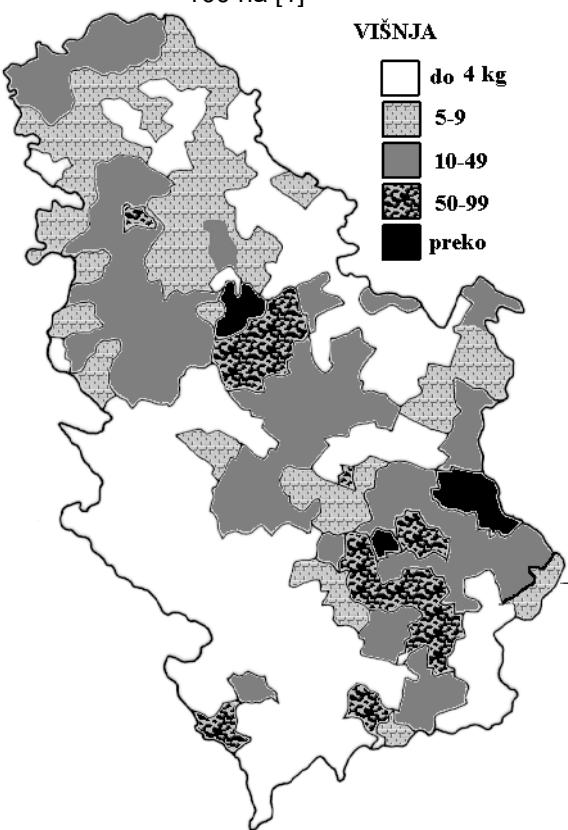
Slika 4.9. Karta rejona sa prosečnim prinosom kruške po 1 ha, a prema obračunu na 100 ha [1]



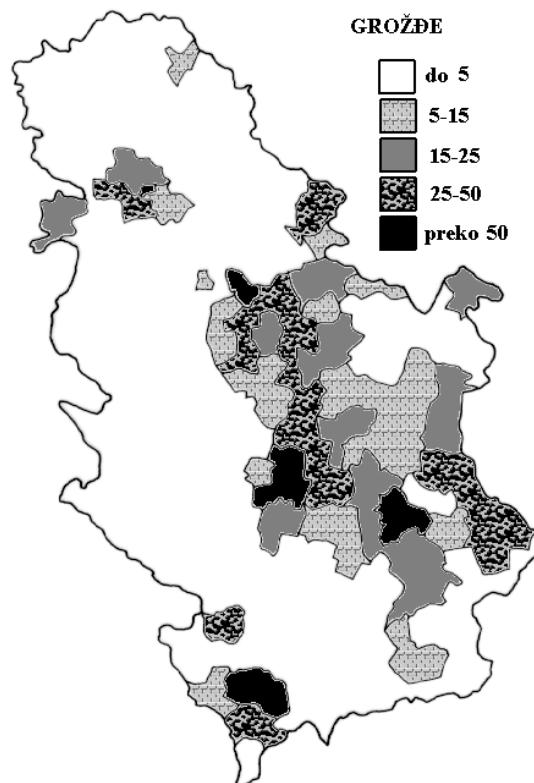
Slika 4.10. Karta rejona sa prosečnim prinosom kajsije po 1 ha, a prema obračunu na 100 ha [1]



Slika 4.11. Karta rejona sa prosečnim prinosom breskve po 1 ha, a prema obračunu na 100 ha [1]



Slika 4.12. Karta rejona sa prosečnim prinosom višnje po 1 ha, a prema obračunu na 100 ha [1]



Slika 4.13. Karta rejona sa prosečnim prinosom vinove loze po 1 ha, a prema obračunu na 100 ha obradive površine, [1]

Ukupan broj stabala voćaka u Republici Srbiji kreće se oko 94 miliona, pri čemu 88% pripada individualnim gazdinstvima, a ostatak pripada zadrugama i poljoprivrednim preduzećima. Broj stabala pojedinih voćarskih kultura kao i čokota vinove loze prikazan je u Tabeli 4.4.

Tabela 4.4. Broj stabala voćaka u Srbiji [1]

Kultura	Centralna Srbija		Vojvodina		Kosovo i Metohija	
	Preduzeća i zadruge	Indiv. gazdinstva	Preduzeća i zadruge	Indiv. gazdinstva	Preduzeća i zadruge	Indiv. gazdinstva
Jabuka	2.541.910	8.484.963	3.270.008	2.088.572	46.273	738.822
Kruška	716.793	4.027.822	1.402.634	540.824	3.830	406.116
Šljiva	238.001	44.684.048	86.414	2.662.572	12.610	1.581.562
Trešnja	6.494	1.780.183	6.993	316.448	690	113.091
Višnja	1.975.705	6.377.362	228.271	1.015.293	130.700	137.349
Kajsija	100.129	1.265.358	74.259	386.080	-	55.303
Breskva	360.651	2.560.699	505.190	685.406	-	48.404
Vinogradi	2.772	55.051	3.054	8.140	4.234	4.141

Među najznačajnijim agrotehničkim merama koja se obavezno sprovodi u voćarstvu i vinogradarstvu je rezidba. Prema ispitivanjima brojnih autora u različitim ekološkim uslovima, godišnje se kod ovih sorti po jednom čokotu vinove loze rezidbom odstrani 1,2 - 1,8 kg zrele ili zelene mase, dok se u voćarstvu količina granjevine kreće od 2-10 kg po stablu godišnje. Podaci o količinama granjevine iz voćarstva i vinogradarstva su nedovoljno istraženi. Veliki je broj faktora koji utiču na prirast drvene mase u toku vegetacije: biološki (bujnost sorte, bujnost podloge, godina starosti, ...), ekološki (fizičke i hemijske osobine zemljišta, temperatura, količine i raspored padavina,...), agrotehnički i pomotehnički (održavanje zemljišta, đubrenje, navodnjavanje, intenzitet i vreme rezidbe, zaštita,...), sistemske (oblik krune,

kombinacija sorta-podloga, raspored i razmak sadnje – broj stabala,...) itd. U Tabeli 4.5. data je procena količine ostataka iz voćarske i vinogradarske proizvodnje na godišnjem nivou.

Tabela 4.5. Procena ostataka iz voćarske i vinogradarske proizvodnje, [2]

Vrsta voća	Količina ostatka, [t/god.]
Šljiva	432.850
Jabuka	39.820
Trešnja	60.500
Kruška	15.400
Breskva	38.610
Kajsija	17.050
Orah	60.500
Grožđe	566.500
UKUPNO	1.231.230

Na osnovu podataka o broju stabala voćaka i čokotima vinove loze, procenjenoj količini ostatka iz gajenja voća i vinove loze iz Tabele 4.5, i prosečnoj toplotnoj moći pri vlagi od 10-15% 2-3 meseca nakon orezivanja, od 18 MJ/kg [1], dobija se energetski potencijal od oko 22.162 TJ godišnje. Ako se ovaj podatak prevede na količinu ekvivalentnog goriva dobija se podatak da se iz voćarstva i vinogradarstva godišnje dobije količina biomase koja odgovara približno 529.333 tona ekvivalentne nafte.

4.3. Potencijal šumske biomase

Šume u Srbiji pokrivaju površinu od oko 2,25 miliona ha, što predstavlja oko 29,1% ukupne teritorije Srbije. Jedan veliki region sa opštinama koje imaju veliku pokrivenost svoje teritorije šumom nalazi se na istoku Srbije (Slika 4.14). Taj region sacinjavaju opštine Majdanpek (preko 80%), zatim Kucevo, Žagubica, Despotovac, Bor i Baljevac (sve sa po 41-60%). Drugi veliki region bogat šumom se nalazi na jugozapadu Srbije, i sacinjavaju ga opštine Prijepolje (preko 80%), Priboj i Kuršumlija (61-80%), i nekoliko susednih opština sa udelenom poršine pod šumom između 41 i 60% od teritorije opštine.

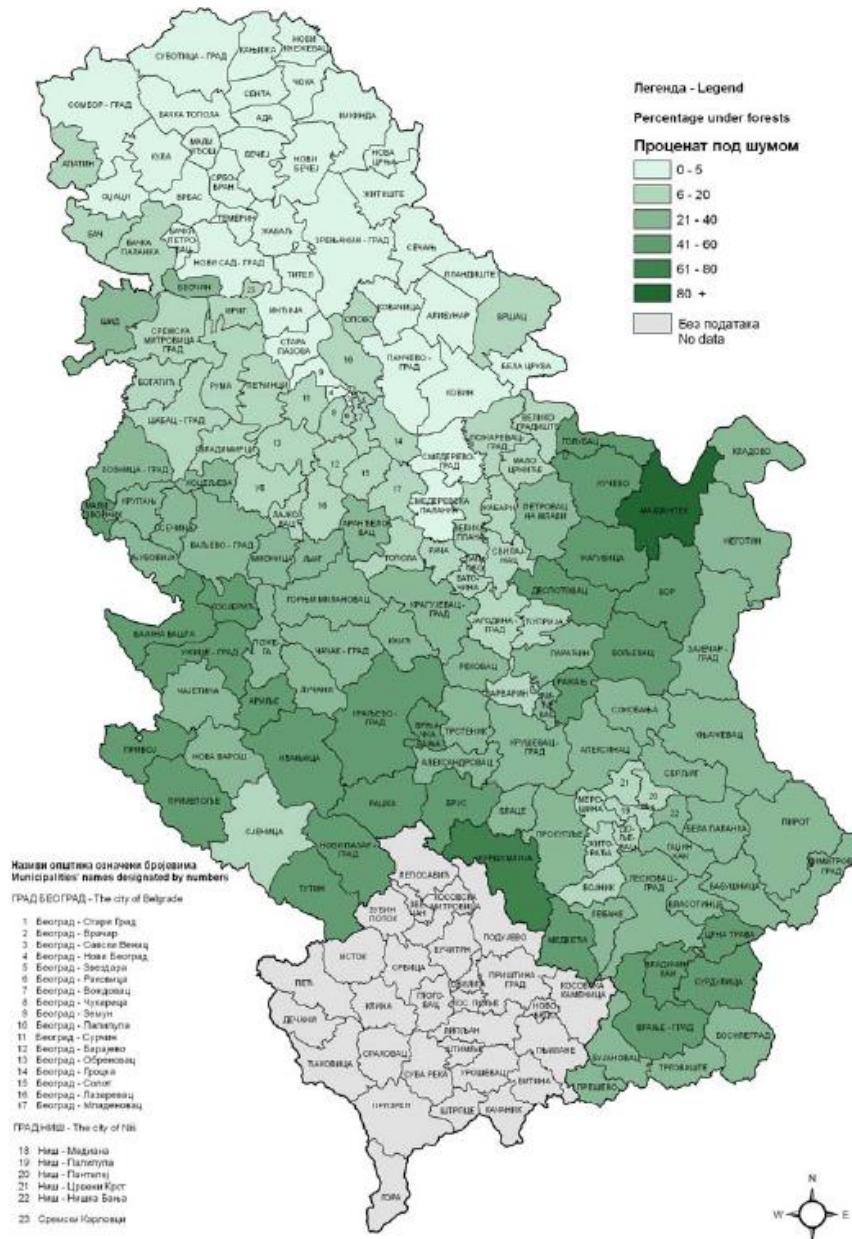
Tabela 4.6. Kapacitet šumske biomase u Republici Srbiji, [4]

Mešovitost sastojine	Površina, ha	Broj stabala,	Zapremina, m ³	Zapreminski prirast, m ³ /god
Čisti liščari	1.328.000	1.133.592.012,1	227.074.348,3	5.157.725,0
Mešoviti liščari	660.800	744.743.040,6	84.527.241,0	2.046.077,0
Mešoviti liščari i četinari	54.000	52.662.037,8	11.693.073,3	309.848,4
Mešoviti četinari	14.000	12.502.875,3	4.027.565,9	127.739,4
Čisti četinari	195.600	171.135.887,2	35.165.189,1	1.438.384,0
UKUPNO	2.252.400	2.114.635.852,9	362.487.417,6	9.079.772,0

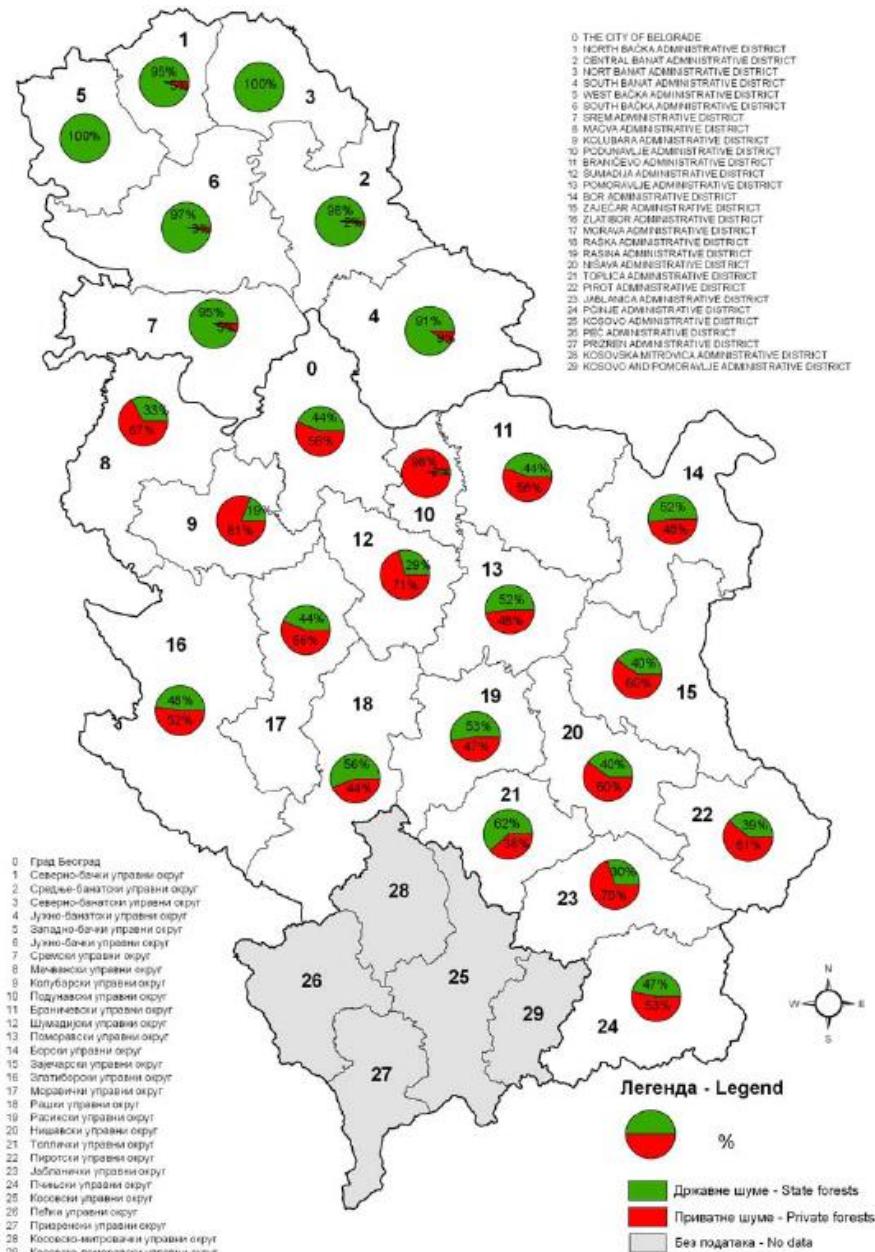
Najzastupljenije su čiste bukove šume, koje pokrivaju oko 27,5 % površine pod šumama. Ukupna zapremina drveta u ovim šumama iznosi 39 % od ukupne zapremine. Drugi po zastupljenosti je hrast sa 24,4 % površine, a ostali liščari se prostiru na 8,5% od ukupne površine. Od ukupnih površina pod šumom u Srbiji mešovite sastojine liščara pokrivaju 30 % i ukupna zapremina drveta u ovim šumama

iznosi 26 % od ukupne zapremine. Procena kapaciteta šumske biomase po najzastupljenijim vrstama i ukupno prikazana je u Tabeli 4.6.

Što se tiče vlasništva nad šumama oko 39,8% je u državnom, 52,2% u privatnom vlasništvu, a 8% spada pod ostale šume (Slika 4.15.) [4]. U Vojvodini državnim šumama upravlja Javno preduzeće „Vojvodinašume“, dok u ostalom delu Srbije državnim šumama upravlja Javno preduzeće „Srbijašume“.



Slika 4.14. Učešće šuma u ukupnoj površini opština u Republici Srbiji



Slika 4.15. Odnos državne i privatne šume po regionima

Tabela 4.7. Seča drveta u Srbiji u hiljadama m³

Vrsta drveta	Ukupno	Centralna Srbija	Vojvodina	Kosovo i Metohija
UKUPNO	2.578	2.027	551	-
Čisti liščati	1.764	1.367	397	-
Čisti četinari	155	147	8	-
Mešoviti lišćari	398	276	122	-
Mešoviti četinari	59	55	4	-
Mešoviti lišćari i četinari	202	182	20	-

Sećom drveta nastaju dva osnovna proizvoda: tehničko oblo drvo i prostorno drvo [4]. Tehničko oblo drvo se koristi za dalju preradu i izradu drvenih sortimenata, a prostorno drvo uglavnom za dobijanje toplotne energije. Obim seče po vrstama drveta prikazan je u Tabeli 4.7. Pored ova dva glavna proizvoda postoji i drveni ostatak koji obično ostaje u šumi. Pored ovooga u šumi ostaju panjevi i tanje grane.

Takođe tu je lišće i iglice koje učestvuju sa oko 2% [4], ali njihov udeo je zanemarljiv. Zapremina uobičajeno neiskorišćenih delova drveta, koji sadrže koru, tanke grane i panjeve, iznose oko 42% od ukupne zapremine drvne mase drveta. Uzimajući u obzir sadašnje stanje obima seče drveta u šumi ovi veliki komadi šumskog ostatka iznose oko 636.000 m³ godišnje [5]. Međutim, bukva i hrast odabrani za seču su obično starija drveća sa dubljim korenjem, pa iz tog razloga njihovo korenje obično ostaje u zemljištu. Praktično oko 572.000 m³ drvnog ostatka (ne računajući panjeve) godišnje ostaje u šumi.

Kao rezultat perade drveta postoje tri glavne vrste ostatka prema veličini: kora, krupni ostaci nakon sečenja oblovine i sitni ostaci (piljevina, strugotina, drvna prašina). Obično je u pilanama od ukupne količine drveta koja se prerađuje između 50 i 65% komercijalni proizvod, a ostatak je drveni otpad [3]. U zavisnosti od kvaliteta ostatka, na primer da li je kora skinuta ili ne, ostatak može da se koristi za proizvodnju drvenih ploča. U drugom slučaju ostatak se može koristiti kao ogrev. Na osnovu godišnje proizvodnje rezanog drveta u Republici Srbiji otpad u pilanam iznosi oko 685.000 m³ [5]. Međutim, celokupna količina tog otpada ne može biti iskorišćena. Procenat iskorišćenja ove vrste otpada po sektorima prikazan je u Tabeli 4.8.

Tabela 4.8. Ostaci iz prerade drveta [5]

Vrsta prerade	Teorijska količina, hilj. tona	Moguća količina, hilj. tona
Rezanje (lišćari)	373	335,7
Rezanje (četinari)	97	87,3
Furnir	21	19,9
Iverica	16	15,2
Drugo	120	114,0
Kora	58	55,1
UKUPNO	685	627,2

Osim ove vrste drvnog ostatka u Republici Srbiji se procenjuje količina drvenog ostatka koja podrazumeva dalju preradu drvetau iznosu od 560.000 m³, i 245.000m³ iz prerade drveta. Na osnovu sprovedene analize može se izneti da je ukupni potencijal ostataka šumske biomase oko 1.432.200 m³. Ako se sada prepostavi da je prosečan sadržaj vlage u drvetu oko 50% [1], da je donja topotna moć drveta za pretpostavljeni saržaj vlage $H_d \approx 12000 \text{ kJ/kg}$, uzimajući da prosečna gustina drveta za sadržaj vlage od 50% iznosi 680kg/m³, jednostavno se dolazi do podatka da je prosečna donja topotna moć drveta približno 8,16MJ/m³. Množenjem ove vrednosti sa potencijalom šumskih ostataka dolazi se do podatka da je količina energije na godišnjem nivou sadržana u ostacima šumske biomase približno 11.687 TJ, što iznosi približno 279.133 tona ekvivalentne nafte.

Iz Tabela 4.6.i 4.7. se može uočiti razlika između ukupnog godišnjeg prinosa šumske biomase od 9.079.772 m³ i prosečne godišnje seče od 2.578.000 m³, pa se jednostavno može zaključiti da je dodatni godišnji potencijal šumske biomase uvećan za tu razliku od 6.501.772 m³ koji bi mogao da se iskoristi u energetske svrhe. Sprovodeći proračun na istovetan način kao kod šumskih ostataka dolazi se do kapaciteta od 1.267.184 tona ekvivalentne nafte. Sa procenjenom količinom 279.133 tona ekvivalentne nafte za šumski ostatak, dolazi se do ukupnog kapaciteta šumske biomase od 1.546.317 tona ekvivalentne nafte.

Ostaci od drveća van šumskih površina pre svega podrazumevaju ostatke od uređenja gradskih i drugih površina i njihova energetska vrednost se procenjuje na 34.355 tona ekvivalentne nafte, [6].

4.4. Količine tečnog stajnjaka u Srbiji

Količine tečnog stajnjaka na farmama u Srbiji, moguće je proceniti prema kapacitetu farmi na kojima se on pojavljuje, kako na svinjogojskim tako i na govedarskim. Ta procena je izvedena na farmama društvenog sektora, kao i na značajnijim (po kapacitetu) privatnim farmama.

Na svinjogojskim farmama duštvenog sektora u Srbiji, dnevno se proizvede oko 4.600 m³ naturalnog tečnog stajnjaka. Na društvenim farmama Srbije, bez Kosova i Metohije dnevno se proizvede 3.026 m³ naturalnog tečnog stajnjaka goveda, a na privatnim farmama 2.214 m³, što ukupno čini iznos od 5.240 m³ naturalnog tečnog stajnjaka dnevno. Prema tome ukupna dnevna količina tečnog stajnjaka u Republici Srbiji iznosi približno 9.840 m³, odnosno 3.591.600 m³ godišnje [1]. Uzimajući donju toplotnu moć tečnog stajnjaka od približno 490 MJ/m³, dobija se godišnja količina tečnog stajnjaka izražena kao 42.224 tona ekvivalentne nafte.

4.5. Ukupni kapacitet biomase u Republici Srbiji

Trenutni kapacitet biomase u Republici Srbiji, bez analize mogućnosti gajenja energetskih biljaka na napuštenim površinama, prikazan je u Tabeli 4.8.

Tabela 4.8. Trenutni kapacitet biomase u Republici Srbiji

Vrsta izvora	Kapacitet, [toe]
Ostaci od ratarskih kultura	1.056.072
Ostaci u voćarstvu	529.333
Šumske ostaci i ostaci iz prerade drveta	279.133
Potencijal šumske biomase*	1.267.184
Ostaci od drveta van šume	34.355
Ostaci iz stočarske proizvodnje	42.224
UKUPNO:	3.208.301

*količina koja predstavlja razliku između godišnjeg prinosa i seče

Literatura:

1. Dr Mladen Ilić i drugi, Energetski potencijal i karakteristike ostataka biomase i tehnologije za njenu pripremu i energetsko iskorišćenje u Srbiji, Studija je urađena u okviru projekta ev. broj NP EE611-113A finansiranog od strane Ministarstva za nauku, tehnologije i razvoj Republike Srbije, 2003.
2. D. Stojadinović, Zakonski okvir i politike za razvoj korišćenja biomase u Srbiji, prezentacija sa sajta: <http://www.mem.gov.rs>.
3. Studija opravdanostikorišćenja drvnog otpada u srpskoj, Energy Saving Group, izradu studije omogućila Američka agencija za međunarodni razvoj (USAID).
4. Statistički godišnjak Srbije, Republički zavod za statistiku Srbije, 2009, ISSN 0354-4206.
5. B. Glavonjić, Potencijal drvne biomase u Srbiji, prezentacija sa sajta: <http://www.mem.gov.rs>.
6. Akcioni plan za biomasu 2010-2012, Vlada Republike Srbije, 2010.
7. Privredna Komora Srbije Zelena energija,
<http://zelenenergija.pks.rs/ZelenaEnergija.aspx?id=17&p=7&>

5. Tehnologije za pripremu biomase

Priprema biomase uključuje sve neophodne korake koje je potrebno sprovesti, od početnih aktivnosti prikupljanja biomase pa sve do njenog korišćenja u sistemima za sagorevanje, kako bi se:

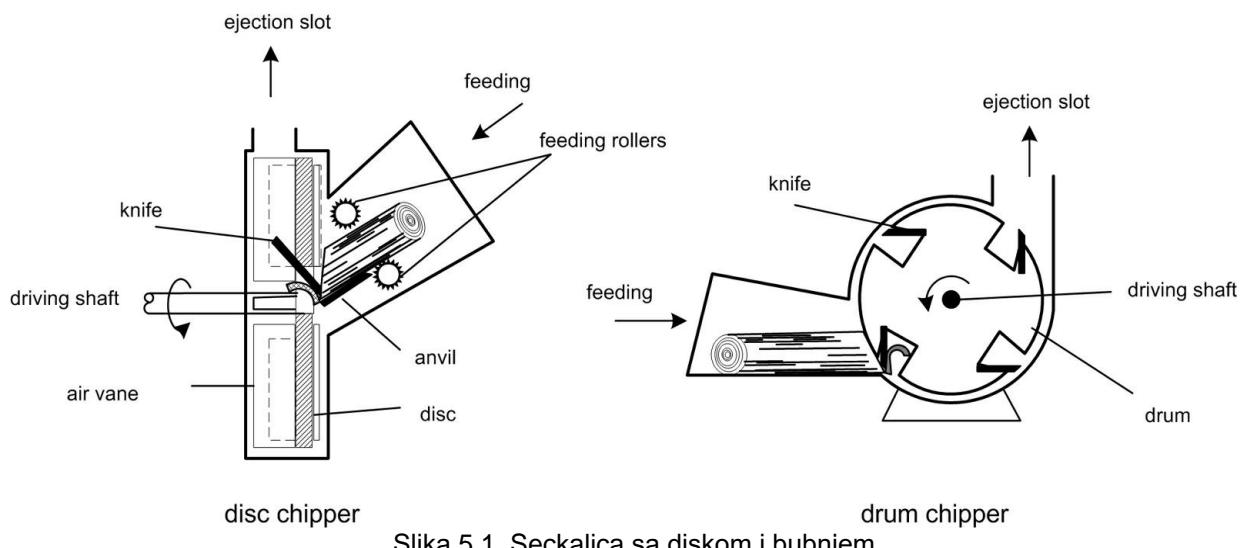
- smanjila cena postrojenja, obim manipulacije gorivom na samom postrojenju, automatizovao proces doziranja goriva;
- smanjile dimenzije skladišta goriva kroz povećanje „gustine enegrije“ u biomasi i
- odstranile nečistoće u gorivu u koje spadaju kamenje, zemlja, pesak, metalni delovi itd.

5.1. Usitnjavanje šumske biomase

Šumska biomasa obuhvata širok spektar od prašine nastale prilikom seče drveta, pa do komada prečnika 50 cm. Ova otpadna sirova biomasa je različitog oblika i veličina, te je neophodno njeno usitnjavanje pomoći sledećih operacija:

- lomljenje (50-250mm),
- sečenje (5-50mm),
- sprašivanje (0-80mm).

Najčešći tipovi seckalica su sa diskom i sa bubnjem koji su prikazani na Slici 5.1. Seckalica sa diskom sadrži masivan disk prečnika od 600-1000 mm i dva ili četiri sečiva, a debljina isečenog komada biomase se može menjati podešavanjem zazora između sečiva. Komad biomase nastao ovom opeacijom se, zbog svog prepoznatljivog oblika, u literaturi najčešće naziva „čips“. Ove mašine proizvode čips prilično ujednačenog oblika i dimenzija [1].



Slika 5.1. Seckalica sa diskom i bubnjem

Seckalica sa bubnjem se sastoje od rotirajućeg bubnja prečnika od 450-600 mm na kome su postavljeni noževi u dva ili četiri poduzna žleba na njegovoj površini (Slika 5.1.). Kao i kod seckalica sa diskom debljina čipsa se može birati podešavanjem noževa na bubnju. Veličina i oblik čipsa proizvedenog na ovoj mašini je uniformniji nego na seckalica sa diskom. Količina energije koja je potrebna za ovu operaciju je

na nivou od 1-3% od energije usitnjenoj drveta, a ovaj procentualni udeo se smanjuje kod vlažnijeg drveta, jer je tada koeficijent trenja manji.

Seckalice su dostupne u različiti veličinama i mogu biti pogonjene sopstvenim pogonom ili nekom dodatnom mašinom (Slike 5.2. i 5.3.). Doziranje biomase može biti ručno, kod malih dimenzija, ili pomoću dizalice, kada su u pitanju maštine većih kapaciteta. Takođe, seckalica mogu biti pokretne, za rad na terenu, ili stacionarne. Karakteristike različitih vrsta seckalica su prikazane u Tabeli 5.1.



Slika 5.2. Mobilna seckalica sa dodatnom dizalicom, [2]

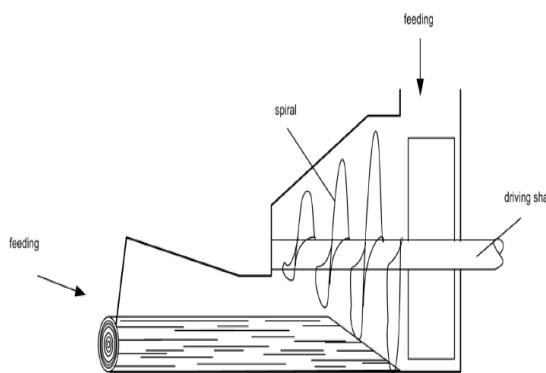


Slika 5.3. Mobilna seskalica, [3]

Tabela 5.1. Karakteristike različitih vrsta seckalica

Veličina	Producija, m ³ /ha	Prečnik korišćene biomase, cm	Način doziranja	Potrebna pogonska snaga, kW
Male	3-25	8-35	Ručno, dizalica	20-100
Srednje	25-40	35-40	Dizalica	60-200
Velike	40-100	40-55	Dizalica	200-550

Spiralna seckalica se sastoji od spiralnog sečiva koji se nalazi na horizontalnoj osovini. Nagib sečiva je isti poceloj dužini ali se njegov prečnik menja od nule na početku do maksimuma na kraju sečiva. Kako se osovina okreće, spiralno sečivo uvlači i seče materijal (Slike 5.4. i 5.4.a). prednosti ovog načina usitnjavanja šumske biomase je mala instalisana snaga, ali su veličina i oblik proizvedenog komada biomase znatno neuniformniji nego kod prethodnih seckalica.



Slika 5.4. Princip rada spiralne seckalice



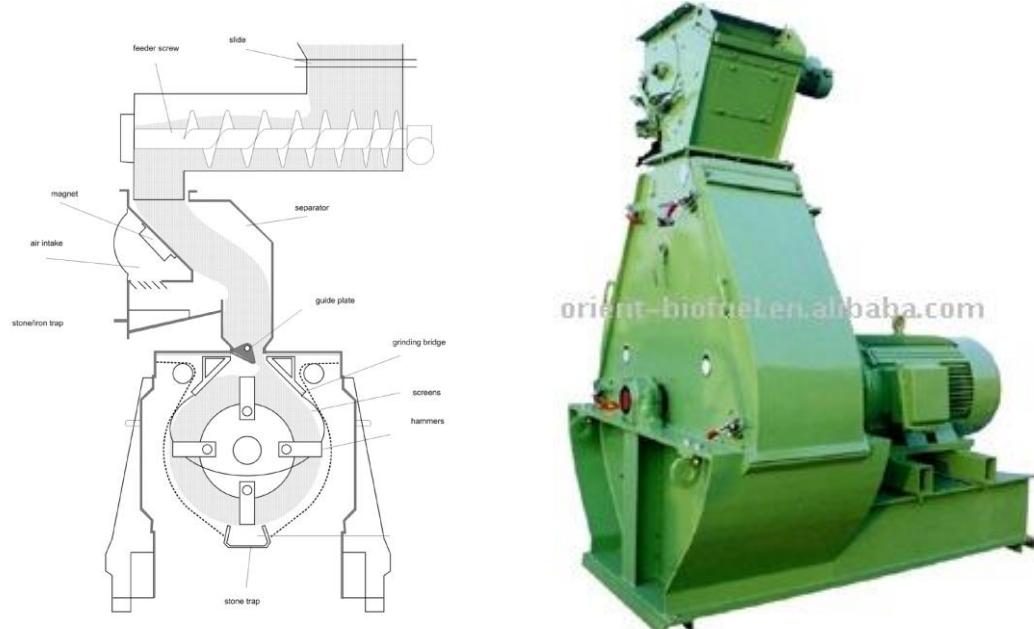
Slika 5.4.a. Spiralna seckalica, [4]

U cilju proizvodnje komada biomase čije su dimenzije manje od 5mm koriste se mlinovi. Fini mlinovi sadrže mnoštvo sečiva postavljenih na bubenju. Biomasa se istiskuje kroz nepokretni mrežasti prsten pomoću centrifugalne sile, a veličina proizvedenog komada zavisi od veličine otvora na mrežastom prstenu (Slika 5.5.).

Mlin sa čekićima sadrži brzi rotor sa letećim alatima za lomljenje. Usitnjavanje biomase se u ovom mlinu vrši pritiskanjem biomase između letećeg alata i kaveza (Slika 5.6. i 5.6.a). Ovaj mlin je veoma robusne konstrukcije, ali je mnogo osjetljiviji na eventualne metalne komade koji mogu ući sa biomasom nego seckalice.



Slika 5.5. Fini mlin, [5]



Slika 5.6. Princip rada mlina sa čekićima

Slika 5.6. a. Mlin sa čekićima, [6]

5.2. Priprema otpadne drvene biomase

Otpadna drvena biomasa je vrlo atraktivna i jeftin izvor energije za velika energetska postrojenja, pa se njoj u poslednje vreme u Evropi poklanja velika pažnja. Otpadnu drvenu biomasu pre svega predstavljaju ostaci iz drvnoprerađivačke proizvodnje,

razne vrste paleta itd. Komadi ove vrste biomase mogu biti veoma različitih dimenzija, a takođe mogu sadržati različite nečistoće koje prilikom sagorevanja mogu imati štetan uticaj na čivekovu okolinu. Zato je neophodno voditi računa o izboru načinu sagorevanja i tehnološkim merama neophodnim za sprečavanje štetnog uticaja.

U Evropi je ova vrta drvenog otpada svrstana u nekoliko grupa:

- Q1: hemijski netretirano drvo,
- Q2: kora,
- Q3: drvo koje sadrži vezivo bez halogena,
- Q4: površinski tretirano drvo,
- Q5: terisano drvo,
- Q6: impregnirano drvo,
- Q7: drvo koje sadrži halogene i plastične materijale.

Gradacija grupa od Q1 do Q7 je izvršena po njihovom štetnom uticaju pri čemu je poslednja grupa najopasnija. Osim ovoga odpadna drvena biomasa može da sadrži mnoge nečistoće (najčešće metale) zarobljene u biomasi koje takođe, značajno utiču na tehnološki proces sagorevanja. Neke studije su pokazale da se ove nečistoće najlakše mogu uploniti usitnjavanjem biomase na komade ispod 7mm. Nakon usitnjavanja biomase koncentracija slobodnih nečistoća se značajno povećava tako da je moguće njeno efikasno izdvajanje pomoću magneta. Jedno takvo postrojenje je prikazano na Slici 5.7. U njemu se biomasa najpre usitjava na komade do 100mm. Zatim se iz usitnjene mase magnetom izdhajaju gvoždeni komadi, nakon čega biomasa ide na prosejavanje kroz sita od 10mm, jer se prepostavlja da je najveći procenat nečistoća ispod ove granulacije. Nakon ovog sita biomasa ulazi u separator nemagnetnih metala i dalje ka skladištu. Producija ovih centralizovanih postrojenja može biti i do 100t/ha.



1-ulaz goriva, 2-drobilica, 3-izdnajač gvožđa, 4-sito od 4mm, 5-izdvajanje sitnih komada, 6-izbacivanje nemagnetnih metala, 7-pripremljena biomasa

Slika 5.7. Priprema otpadne drvne biomase

5.3. Baliranje biomase

Proces baliranja se najčešće odnosi na biomasu iz ratarske proizvodnje i sprovodi se u cilju sakupljanja ostatka sa polja nakon žetve. Baliranjem se povećava gustina energije biomase i olakšava rukovanje. Kada su u pitanju ratarske kulture baliranje predstavlja drugi korak nakon žetve, dok kod energetskih biljaka, kao što je

miskantus, ovaj proces predstavlja jedinu i osnovnu operaciju. Kvalitet goriva (biomase) može biti poboljšan i time ako se baliranje sprovodi nakon sušenja na polju, jer se tada smanjuje koncentracija u vodi rastvorljivih ekemenata, kao što su kalijum i hlor, koji nepovoljno utiču na proces sagorevanja. Ovaj proces se izvodi u cilju uklanjanja biomase sa obradivih površina i predstavlja prvi korak u lancu tretmana poljoprivredne biomase.

U zavisnosti od korišćenih mašina mogu se sresti različiti oblici i veličine bala: male četvrtaste, valjkaste, velike četvrtaste i kompaktne. Osnovne karakteristike ove četiri vrste bala prikazane su u Tabeli 5.2.

Tabela 5.2. Karakteristike različitih tehnologija baliranja

Parametar	Male četvrtaste	Valjkaste	Velike četvrtaste	Kompaktne
Potrebna snaga	kW	>25	>30	>60
Producija	t/h	8-20	15-20	14
Gustina presovanja	kg/m ³	120	110	150
Dimenzija	cm	40×50×50-120	Ø120-200×120-170	120×130×120-250
Masa	kg	8-25	300-500	300-500

Baliranje šumske otpadne biomase pre transporta u kombinaciji sa centralizovanim postupkom usitnjavanja je ekonomski najisplativiji način manipulacije ovom vrstom biomase. Bale su najsličnije valjkastim balama poljoprivredne biomase sa prečnikom od oko 1,2m i dužinom od 1,2m. Transport ovako pripremljene šumske biomase je za oko 50% jeftiniji od transporta nepripremljene biomase.



Slika 5.8. Snopovi šumske biomase

U Finskoj je razvijen novi način pripremanja šumske boimase u vidu uvezivanja u snopove (bundling), pri čemu se dobijaju snopovi dimenzija 0,6-0,8m u prečniku, dužine od oko 3,3m. i mase od 0,4-0,7t (Slika 5.8.). Mašina kojom se izvodi operacija je prikazana na Slici 5.9. i ima kapacitet od 20-30 snopova na sat.



Slika 5.9. „Bundler“, [7]



Slika 5.10. Transport snopova šumske biomase

Transport snopova se obavlja pomoću standardnih kaniona pri čemu može da stane od 60 do 70 snopova (Slika 5.10.). Povećanjem gustine biomase u snopu smanjuje se cena transporta. Na postrojenju za sagorevanje ovi snopovi se skladište u privremenom skladištu. Ako se uzme u obzir da su snopovi šimske biomase slabo osetljivi na vlažnost, u poređenju sa balama poljoprivredne biomase, onda se dolazi do zaključka da privremeno skladište ne mora biti pokriveno. Neposredno pre sagorevanja u ložištu ovi snopovi moraju biti podvrgnuti tretmanu ponovne pripreme odnosno usitnjavanja, radi zadovoljavanja tehnoloških potreba izabranog načina doziranja.

5.4. Peletiranje, briketiranje i torifikacija biomase

Operacije peletiranja i briketiranja se primenjuju u cilju povećanja gustine energije biomase, a izvode se uglavnom nad sitnim komadima kao što je strugotina. Peleti su cilindri prečnika 6-10mm, dok briketi, takođe imaju cilindričan oblik dimenzija od 30-100mm. Briketi zbog svoje dimenzije nisu pogodni za korišćenje u automatizovanim sistemima loženja i koriste se uglavnom ložištima u domaćinstvima. Peleti se odlikuju homogenim sastavom i sadržajem vlage i pogodni su za sisteme automatskog loženja, kako u ložištima za domaćinstvo, tako i u ložištima velikih energetskih postrojenja. Proces peletiranja (Slika 5.11.) sadrži nekoliko osnovnih operacija:

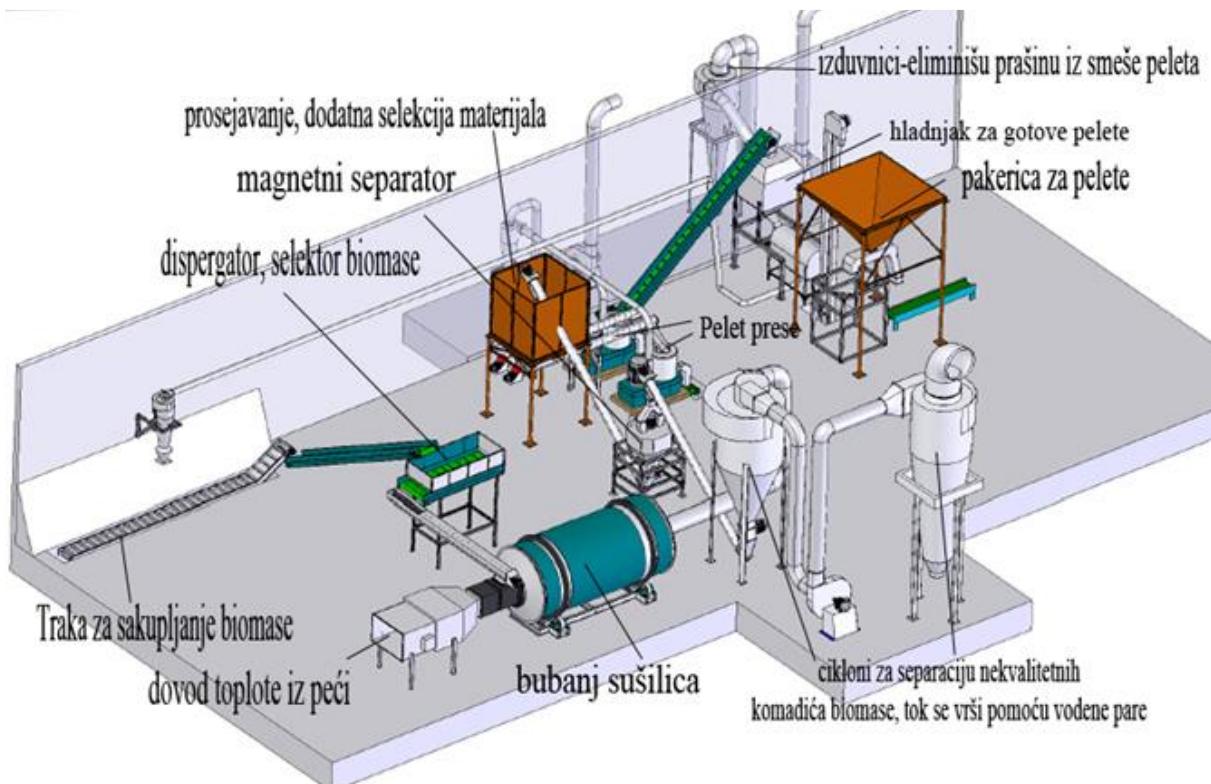
Sušenje. Zavisno od vrste drveta koia se koristi, sadržaj vlage u sirovom materijalu pre ulaska u proces mora biti između 8 i 12%. Usled činjenice da stabilnost procesa presovanja zavisi od vlažnosti materijala, konstantan sadržaj vlage je od suštinske važnosti. Ako je material previše suv, na površini čestica može doći do karbonizacije i veziva će izgoreti pre završetka procesa. Ako je drvo previše vlažno, vlage koja se nalazi u procesu ne može biti izbačena i može da poveća zapreminu pelata, atime naruši njegovu stabilnost.

Mlevenje. Veličina čestica biomase mora da bude smanjena u zavisnosti od prečnika peleta. Za ovu namenu koriste se mlinovi čekićari.

Priprema. U cilju intenziviranja sila adhezije čestice biomase moraju biti prekrivene tankim slojem vodene pare.

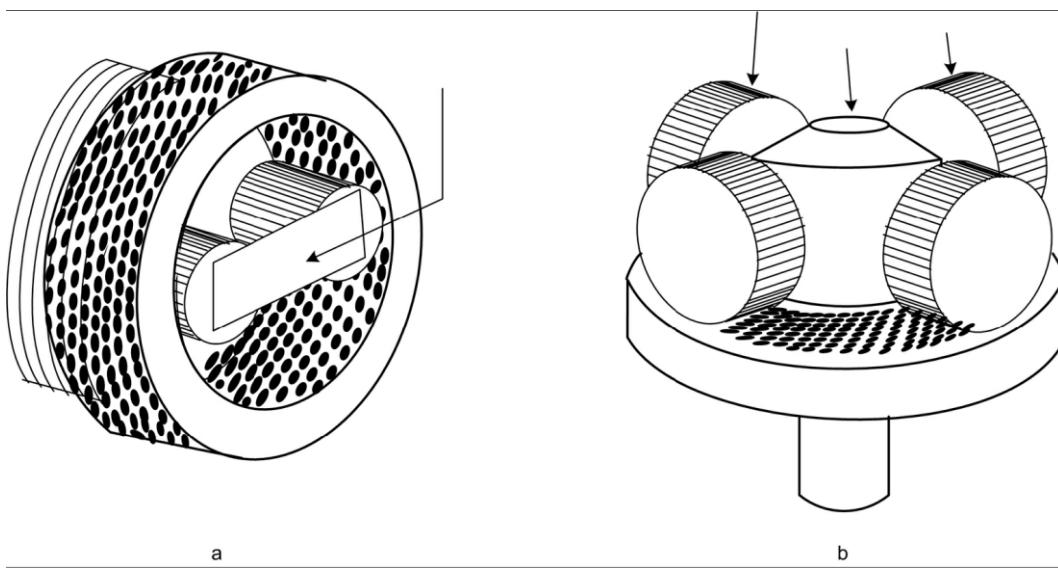
Peletiranje. Mašine za peletiranje drveta koriste ravan kalup ili prstenasti kalup (Slika 5.12.). Produktivnost presa za pelete kreće se rasponu od nekih 100kg do oko 10 tona na sat.

Hlađenje. Temperatura peleta povećava se tokom procesa presovanja. Stoga, pažljivo hlađenje peleta je od velike važnosti za njegovu dugotrajanost.



Slika 5.11. Šema procesa peletiranja, [1]

Sam proces peletiranja se generalno može izvoditi na dva načina i to pomoću ravnog i prstenastog kalupa. Princip je kod oba slučaja isti i sprovodi se tako što pripremljena biomasa pomoću valjaka biva istiskivana kroz otvore na kalupu. Oba principa su prikazana na Slici 5.12.



Slika 5.12. Prstenasti kalup (a), okrugli kalup (b)

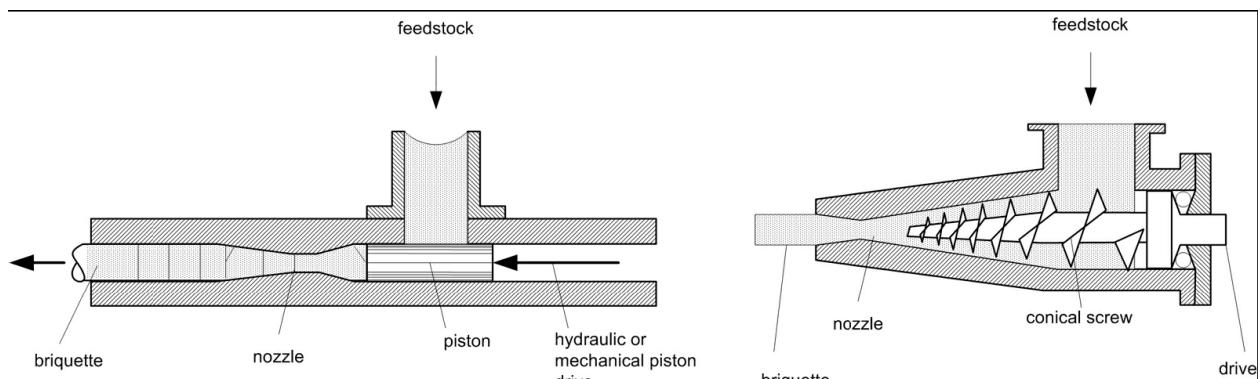
Nekoliko evropskih zemalja imaju nacionalne standarda za pelete i brikete, npr Austrija, Nemačka i Švedska. Kao primer, hemijskih i fizičkih svojstava peleta i briketa u skladu sa austrijskim standardu ONORM M 7135 je prikazan u Tabeli 5.3.

Tabela 5.3. Hemijska i fizička svojstava peleta i briketa u skladu sa ONORM M7135

Parametar	Jedinica	Drveni peleti	Drveni briketi
Prečnik D	mm	4-10	40-120
Dužina	mm	<5×D	<400
Nasipna gustina	t/m ³	>1,12	>1,00
Sadržaj vlage	%	<10	<10
Sadržaj pepela	%	<0,5	<0,5
Gornja toplotna moć	%	>18,0	>18,0
Sadržaj aditiva	%	<2	<2

Dalja istraživanja je potrebno vršiti u cilju da se poboljša stabilnost peleta i otpornost na abraziju. Da bi se smanjila emisija prašine tokom rukovanja i skladištenja važno je dodavanje materijala kao što su "crni-naliv", ali se time pogoršavaju karakteristike goriva (na primer povećanje sadržaja sumpora). Zbog ovoga, upotreba hemijskih dodataka u peletima je zabranjena u nekoliko zemalja (npr. Austrija, Nemačka, Danska).

Osnovne tehnologije za briketiranje su prikazane na Slici 5.13. Konstantan sadržaj vlage sirovine (12-14%), konstantan pritisak u briketu i dovoljno hlađenje su od suštinske važnosti za njegovu stabilnost. Proces briketiranja se izvodi tako što se paripremljena biomasa uvodi u mašinu, a zatim se povećava pritisak tako što se ona potiskuje kroz mlaznicu uz pomoć klipa (levo na slici) ili konusnog puža (desno na slici). Kao što je već rečeno biomasa u obliku briketa nije pogodna za korišćenje pri automatskom doziranju goriva u ložišta, pa stoga nije pogodna za primenu u velikim energetskim sistemima.



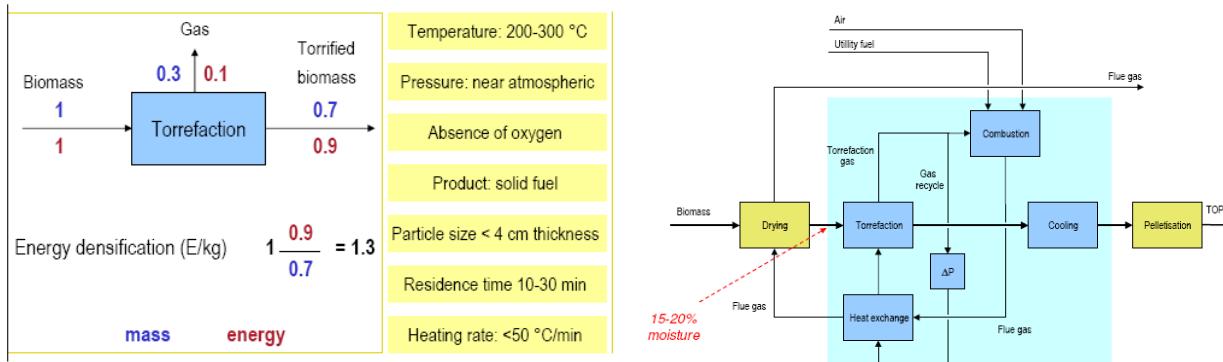
Slika 5.13. Tehnologije briketiranja, [1]

Karakteristike biomase se razlikuju od vrste do vrste, a njena toplotna moć uglavnom zavisi od sadržaja vlage. U cilju stvaranja visokoefikasne biomase za energetske lanci, torifikacija biomase u kombinaciji sa zgušnjavanjem (peletiranje i briketiranje), je obećavajući korak za prevazilaženje ove razlike.

Torifikacija biomase se može opisati kao blagi oblik pirolize na temperaturama obično u rasponu od 200-320°C, pod atmosferskim uslovima u odsustvu kiseonika. Tokom procesa, voda koja se nalazi u biomasi, kao i suvišno isparljivih bivaju uklonjeni, a biopolimeri (celuloza, lignin i hemiceluloza) delimično se razlažu izbacujući različite tipove isparljivih komponenti. Finalni proizvod je čvrsta, suva, goriva masa koji se naziva "torifikovana biomasa" ili "bio-ugalj". Tokom torifikacije biomasa menja svoja svojstva tako da se dobija mnogo kvalitetnije gorivo za

sagorevanje, a u kombinaciji sa zgušnjavanjem proizvodi se gorivo znatno veće toplotne moći od 20-25 GJ/t.

U procesu biomasa gubi obično 20% od svoje mase (suve osnove) i 10% energije. Ova energija može da se koristi kao gorivo za odvijanje procesa torifikacije. Šema ovog procesa je prikazana na Slici 5.14.



Slika 5.14. Torifikacija biomase

Benefit ovog procesa se ogleda u tome što se proces može obavljati i na mestima koja nisu neposredno uz objekat u kome se vrši sagorevanje jer je cena transporta ovako dobijenog goriva znatno niža od cene transporta klasične biomase.

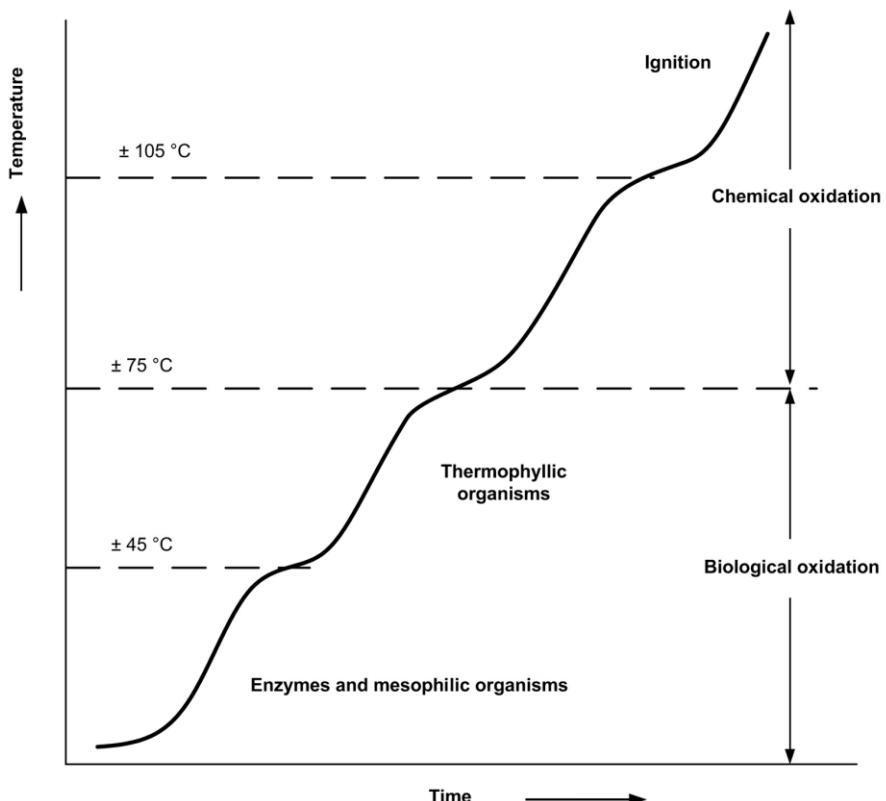
5.5. Skladištenje biomase

Planiranju skladištenja biomase treba posvetiti posebnu pažnju jer njena produkcija tokom godine nije konstantna i najintenzivnija je u prirodnom periodu vegetacije od proleća do jeseni. Ovo se pre svega odnosi na poljoprivrednu biomasu. Stoga je neophodno formirati skladišta dovoljnog kapaciteta da se pokrije godišnja potreba za biomasom i amortizuju eventualni gubici koji mogu nastati u narednoj sezuni zbog smanjene produkcije. Zato se uz svako postrojenje obrazuju dva skladišta dugoročno i privremenog. Dugoročno skladište mora biti velikih dimenzija, usled male gustine energije biomase, tako da nije zgodno da bude uz samo postrojenje. Kao posledica toga javlja se potreba za formiranjem i privremenog skladišta, čiji bi kapacitet bio dovoljan da zadovolji potrebe za energijom za nekoliko dana. Manipulacija gorivom ozmeđu ova dva skladišta, u zavisnosti od vrste biomase, se odvija pomoću dizalica ili raznih vrsta urovarivača.

Šumska biomasa se u dugoročno skladište najčešće doprema u obliku čipsa, gde se skladišti u nasutom stanju. Ovom prilikom treba uzeti u obzir da usled biohemijske razgradnje može doći do porasta temperature u skladištu do nivoa koji prelazi granicu samopaljenja. Šematski prikaz ove pojave je prikazan na Slici 5.15. opisani efekat zavisi od niza faktora kao što su: vrsta skladištene biomase, veličina komada, visina skladišta, ambijentalni uslovi, uslovi proveravanja skladišta itd.

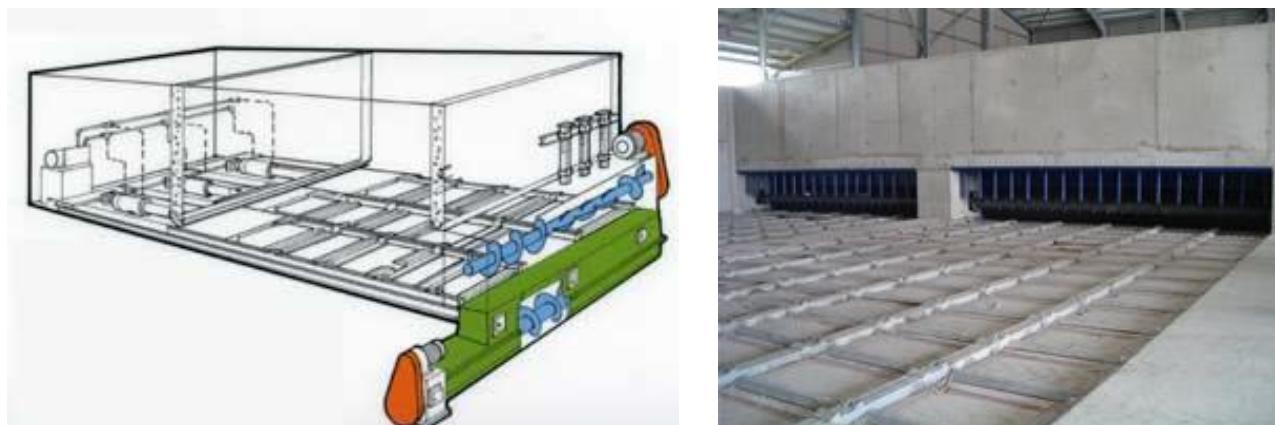
Kada je u pitanju skladištenje svežeg drvenog čipsa ili kore, temperatura u jezgru sloja obično raste do 60°C u toku prvih dana. Dalji porast temperature nije zabeležen u slučaju kada je veličina komada biomase veća od 20cm. Samopaljenje se uglavnom javlja u sloju kore i može da se izbegne kada se kora skladišti do maksimalne visine 8m i kada je vreme skladištenja manje od pet meseci. Biomasa u nasutom sloju ne bi trebalo da bude previše sabijena jer to može dovesti do koncentracije vlage na lokalnim mestima u sloju, što dovodi do povećane sklonosti za samozagrevanje. Biomasa treba da sadrži homogeni materijal. U hrpe različitih materijala ili različite grupe od istog materijala (npr. sa različitim sadržajem vlage) u

procesu samo-grejanje može da počne u niša i mogu da se prošire u odnosu na ostatak prostora gomile. Kontrola sloja biomase u odnosu na rizik od samozagrevanja i samopaljenje mogu vršiti kombinacijom merenja temperature i sastava gasa. Merne tačke za temperature moraju biti ravnomerno raspoređene po čitavoj zapremini sloja. Detektovanje koncentracije ugljendioksida predstavlja početnu fazu samopaljenj, dok detektovanje prisustva ugljenmonoksida označava razvoj kasnijih faza samopaljenja. Ventilacija skladišta može smanjiti gubitke suve materije, ali ventilacija je skupa i stoga, u većini slučajeva se ne koristi na industrijskim nivoima. Kada je u pitanju skladištenje sveže biomase u zatvorenom prostoru, sadržaj vlage može smanjiti prirodnom konvekcijom. Zato zidovi hale za skladištenje treba da omoguće vazduhu promet preko sloja. Pored toga, prirodna konvekcijska vazduha kroz biomasu sprečava samo-paljenje. Otvoreno skladištenje suve biomase treba izbegavati zbog mogućeg ponovnog vlaženja od padavina. Otvorena skladišta biomase sa malim veličinama čestica, kao što su piljevinu, može izazvati emisiju prašine i nije preporučljivo u naseljenim područjima. Za ovu vrstu goriva, preporučljivo je skladištenje u zatvorenim prostorijama.

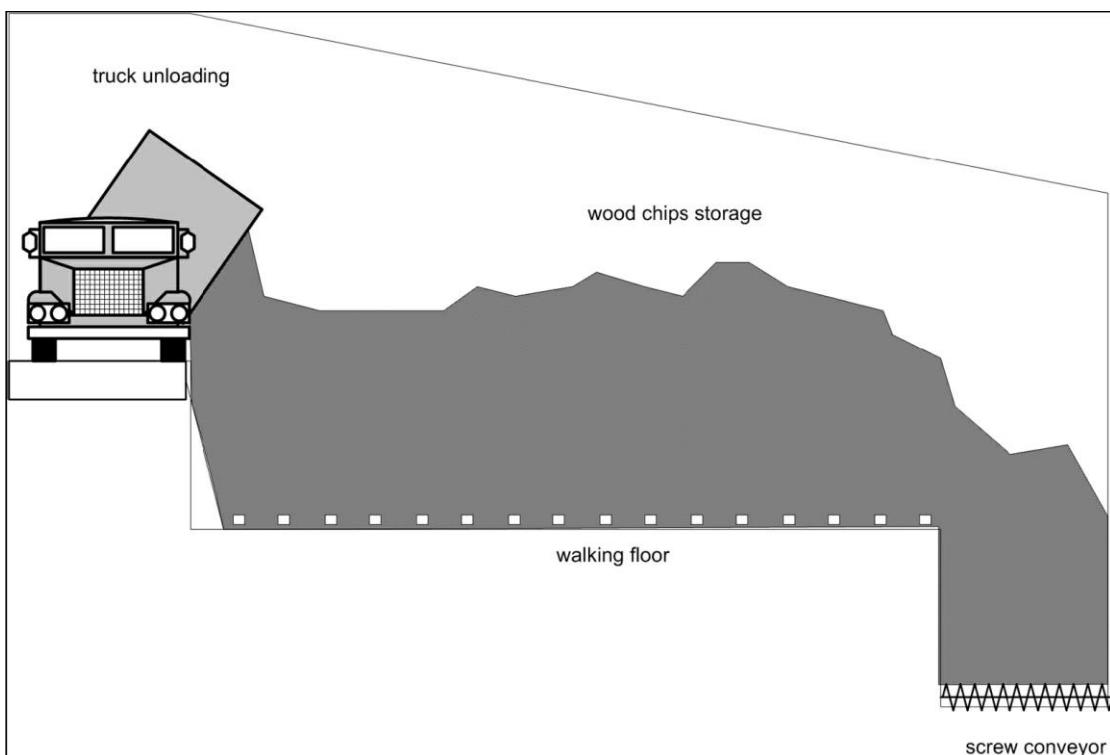


Slika 5.15. Porast temperature u skladištu usled biohemiske razgradnje

Kratkoročna skladišta biomase su u direktnoj vezi sa sistemom za doziranje goriva na postrojenju. Za biomasu kao što su kora i drveni čips, mogu se koristiti bunkeri sa klizač transporterom ili pokretnim podovima. Klizač transporter (Slika 5.16.) se odlikuju vrlo robustnom konstrukcijom i posebno su pogodni za goriva kao što su kora ili čips drveta. Za razliku od klizač transportera, pokretni podovi guraju celu količinu biomase odjednom. Pokretni podovi su posebno pogodni za automatsko pražnjenje dugoročnog skladišta, bez dodatnih uređaja, ali imaju nedostatak koji se ogleda u tome da bi se dospila odrežena visina skladišta biomase se potiskuje sa dna sloja (Slika 5.17.).



Slika 5.16. Klizač transporter, [1]



Slika 5.17. Transporter sa pokretnim podom, [1]

Piljevina i fini otpad od drveta se najbolje skladišti u zatvorenim silosima kako bi se izbegle emisije prašine. Prečnik takvog silosa može da bude do 15m, a visina može biti i do 40m. Za automatsko pražnjenje ovih silosa koristi se kosi pužni dozator (Slika 5.18).



Slika 5.18. Kosi pužni dozator, [8]

Balirana drvna biomasa može biti smeštena na otvorenom, jer je njena osetljivost na biološku degradaciju vrlo niska. Balirana poljoprivredna biomasa može da se uskladišti na različite načine. Njen nizak sadržaj vlage je ograničavajući faktor za skladištenje na otvorenom, jer se ona mora zaštитiti od vlaženja. Dugoročno skladištenje ove vrste biomase na otvorenom može dovesti do velikih gubitaka na gornjim i donjim slojevima skladišta usled delovanja vlage. Pokrivanje bala sa ciradom ili čvrstim krovom štiti gornji sloj, dok je donji sloj i dalje izložen uticaju vlage. Zatvoreni sistemi skladištenja su najbolji ali i najskuplji i predstavljaju realnu opciju za skladištenje balirane poljoprivredne biomase.

5.6. Manipulacija i doziranje biomase

Sistem za doziranje goriva služi za transport od privremenog skladišta pa do sistema za sagorevanje, odnosno ložišta. Imajući u vidu da ovaj sistem direktno zavisi od izabranog načina sagorevanja, njegovom projektovanju mora se posvetiti posebna pažnja. Pri tome se mora voditi računa o karakteristikama goriva, razdaljini sa koje se ono transportuje, riziku od zapaljenja i eksplozije, kapacitetu transporta itd.



Slika 5.19. Automatski kran za bale, [9]

Najjednostavniji način manipulacije biomasom je pomoću utovarivača. On je pogodan za sitnu biomasu kao što su drveni čips, piljevina, peleti itd. Mana je što ovaj način ne može biti primjenjen za automatski rad jer zahteva rukovanje ljudstva. Automatski način manipulisanja ovom vrstom materijala je moguće pomoći sistema sa kranom (Slika 3.19.). Upotreba automatskog krana je pogodna i kada su u pitanju bale bili poljoprivredne, bilo šumske biomase (Slika 3.20.)

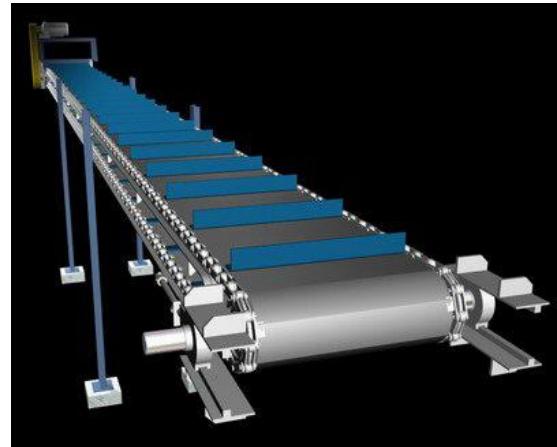


Slika 5.20. Automatski kran za drveni čips, pelete, piljevinu, [1]

Za transport usitnjene biomase na veće razdaljine koristi se trakasti transporter. Ovaj transporter se često koristi i za doziranje goriva, a izdvaja ga njegova jednostavna konstrukcija. Međutim, ovaj transporter nije pogodan za transport sa nagibom, a osjetljiv je i na spoljašnje uticaje. Cevni trakasti transporter (Slika 5.21.) nadomešćuje nedostatke običnog trakastog transportera, nije osjetljiv na spoljašnje uticaje, a njegova konstrukcija sprečava i emisiju prašine u okolini.



Slika 5.21. Cevni trakasti transporter

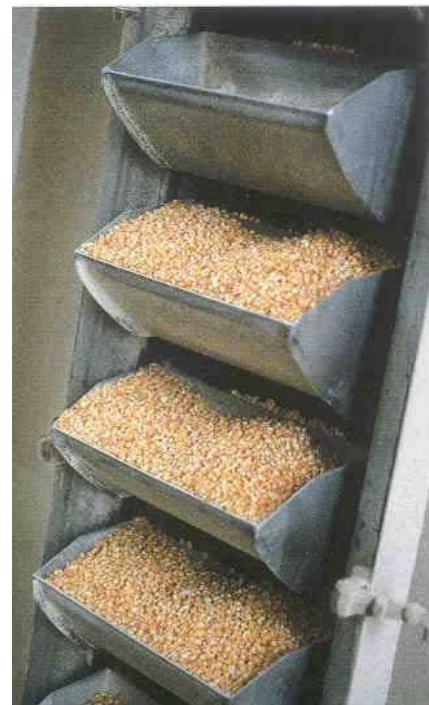


Slika 5.22. Lančasti transporter, [10]

Za podizanje biomase na željenu visinu i njeno doziranje u ložište izdvajaju se nekoliko transportera. Lančani transporter (Slika 5.22.) je pogodan za transport usitnjene biomase horizontalno i li vertikalno (90°). Punjenje i pražnjenje lančanog transportera je moguće na bilo kojoj visini odnosno, na bilo kom rastojanju između minimalne i maksimalne visine. Transporter može biti i potpuno zatvoren, ako je neophodno smanjiti emisiju prašine.



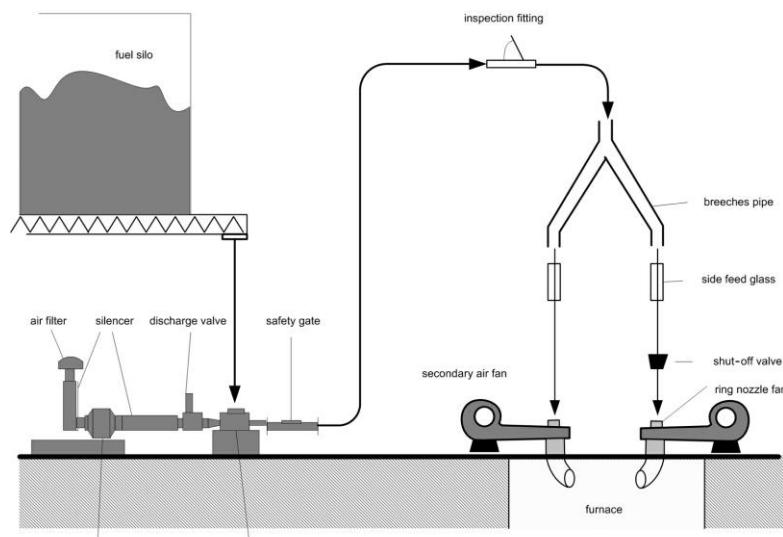
Slika 5.23. Pužni transporter, [11]



Slika 5.24. Transporter sa kofom, [12]

Pužni transporter (Slika 5.23.) je najpogodniji za sisteme doziranja usitnjene biomase do 50mm. Vrlo je jednostavne konstrukcije i niske cene, a i emisija prašine je svedena na najmanju moguću meru. Nedostaci ovog sistema su relativno visoka potrošnja energije i osetljivost na velike razlike u granulaciji biomase. Izdvaja se kao najpogodniji za doziranje peleta. Problem doziranja biomase širokog opsega granulacije je rešen korišćenjem transportera sa kofom (Slika 5.24.). ovaj transporter je robusne konstrukcije i može imati kapacitet i do 400 t/h, a visinu dizanja i do 40m.

Za doziranje vrlo sitne biomase kao što su piljevina i samlevena poljoprivredna biomasa u upotrebi se mogu naći pneumatski transporteri. Pogodni su za sisteme sa sagorevanjem u sprašenom stanju, a putanja transporta ne mora biti pravolinjska. Šema ovog načina transporta je prikazana na Slici 5.25.



Slika 5.25. Šematski prikaz pneumatskog transportera, [1]

U ovom odeljku su prikazani najvažniji sistemi za prikupljanje, pripremu, transport, skladištenje manipulaciju i doziranje biomase od mesta prikupljanja, pa do mesta sagorevanja. Tabela 5.4. daje komparativni prikaz cene i potrošnje energije nekih operacija u ovom lancu. Poređenje može biti korisno prilikom izbora tehnoloških operacija.

Tabela 5.4. Cene i potrošnja energije pojedinih tehnoloških operacija prikupljanja biomase

Proces	Cena po toni proizvoda, €/t	Utrošak energije, kWh _e /t
Lomljenje, seckanje	6	15
Seckanje	12,5	25
Sprašivanje	31	40
Mehanička separacija	9,5	10
Briketiranje, peletiranje	7,5-25	15-80
Sušenje	7	-

5.7. Mlevenje biomase

Proces usitnjavanja predstavlja važan deo u mnogim industrijskim sistemima. Skoro sva industrijska postrojenja zahtevaju da njihove sirovine prođu proces smanjenja veličine ili pre uvođenja u proces rada ili kroz naknadnu obradu proizvoda. Mlinovi ne služe samo za usitnjavanje, već i za dobijanje čestica tačno određene granulacije. Zbog toga oni poseduju sita kroz koja mogu da prođu samo čestice određene granulacije. Pri sagorevanju čvrstih čestica veoma je važno ostvariti uniformno i potpuno sagorevanje. Što su čestice manje i uniformnije one će brže sagoreti i na taj način će proces sagorevanja biti efikasniji.

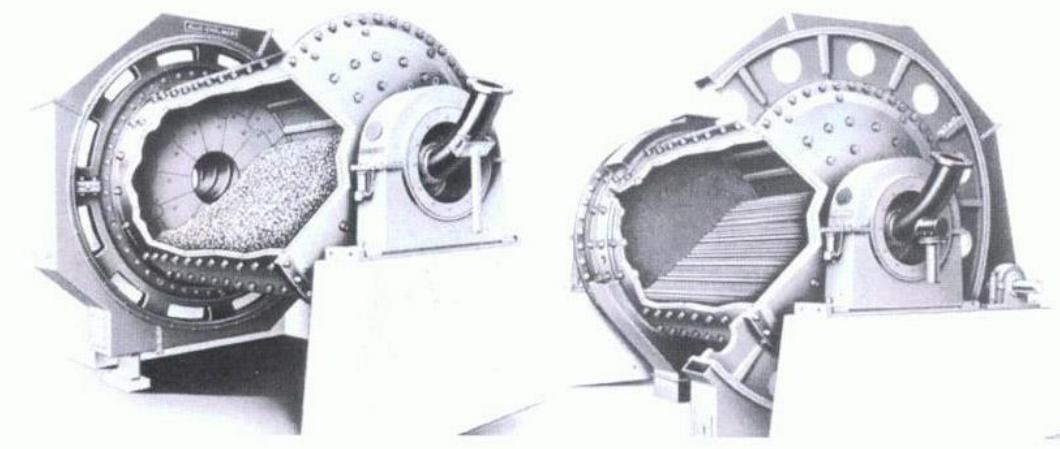
Pored brojnih istraživanja u poslednjih nekoliko decenija proces usitnjavanja čestica je i dalje neefikasan. Oko 5% proizvedene električne energije se troši u elektranama koje koriste ugalj u sprašenom stanju na sopstvenu potrošnju gde spada i usitnjavanje čestica. Prema tome, i mala poboljšanja u ovoj oblasti mogu da donesu velike uštede za industriju.

U ovom delu će biti prikazani neki od najčešće korišćenih mlinova za mlevenje uglja ili uglja i biomase. Biće ukratko prikazani kuglični mlinovi, mlin čekićar kao i mlin sa vertikalnim vretenom. Kuglični i mlin sa vertikalnim vretenom se najčešće koriste u elektranama na sprašeni ugalj. Neke termoelektrane na ugalj koriste i mlinove čekićare koji se takođe mogu koristiti i za mlevenje biomase. Pored ova tri navedena mлина ovde će biti prikazan i mlin sa noževima koji je najpogodniji kada je u pitanju usitnjavanje biomase zbog posedovanja sečiva.

5.8. Kuglični mlinovi

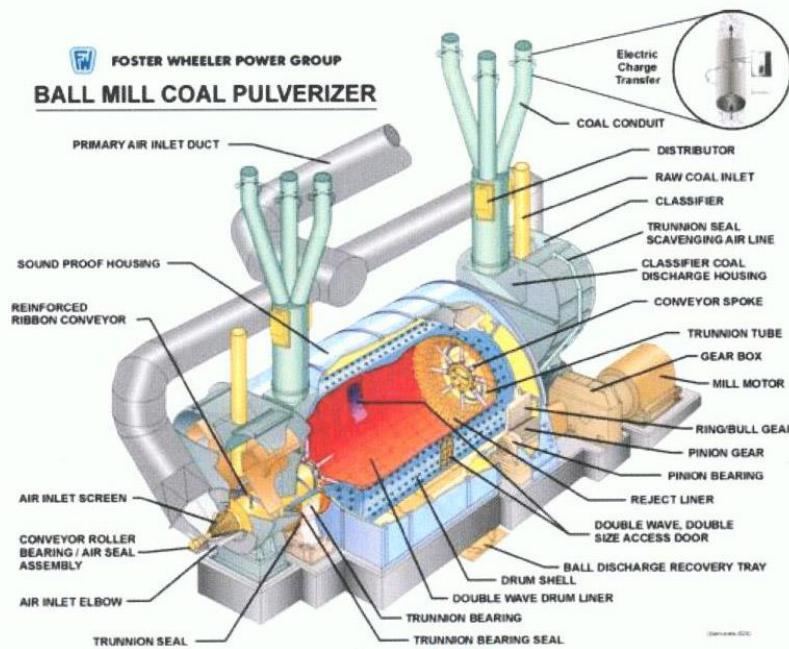
Kuglični mlinovi spadaju u kategoriju mlinova za drobljenje. Kuglični mlin u svom najjednostavnijem obliku ima cilindrični omotač koji se okreće oko svoje horizontalne ose. Ispunjen je do polovine svoje zapremine čvrstim materijalom kojim se melje (kuglice ili šipke) i materijalom koji treba samleti [13]. Međusobnim sudaranjem čeličnih medijuma za mlevenje i sirovine za mlevenje dovodi do usitnjavanja materijala koji se melje. U kuglične mlinove se mogu dozirati sirovine veličine do 50mm, te zbog toga se ovim mlinovima mogu mleti različiti materijali kao što je ugalj, različiti minerali za grnčariju (feldspar). Generalno efikasnost mlevenja se povećava sa povećanjem materijala koji se melje, dok se ne popune praznine između kuglica. Svako dalje povećanje količine materijala koji se melje dovodi do smanjenja

efikasnosti [13, 14]. Veliki kuglični mlinovi imaju prečnik omotača 3m i dužinu do 4,25m [13].



Slika 5.26. Kuglični mlin (levo), Mlin sa šipkama (desno) [3]

Kuglice u mlinovima za mlevenje uglja se uglavnom izrađuju od čelika, prečnika od 12 do 125mm, i zauzimaju od 30-50% zapremine mlina [13, 14]. Kuglice mogu biti izrađene od različitih materijala kao što su aluminijum triksid, nerđajući čelik, cirkonijum oksid i na kraju hromirane da bi bile teže i otpornije na habanje. Maksimalni stepen habanja čeličnih kuglica je 0,3 kg na 1000 kg sirovog materijala koji se melje [14].



Slika 5.27. Foster Wheeler mlin za mlevenje uglja [16]

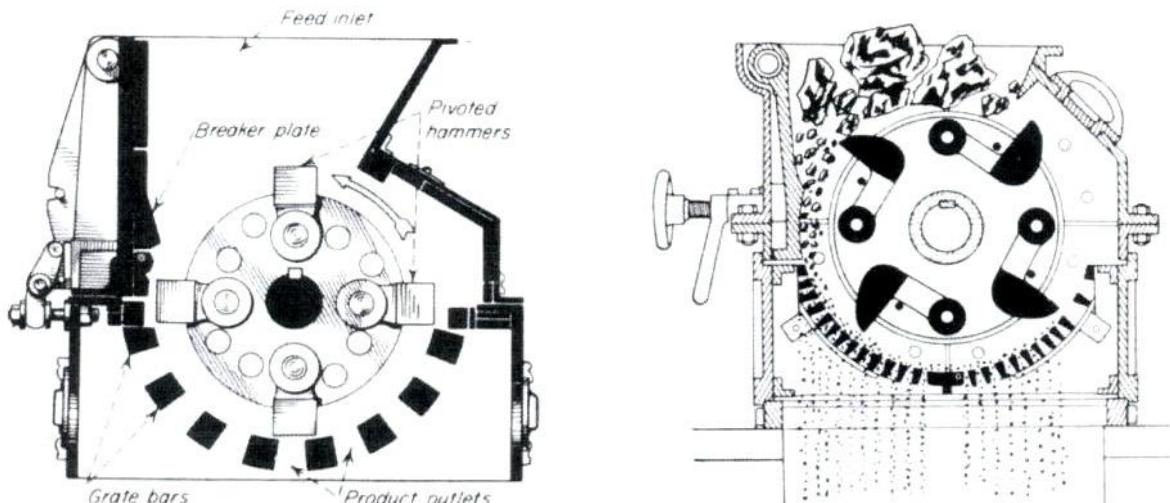
Unutrašnja površina omotača mlina se uglavnom izrađuje od materijala otpornog na habanje kao što je manganski čelik, kamen ili guma. Kuglični mlinovi se koriste kako za mlevenje u kontinuitetu tako i za mlevenje u serijama, a takođe se može mleti i svu i vlažan materijal.

Biomasa kao što je drvo, slama, šećerna trska nije pogodna za mlevenje u ovakvim mlinovima. Njihova vlaknasta struktura i visok sadržaj vlage je čine nepogodnom za mlevenje u kugličnim mlinovima. Autori [17] koji su ispitivali mogućnost mlevenja drvnog čipsa u kugličnim mlinovima ustanovili su da se komadići drveta nisu smanjili

već su samo bili spljošteni, i zbog toga nije bilo moguće njihovo doziranje u gorionike zajedno sa sprašenim ugljem.

5.9. Mlinovi čekićari

Mlinovi čekićari se sastoje od rotora koji se okreće velikom brzinom, na kome se nalaze tri ili više čekića koja se okreću u cilindričnom kućištu. Rotor je obično u horizontalnom položaju ili pod nekim uglom u odnosu na horizontalni [13, 14]. Materijal za mlevenje se ubacuje sa gornje strane kućišta i biva odmah zgnječen čekićima. Samleveni delovi prolaze kroz rešetku i odlaze u sistem za doziranje ka gorionicima. Šematski prikaz mlina čekićara je dat na Slici 5.28.



Slika 5.28a. Šematski prikaz mлина [18]

Slika 5.28b. Mlin čekićar sa profilisanim čekićima [18]

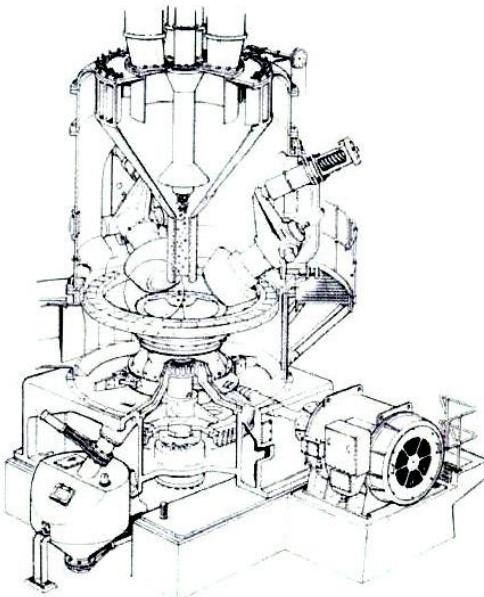
Ovi mlinovi mogu na jednom vratilu da imaju više rotirajućih diskova gde se na svakom mogu naći od tri do osam čekića. Ovi diskovi mogu biti prečnika od 150 do 450 mm [13]. Čekić može biti pravougaonog profila, kao na Slici 5.28a., ili može biti sa specijalno profilisanim krajevima, kao na Slici 5.28b.

Mlinovi čekićari koji se koriste za dobijanje finije granulacije, imaju brzinu do 110 m/s i mogu samleti od 0,1 do 15 t/h do granulacije 74 µm. Pravilnim izborom čekića i rešetke ovi mlinovi predstavljaju najbolji izbor kako za mlevenje krečnjaka, uglja, mineralnih sirovina, tako i za mlevenje vlaknastih materijala kao što je drveni čips [13, 14]. Kapacitet i potrebna energija za rad ovih mlinova zavisi od vrste materijala koji se melje, a neki komercijalni mlinovi obično imaju učinak od 60 do 240 kg po kWh.

5.10. Mlin sa vertikalnim vretenom

Mlinovi sa vertikalnim vretenom spadaju u grupu mlinova gde se usitnjavanje materijala vrši tako što se on nađe između valjaka koji melje i prstenastog kućišta. Često se nazivaju i mlinovi sa rotirajućim prstenom. Najčešće se koriste Bowl (Slike 5.29. i 5.30.), Babcock i Wilcox (Slika 5.31.), i Raymond mlin (Slika 5.32.). Razlike među njima se ogledaju u obliku valjaka, kao i načinu na koji se odvija mlevenje u kućištu.

Na Slici 5.29. je dat šematski prikaz Bowl mлина. Treba napomenuti da unutar ovog mлина nema kontakta metal-metal između valjaka i prstenastog dela. Materijal za mlevenje se ubacuje odozgo, zatim se usmerava na valjke i zatim dolazi do mlevenja sirovine. Kapacitet ovog mлина je 50 t/h. Da bi se stekao osećaj za veličinu valjaka koji melju, najbolje se može videti na Slici 5.30.

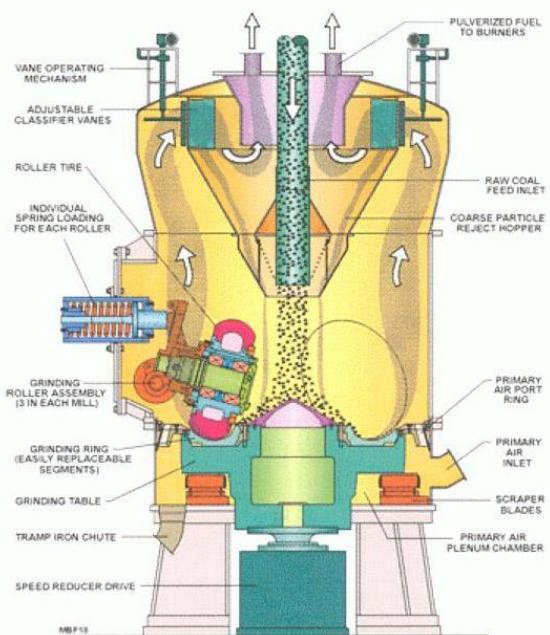


Slika 5.29. Šematski prikaz Bowl mлина

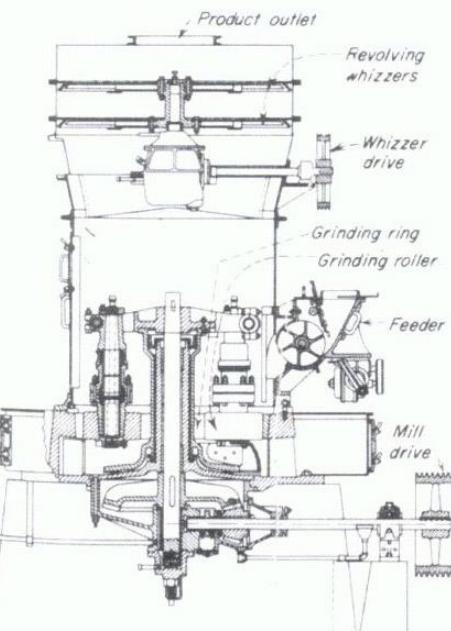


Slika 5.30. Veličina valjka za mlevenje

Raymond mlinovi se razlikuju od ostalih po načinu na koji se kreću valjci unutar mlinova. Ovde se valjci kreću oko vertikalne osovine po nepokretnom prstenu. Klasifikacija čestica se vrši vazduhom tako da sitnije čestice odnosi struju vazduha u gorionik, dok one krupnije usled gravitacije padaju u mlin na ponovno mlevenje. Ova vrsta mlinova se koristi za mlevenje nemetalnih materijala kao što su glina, gips, ugalj i drugi organski materijali [18]. Kapacitet ovih mlinova se kreće u opsegu od 0,5 do 50 t/h uz snagu od 28 do 500 kW [18]. Šematski prikaz jednog ovakvog mlinova dat je na Slici 5.32.



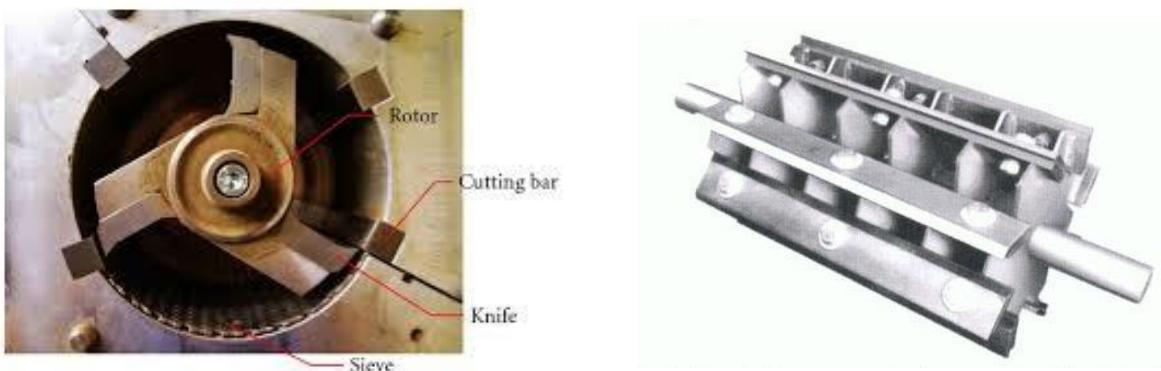
Slika 5.31. Foster Wheeler mlin sa rotirajućim prstenom i tri valjka



Slika 5.32. Šematski prikaz Raymond mлина [6]

5.11. Mlin sa noževima

Mlinovi sa noževima se uglavnom koriste za žilave i vlaknaste materijale, gde je važnija brzina sečenja materijala, a ne velika upotreba sile. Noževi veoma lako usitnjavaju biomasu različite vlažnosti. Rotirajući sekač ima nekoliko sečiva pričvršćenih za disk koji se okreće velikim brzinama od 200 do 900 obrtaja u minuti [13]. Noževi su izrađeni od kaljenog čelika, nerđajućeg čelika ili nekog drugog čelika otpornog na koroziju [13, 18]. Ova vrsta mlinova nije preporučljiva za mlevenje uglja, mineralnih ruda itd. Šematski prikaz mлина sa noževima je dat na Slici 5.33.



Slika 5.33. Šematski prikaz mлина sa noževima

Slika 5.34. Osam noževa postavljenih na vratilu

U odnosu na prethodno pomenute mlinove ovaj mlin ima znatno manji kapacitet. Tipičan mlin sa noževima instalirane snage od 4 do 48 kW ima kapacitet mlevenja do 2 t/h. Ovi mlinovi mogu da usitne materijal do veličine od 1,5 mm [18], tako da se ne mogu koristiti u termoelektranama koje koriste sprašeni ugalj ukoliko ne postoji još neki dodatni uređaj za mlevenje.

Literatura:

1. S. van Loo, J. Koppejan, The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing, Earthscan, London-Sterling, VA, 2008, ISBN: 978-1-84407-249-1.
2. <http://www.mtstree.com/photos.asp?pid=1>
3. <http://www.cbi-inc.com/news-and-events/press-room/media-assets.aspx>
4. <http://gasifiers.bioenergylists.org/gasdoc/chippers/takala.html>
5. <http://www.cee-environmental.com/en/company/products/page/2/letter/M>
6. http://www.hardware-wholesale.com/d-p1118167279822463025- biomass_hammer_mill_wood_crusher_pulverizer/
7. <http://www.kingwell-holdings.co.uk/rc/viewad.asp?id=50149680523100002>
8. <http://www.ferret.com.au/c/Inox-Fabrications-Australia/Inclined-mobile-screw-conveyors-from-Inox-Fabrications-n733171>
9. <http://warehousenews.co.uk/?p=6326>
10. <http://www.turbosquid.com/FullPreview/Index.cfm/ID/229610>
11. <http://www.complement.co.th/Product-Screw.htm>
12. <http://hanovebelt.en.made-in-china.com/product/XMyQoBhTZAYb/China-Bucket-Elevator-Belt.html>
13. McCabe, W.L., Smith,J.C., Harriott, P., „Unit operations of chemical engineering“, McGraw Hill Inc. Singapore, 1993.
14. Coulson J.M., Richardson,J.F., „Chemical engineering“, Pergamon press, Great Britain, 1980.
15. Kelly, E.G., Spottiswood, D.J., „Introduction to mineral processing“, The Australian Mineral Foundation, Australia, 1995.
16. Foster-Wheeler, „Foster-Wheeler Ball Mill Pulverisers“, 2005.
17. Enks, W., „Technical Manager of Bayswater Power Station“, 2002.
18. Perry's, „Perry's Chemical engineers' handbook“, McGraw Hill Inc. Singapore, 1984.

6. Tehnologije za sagorevanje biomase

U principu, moderna industrijska postrojenja za sagorevanje biomase mogu se generalno podeliti prema sledećim tehnologijama sagorevanja[1]:

- sagorevanje u fiksnom sloju,
- sagorevanje u fluidizovanom sloju,
- sagorevanje u letu.

Sistemi za sagorevanje u fiksnom sloju podrazumevaju ložišta sa rešetkom i ložišta sa loženjem odozdo. Kod ovih sistema, s obzirom na to da se primarni vazduh u zonu sagorevanja uvodi kroz sloj, prisutne su četiri karakteristične zone: sušenje, piroliza, gasifikacija i sagorevanje koksнog ostatka. Proizvodi sagorevanja, koji napuštaju ove četiri zone, u sebi sadrže značajnu kojčinu gorivih gasova, kao što su ugljen monoksid i metan (lakši ugljovodonici), potpuno dogorevaju u komori koja je obično odvojena od fiksног sloja i u koju se uvodi skundarni vazduh.

U ložištima koja rade po principu sagorevanja u fluidizovanom sloju, gorivo sagoreva u sloju inertnog materijala (najčešće je to pesak ili hematit). Karakteristična razlika ovog tipa ložišta u odnosu na ložišta sa fiksним slojem je, između ostalog, u tome što ne postoje jasno definisane četiri pomenute zone, već se procesi od sušenja do sagorevanja koksнog ostatka odvijaju istovremeno. U zavisnosti od brzine fluidizacije postoje dva tipa ložišta sa fluidizovanim slojem: mehurasti i cirkulacioni.

Ložišta za sagorevanje biomase u sprašenom stanju su namenjena za sagorevanje sitnih čestica biomase (piljevina, lјuska suncokreta, lјuska pirinča i sl.). Kod ove vrste ložišta biomasa se u komoru za sagorevanje uvodi zajedno sa primarnim vazduhom, a potpuno dogorevanje nesagorelih gasova se vrši uvođenjem sekundarnog vazduha.

6.1. Sagorevanje na rešetci

Postoje nekoliko varijanti ložišta za sagorevanje biomase na rešetci: fiksna rešetka, pokretna rešetka, putujuća rešetka, rotaciona rešetka i vibraciona rešetka. Sve ove tehnologije imaju specifične prednosti i nedostatke, u zavisnosti od karakteristika goriva, tako da se pri izboru tehnologija mora strogo voditi računa.

Ložišta sa sagorevanjem na rešetci su prevashodno namenjena za goriva sa visokim sadržajem vlage, različitom veličinom čestica (komada) biomase i visokim sadržajem pepela. Takođe, mogu se koristiti mešavine goriva kao što su mešavine šumske i poljoprivredne biomase, koje se pri sagorevanju različito ponašaju. Mogućnost dobrog kontrolisanja rada rešetke omogućava ravnomernu raspodelu sloja goriva po njenoj površini, što je jako bitno za pravilnu raspodelu primarnog vazduha u različitim delovima rešetke radi ostvarenja potrebnog viška vazduha u zonama sušenja, devolatilizacije, gasifikacije i sagorevanja.

Drugi važan aspekt ložišta sa rešetkom je to da se dogorevanje nesagorelih gasova odvija u odvojenoj komori uz uvođenje sekundarnog vazduha, kako ne bi došlo do neželjenog prodora sekundarnog vazduha u primarnu komoru i time narušile granice između zona gasifikacije i oksidacije. Postojanje ovih dvaju zona je jako bitno radi sprečavanja sinterovanja pepela. Naime, najveća koncentracija pepela se nalazi u primarnoj zoni (na rešetci), a mnogo manje u struji produkata sagorevanja (leteći pepeo), pa je radi toga jako bitno da baš u toj zoni temperatura bude niža od temperature sinterovanja pepela, a to se postiže poststehiometrijskim uslovima sagorevanja, odnosno ostvarenjem zone gasifikacije.

U sekundarnoj zoni, zoni oksidacije, uvodi se sekundarni vazduh radi potpunog sagorevaja biomase. Preduslov za potpuno sagorevanje nije samo količina vazduha u sekundarnoj zoni već i dobro mešanje sekundarnog vazduha sa gorivim produktima, što se može postići tangencijalnim uvođenjem vazduha i velikim brzinama.

U zavisnosti od toka gasova i goriva na rešetci postoje različiti sistemi ložišta sa rešetkom:

- istosmerni tok gasova i goriva,
- suprotnosmerni tok gasova i goriva,
- unakrsni tok gasova i goriva.

Ložišta sa suprotnosmernim tokom gasova i goriva se najčešće koriste pri sagorevanju biomase sa niskom toplotnom moći kao što je vlažna biomasa, drveni čips ili piljevina. Iz tog razloga topli gasovi prolaze preko sveže biomase koja se uvodi u ložište.

Ložišta sa istosmernim tokom goriva i gasova se koriste kada je u pitanju sagorevanje suve biomase kao što je otpatno drvo ili poljoprivredna biomasa i kod ovih sistema se vrši rekuperativno zagrevanje primarnog vazduha. Ovaj sistem ložišta može pospešiti redukciju NO_x povećanjem vremena kontakta produkata sagorevanja i koksнog ostatka.

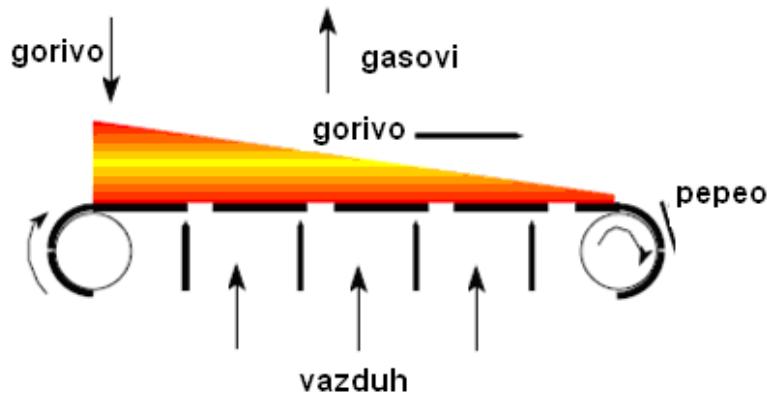
Ložišta sa unakrsnim tokom gasova i goriva predstavljaju kombinaciju prethodna dva sistema i prevashodno se primenjuju kod ložišta koja imaju vertikalnu sekundarnu komoru za sagorevanje. U cilju adekvatne temperaturske kontrole u ložištu kao i povećanja stepena efikasnosti, često se koristi i recirkulacija dimnih gasova u ložište. Recirkulacija dimnih gasova može, sa druge strane, da pospeši mešanje dimnih gasova i primarnog svežeg vazduha, međutim, ova varijanta rada ložišta se ne može koristiti pri startovanju i zaustavljanju rada jer bi u suprotnom moglo doći do neželjene kondenzacije vodene pare iz produkata sagorevanja, a time i do korozije razmenjivačkih površina kotla i lopatica ventilatora dimnog gasa.

6.1.1 Putujuća rešetka

Rešetka kod ložišta ovog tipa je napravljena od segmenata koji čine neprekidnu traku, koja se kreće duž ložišta. Gorivo se dozira na jednom kraju ložišta na rešetku, obično pomoću pužnog dozatora ili pomoću nekog drugog sistema za raspršivanje goriva sitnije granulacije na rešetku. Gorivo se, samo po sebi, ne kreće u odnosu na rešetku, ali se transportuje kontinualno kroz ložište, zajedno sa rešetkom. Na drugom kraju ložišta, rešetka se čisti od pepela i drugih nečistoća okretanjem segmenata rešetke pod dejstvom sile gravitacije ili neke druge prinudne sile (automatsko urlanjanje pepela). Segmenti rešetke se hlađe pomoću primarnog vazduha, koji se u sloj goriva uvodi kroz rešetku, u cilju sprečavanja pregrevanja i produžavanja radnog veka rešetke. Brzina kretanja rešetke se kontinualno podešava u cilju postizanja kompletног sagorevanja koksнog ostatka (Slika 6.1.). Ova ložišta su prevashodno namenjena za sagorevanje drvenog čipsa i peleta.

Prednosti ovog sistema ložišta se ogledaju u uniformnim uslovima sagorevanja duž čitave rešetke i niska emisija čestica, a nedostatak je to što nehomogena biomasa može usloviti pojavu zona na rešetci sa različitim uslovima sagorevanja i time uticati na pojavu nestacionarnog rada ložišta. Jedna od elektrana čije se ložište sastoji od putujuće rešetke je takozvana *McNeil* elektrana u Sjedinjenim Američkim Državama,

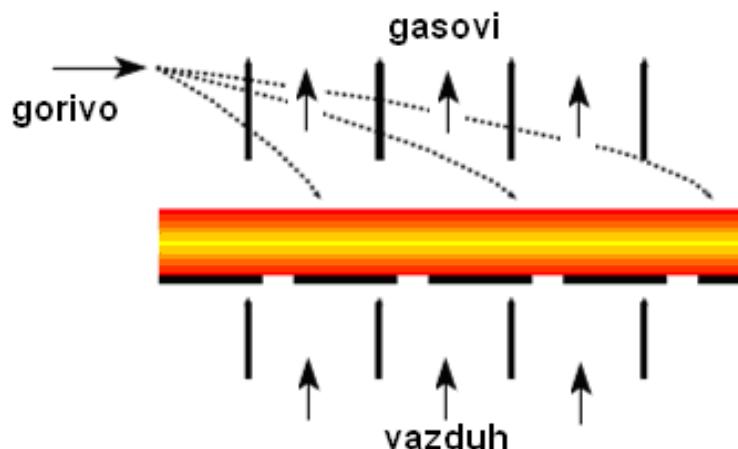
koja je izgrađena i puštena u rad 1984. godine, kao gorivo koristi se drvo i ima kapacitet od 50 MW_{el} (510 °C, 92 bar, 61 kg/s produkcije pare) [2].



Slika 6.1. Putujuća rešetka

6.1.2 Nepokretna rešetka

Ložišta sa nepokretnom rešetkom se uglavnom koriste kod kotlova malih snaga. Kod ovog sistema gorivo se dozira na rešetku pod dejstvom gravitacione sile i njegova raspodela i transport duž rešetke ne mogu biti dovoljno dobro kontrolisani (Slika 6.2.). Iz ovih razloga ovaj sistem sagorevanja nije našao širu primenu kod modernih postrojenja.

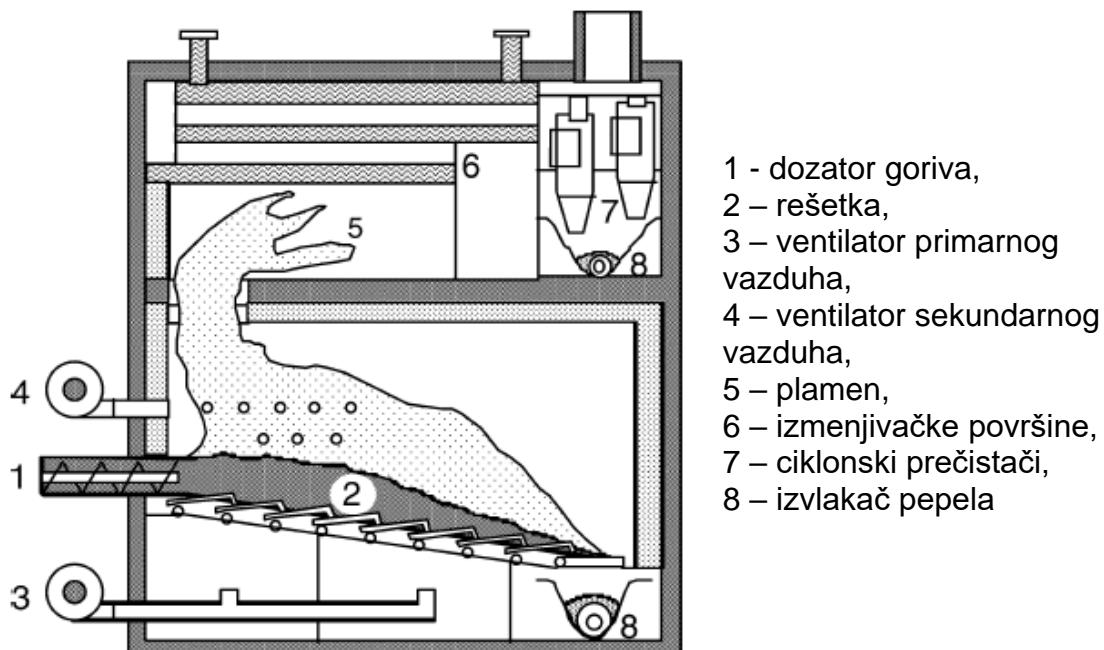


Slika 6.2. Nepokretna rešetka

6.1.3 Pokretna kosa rešetka

Ložišta sa pokretnom rešetkom obično sadrže kosu rešetku koja se sastoji od redova fiksnih i pokretnih segmenata. Pod uticajem naizmeničnog horizontalnog kretanja segmenata (napred-nazad), gorivo klizi niz rešetku (Slika 6.3.). Usled toga sagorelo i nesagorelo gorivo se meša, čime se površina sloja stalno obnavlja, pa mnogo veća količina goriva može biti transportovana duž rešetke. Obično, rešetka se može podeliti na više delova, koji se mogu kretati različitim brzinama, u zavisnosti od različitog stepena sagorevanja. Segmenti rešetke sadrže kanale za ravnomernu distribuciju primarnog vazduha po sloju goriva, koji ujedno imaju i funkciju hlađenja. Vazdušno hlađena pokretna rešetka se najčešće koristi kod ložišta u kojima se sagoreva vlažno drvo, piljevina i drveni čips, a pri sagorevanju biomase koja ima nisku temperaturu topljenja pepela (neke vrste poljoprivredne biomase), koriste se ložišta sa vodom hlađenom rešetkom.

Podešavanje kretanja ove rešetke je mnogo kompleksnije nego kod putujuće rešetke. Ako je, na primer, frekvencija pomeranja rešetke suviše velika može doći do pojave nesagorelog koksнog ostatka u pepelu, kao i znatnog povećanja koncentracije ugljen monoksida u produktima sagorevanja. Pepeo se, kod ovog sistema, odvodi na kraju rešetke, a ceo sistem rada ložišta može biti automatizovan [3].



Slika 6.3. Pokretna kosa rešetka

6.1.4 Pokretna horizontalna rešetka

Kod ložišta koja rade sa ovim sistemom sloj goriva je horizontalan, što se postiže dijagonalnom pozicijom segmenata rešetke. Prednosti ove tehnologije se ogledaju u tome što je sprečeno nekontrolisano kretanje goriva duž rešetke, pod dejstvom sile gravitacije, i omogućena pravilna distribucija goriva. Ovo je jako bitno iz razloga zašljakivanja, koje nastaje kao posledica postojanja vrelih zona u sloju [4].

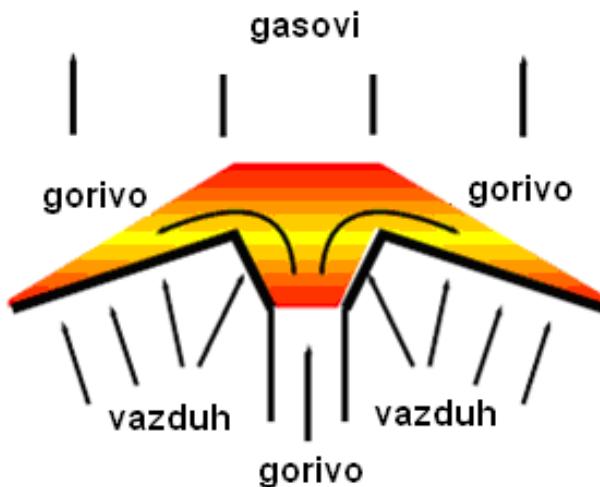
6.1.5 Vibraciona rešetka

Ložišta koja sadrže vibracionu rešetku sastoje se od nagnute orebrene cevi. Rešetka se može kretati naizmenično napred-nazad duž svoje ose, pomoću odgovarajućeg sistema, čime se obezbeđuje transport goriva duž rešetke. Gorivo se u ložište uvodi pomoću pužnog dozatora, hidrauličnog dozatora ili injekcionog dozatora. Primarni vazduh se dovodi ispod sloja kroz otvore na rebrima rešetke. Ako se izabere dovoljno visoka frekvencija vibracija rešetke može se spričiti nastajanje zašljakivanja, odnosno sinterovanja pepela, što je jako povoljno kod sagorevanja poljoprivredne biomase. Nedostaci ovog sistema ložišta se ogledaju u visokoj emisiji čestica, koja je posledica intenzivnih vibracija rešetke, kao i visoka emisija ugljen monoksida, što je posledica nekontrolisanog, naglog kretanja goriva niz rešetku.

Ovakva postrojenje se, između ostalog, mogu videti u Danskoj - *Mabjergvaerket*, kombinovano postrojenje, pušteno u rad 1993. godine, kapaciteta 34 MW_e (520 °C, 100 bar, 35 kg/s pare), kao gorivo može koristiti drvo i slamu; i Švedskoj – *Enkoping*, kombinovano postrojenje, pušteno u rad 1995. godine, kapaciteta 28 MW_e (540 °C, 130 bar, 30 kg/s pare), kao gorivo koristi drvo [5].

6.1.6 Rotirajuća rešetka

Sistemi ložišta sa rotirajućom rešetkom su najviše razvijeni u Finskoj. Ovaj sistem se sastoji od konusnih delova rešetke koji se okreću, dok se gorivo i biomasa dovode odozdo (Slika 6.4.).



Slika 6.4. Rotirajuća rešetka

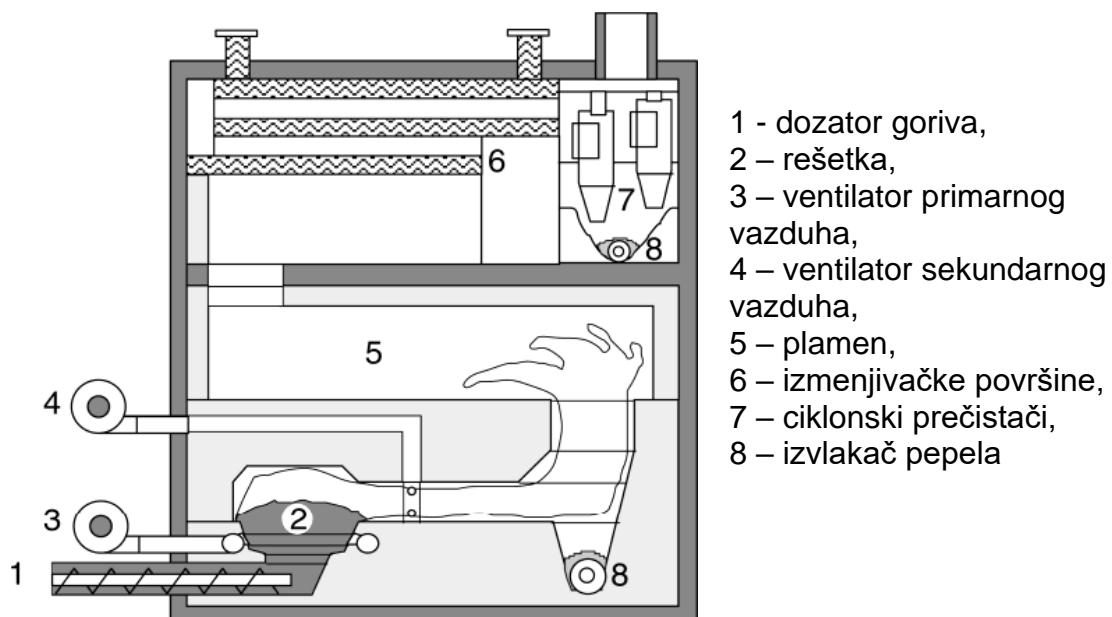
Ovaj sistem omogućava dobr mešanje svežeg goriva i užarenog koksног ostatka, što omogućava korišćenje biomase sa visokim sadržajem vlage (čak do 65%). Sekundarna komora za dogorevanje može biti horizontalna, za kotlove do 10 MW, ili vertikalna, za kotlove do 4 MW. Postrojenja ovog tipa se mogu videti u Finskoj, a koriste se za potrebe grejanja gradova *Kartstula* i *Kounevesi*. To su postrojenja od 10 MW_t i 1 MW_e u *Kartstuli*, izgrađeno 2000. godine; odnosno 1,25 MW_t u *Kounevesiju* izgrađeno 1997. godine [6].

6.1.7 Rotirajuća konusna rešetka

Ložišta ovog tipa se sastoje od konusne rešetke koja se sporo okreće. Okretanje rešetku čini beskonačnom i omogućava dobro mešanje sveže biomase sa užarenim koksnim ostatkom, što pruža mogućnost korišćenja biomase različite granulacije i vlažnosti. Ovaj tip ložišta je razvijen u Nemačkoj i primenjuje se za kotlove snage od 0,4 do 50 MW_t. Gorivo se dozira na rešetku odozgo, a primarni vazduh se uvodi odozdo, pri čemu se vodi računa da višak vazduha u sloju goriva na rešetci bude u opsegu od 0,3 do 0,6 kako bi se temperatura održavala ispod temperature topljenja (sinterovanja) pepela. Dogorevanje nesagorelih gasova se odvija u sekundarnoj komori za sagorevanje, pri čemu se ostvaruje višak vazduha između 1,2 i 1,4. Nedostaci ovog sistema se ogledaju u neophodnosti postojanja pomoćnog gorionika za startovanje, kao i u neophodnosti povremenog zaustavljanja rada u cilju uklanjanja krupnih čestica pepela sa rešetke [1].

6.1.8 Ložišta sa loženjem odozdo

Ova ložišta predstavljaju jeftinu i jednostavnu tehnologiju lažišta male i srednje snage (do 6 MW_t) za sagorevanje biomase. Gorivo se u komoru za sagorevanje doprema pužnim dozatorom ispod rešetke i usled stvorenog pritiska izbacuje na rešetku. Primarni vazduh se dovodi ispod rešetke, a sekundarni u sekundarnoj komori za dogorevanje nesagorelih gasova (Slika 6.5.). Ova tehnologija je namenjena za sagorevanje biomase sa niskim sadržajem pepela i male granulacije.



Slika 6.5. Ložišta sa loženjem odozdo

Problem kod korišćenja biomase koje imaju pepeo sa niskom tačkom topljenja pepela, jer usled formiranja sloja tečnog pepela može doći do prekida dotoka primarnog vazduha u zonu sagorevanja.

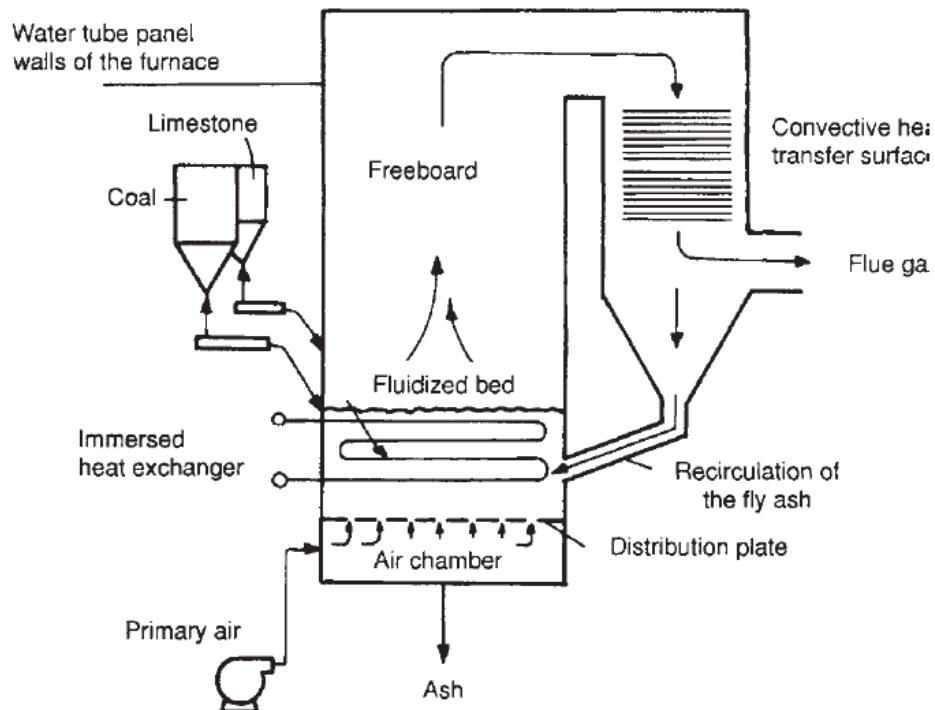
6.2. Ložišta sa fluidizovanim slojem

Fluidizovani sloj je posebno stanje čestica čvrstog materijala i fluida (gasa) u kome se čestice nalaze u stanju lebdenja, a osobine čitavog sloja su veoma slične osobinama fluida [7]. Ovo stanje se može postići ako se kroz perforirano dno suda, u kome se nalazi rastresiti materijal dovodi gas npr. vazduh. Vazduh je, inače, najčešće korišćen gas za fluidizaciju. Prolaskom vazduha kroz sloj (sloj inertnog materijala i goriva), pri određenoj brzini (o kojoj će kasnije biti reči) dolazi do pomeranja čestica, njihovog odvajanja jednih od drugih i lebdenja u struji, čime se ceo sloj ponaša kao fluid (tečnost).

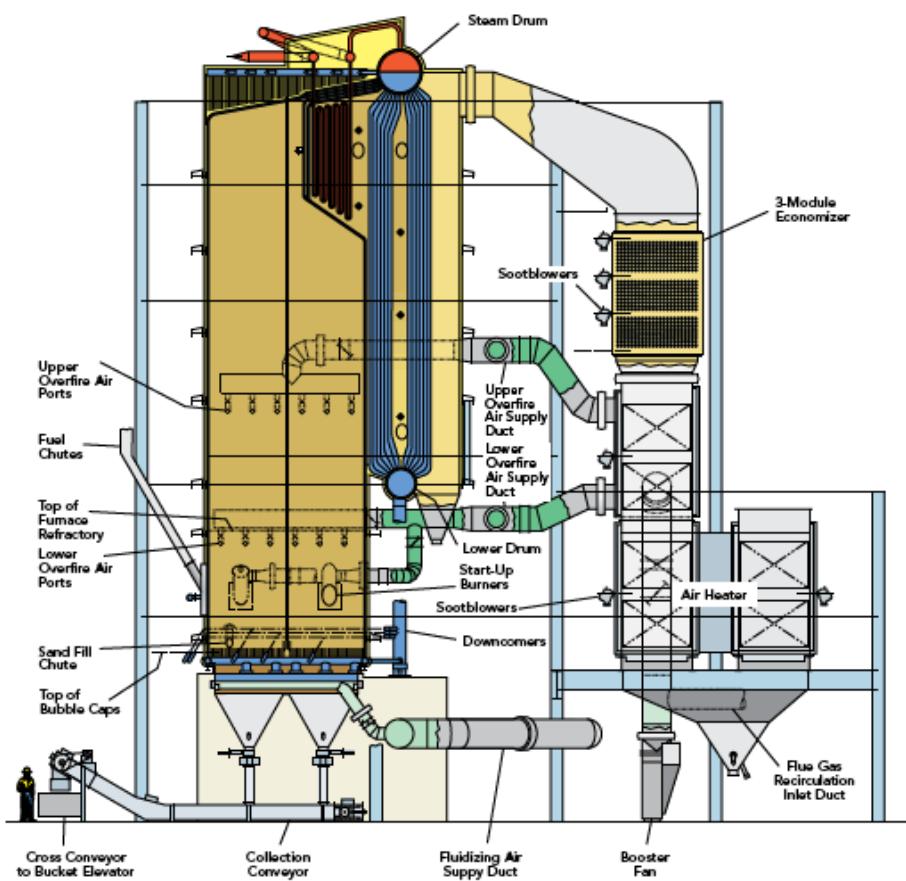
Postoji više režima fluidizacije koji zavise od brzine gase za fluidizaciju: stacionarni ili mehurasti režim, turbulentni režim, režim brze fluidizacije i pneumatski transport [7]. Na osnovu brzina odnosno režima fluidizacije razlikuju se dva tipa kotlova za sagorevanje u fluidizovanom sloju: kotlovi za sagorevanje u mehurastom fluidizovanom sloju i kotlovi za sagorevanje u cirkulacionom fluidizovanom sloju.

6.2.1 Mehurasti fluidizovani sloj

Režim mehuraste fluidizacije, nastaje pri nešto većim brzinama od minimalne brzine fluidizacije pri čemu dolazi do formiranja mehurova. Mehurovi nastaju odmah po izlasku vazduha iz distribucione komore, kreću se kroz sloj pri čemu se spajaju u veće ili raspadaju na manje, izlaze iz sloja pri čemu se raspadaju uz izbacivanje čestica iznad sloja (Slika 6.6.).



Slika 6.6. Ložište sa mehurastim fluidizovanim slojem [7]



Slika 6.7. Šema Babcock & Wilcox kotla na biomasu

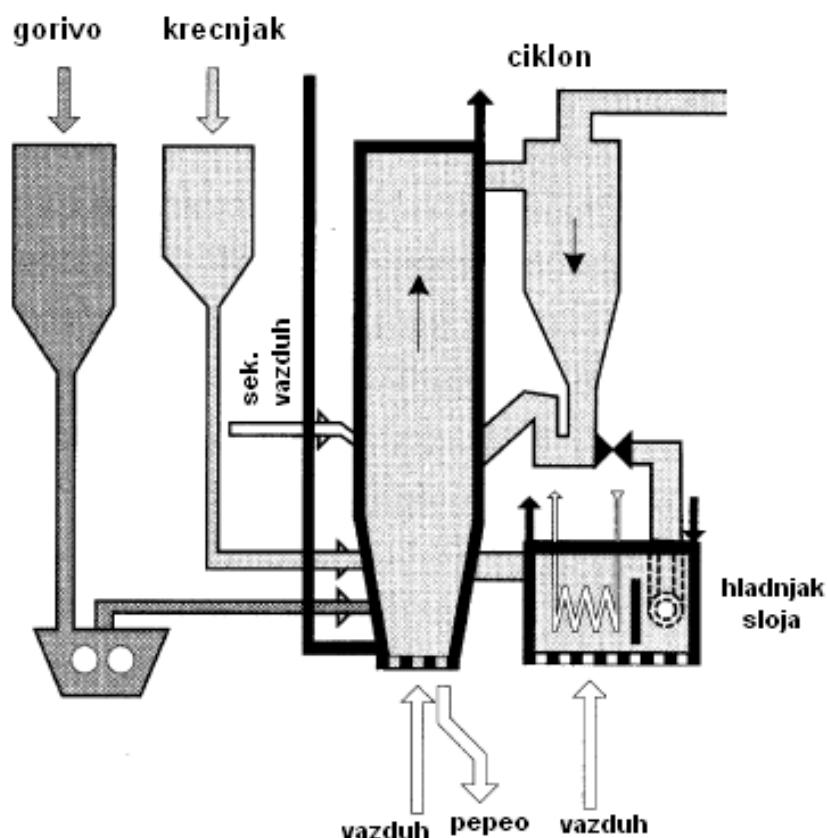
Do turbulentnog režima dolazi pri povećanju brzine fluidizacije pri čemu se mehurovi raspadaju na niz manjih i dolazi do formiranja strujnica i rojeva čestične faze, čime se postiže homogenizacija sloja. Kada se dostigne brzina slobodnog pada rojeva

čestica dolazi do njihovog lebdenja, gube se granice sloja, a neki delovi sloja bivaju izbačeni, [7]. Tada je dostignut režim brze fluidizacije. Daljim povećanjem brzine iznad brzine slobodnog pada dolazi do izbacivanja čestica iz sloja (nepovratno), što znači da je postignut režim pneumatskog transporta. Brzina fluidizacije se najčešće kreće u granicama između 1,0 i 2,5 m/s. Ova ložišta su namenjena za kotlove snage preko 20 MW_t.

Na Slici 6.7. prikazana je šema Babcock & Wilcox kotla na biomasu radnih parametara 538°C, 179 bar, 28,4 kg/s produkcije pare. Ovaj kotao kao gorivo može koristiti razne vrste biomase i to: otpadno drvo i papir, razne ostatke iz drvnoprerađivačke i papirne proizvodnje, tečno i gasovito gorivo, ugalj (u kombinaciji sa ostalim gorivima), treset, poljoprivrednu biomasu itd [8].

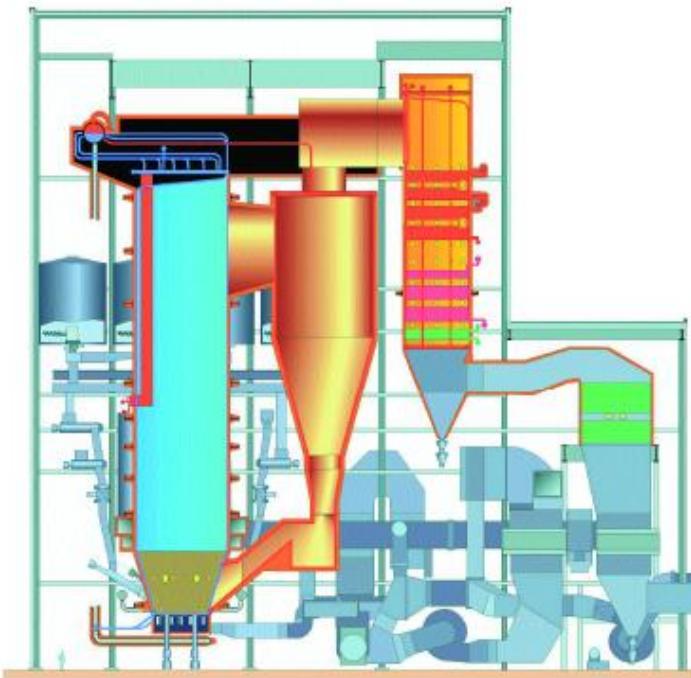
6.2.2 Cirkulacioni fluidizovani sloj

Ova ložišta rade u režimu brze fluidizacije, pri čemu dolazi do odnošenja čestica inertnog materijala, pepela i nesagorelog goriva iz sloja. Ova smeša odlazi dalje u ciklon gde se čestice odvajaju iz dvofazne mešavine i ponovo vraćaju u ložište, čime se postiže veći stepen sagorelosti (Slika 6.8.). Brzina fluidizacije se najčešće kreće u granicama između 5,0 i 10,0 m/s. Ova ložišta su namenjena za kotlove snage preko 30 MW_t.



Slika 6.8. Ložište sa cirkulacionim fluidizovanim slojem

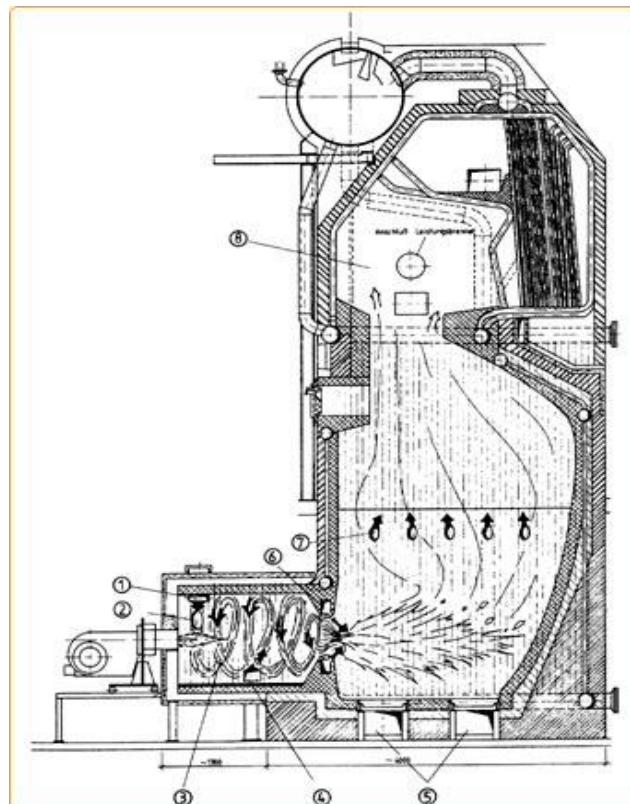
Najveća elektrana, do sada, ovog tipa na biomasu, nalazi se na zapadnoj obali Finske za potrebe daljinskog grejanja i snabdevanja električnom energijom grada Pietarsaari (Alholmens Kraft). Kapacitet ovog kogenerativnog postrojenja je 550 MW_t i 240 MW_e sa produkcijom pare od 194 kg/s, karakteristika 545°C i 165 bar. Poprečni presek ložišta je 8,5 x 24 m, a visina je 40 m. Kao gorivo ova elektrana koristi drvene ostatke (otpad) [9]. Šematski prikaz ove elektrane dat je na Slici 6.9.



Slika 6.9. Šema CFS kotla „Alholmens Kraft“ u Finskoj

6.3. Ložišta sa sagorevanjem u letu

Ložišta sa sagorevanjem u letu se koriste za sagorevanje usitnjene biomase, koja se injekciono ubacuje u ložište zajedno sa primarnim vazduhom. Startovanje se mora izvesti pomoću gorionika sa tečnim ili gasovitim gorivom, a čim se postigne radna temperatura pomoći gorionik se gasi i počinje se sa doziranjem biomase. Granulacija biomase može biti između 10 i 20 mm, a vlažnost do 20 %.



Slika 6.10. Vrtložni gorionik [1]

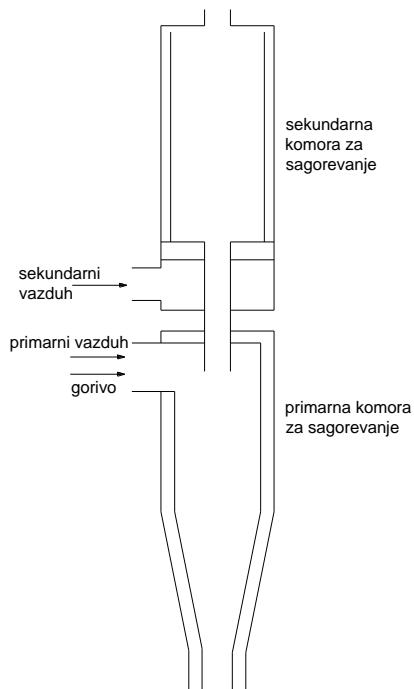
Radi povećanja stepena iskorišćenja kotla često se kod ovog sistema vrši recirkulacija dimnih gasova. Najčešće se u literaturi mogu naći ložišta koja koriste sledeća dva tipa gorionika: vrtložni i ciklonski [1].

6.3.1 Vrtložni gorionik

Ovi gorionici se koriste za sagorevanje piljevine iz drvnoprerađivačke industrije i pogodni su za kotlove snage između 2 i 8 MW_t. Mogućnost regulacije rada ovih gorionika je jako dobra i višak vazduha se obično kreće između 1,3 i 1,5, što uslovjava nisku emisiju azot monoksida, ali je emisija čestica prilično visoka (Slika 6.10.).

6.3.2 Cikloncki gorionik

Ciklonski gorionici se koriste za sagorevanje najfinijih čestica i sastoje se od dva ciklonska sistema. U donji ciklonski sistem ulazi biomasa zajedno sa primarnim vazduhom. Nakon delimičnog sagorevanja nesagoreli gasovi ulaze u drugi ciklonski sistem u koji se tangencijalno uvodi sekundarni vazduh, gde se vrši potpuno sagorevaje i prečišćavanje gasova od letećeg pepela (Slika 6.11.).



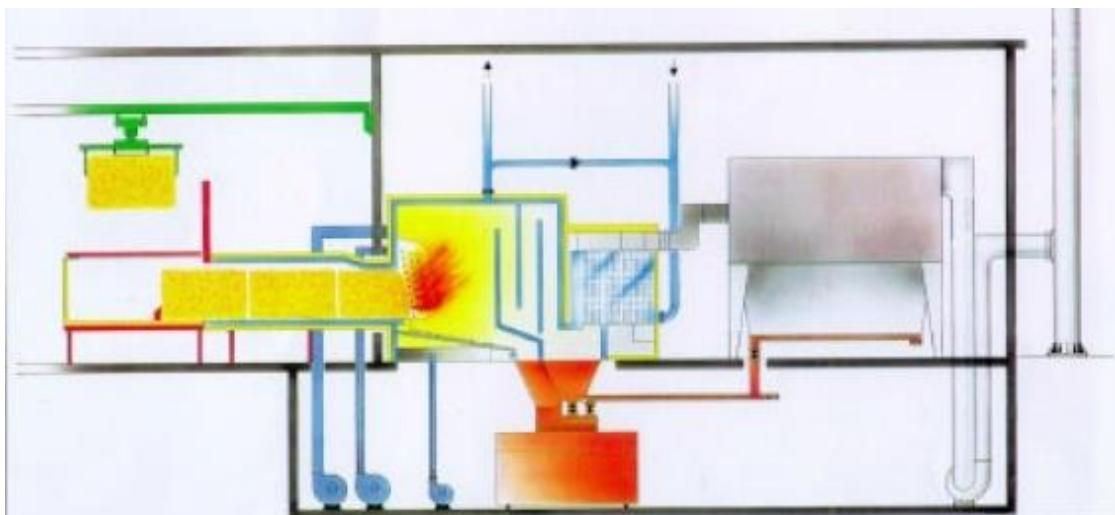
Slika 6.11. Šema ciklonskog gorionika, [1]

6.4. Ostali sistemi za sagorevanje biomase

Do sada navedeni sistemi predstavljaju, šire gledano, konvencionalne sisteme ložišta za sagorevanje biomase i to uglavnom šumske. Sistemi ložišta za sagorevanje poljoprivredne biomase do sada nisu razvijeni u dovoljnoj meri da bi se mogli smatrati konvencionalnim iz razloga što do sada poljoprivredna biomasa, odnosno ostaci iz primarne poljoprivredne proizvodnje, nisu u značajnoj meri razmatrani sa energetskog stanovišta, pogotovo za industrijska postrojenja. Ova biomasa je uglavnom smatrana otpadom i kao takva predstavljala problem sa stanovišta njenog uklanjanja i dezintegracije. Međutim, u poslednje vreme, iz dobro poznatih razloga, interesovanje i za poljoprivrednom biomasom sve više raste, pa se shodno tome ulažu značajni napor u razvijanju sistema za njeno iskorišćenje u energetske svrhe.

Pri razvoju ovih sistema posebna pažnja se poklanja energetskoj efikasnosti, odnosno povećanju stepena iskorišćenja postrojenja i smanjenju sopstvene potrošnje. Zadovoljenje ovih zahteva pri korišćenju novih i sa stanovišta sagorevanja, neistraženih goriva, predstavlja posebnu teškoću. Najviše prostora za smanjenje sopstvene potrošnje energije ložišta se može naći u delu koji je povezan sa pripremom goriva i načinom doziranja, dok u ostalim delovima sistema tehnološka poboljšanja mogu dovesti do tako reči neznatnog smanjenja sopstvene potrošnje energije.

Priprema poljoprivredne biomase u širem slučaju podrazumeva lanac operacija od mesta prikupljanja, najčešće je to njiva, pa do mesta odakle je gorivo spremno za doziranje. Ovaj lanac podrazumeva operacije presovanja (baliranja), transporta do sezonskog skladišta i transport do nedeljnog ili dnevnog skladišta neposredno uz postrojenje. Ovaj lanac operacija je manje više isti bez obzira koja bi se tehnologija sagorevanja koristila. Lanac operacija koje je potrebno izvesati u vezi sa doziranjem goriva značajno zavise od tehnologije sagorevanja biomase.



Slika 6.12. Šematski prikaz kotla sa cigaretnim tipom sagorevanja, [10]

Tabela 6.1. Primena biomase za grejanje

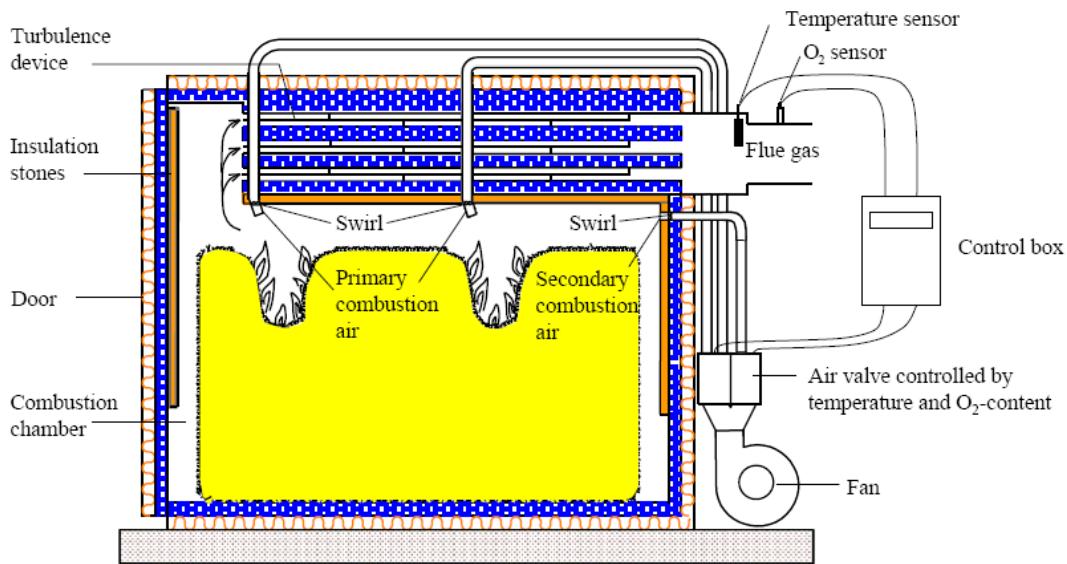
	Ogrevno drvo	Drveni čips	Piljevina	Peleti	Briketi	Slama
Otvorena ložišta	0	-	-	-	0	-
Peći za domaćinstvo	+	-	-	-	+	-
Automatska ložišta	--	+	-	++	--	+
Trajnožareće peći	0	--	--	--	-	+
Kosa nepokretna rešetka	--	+	-	+	-	-
Pokretna rešetka	--	++	-	++	-	+
Vibraciona rešetka	--	+	-	+	-	+
Ložišta sa loženjem odozdo	--	+	-	+	--	-
Vrtložni gorionik	--	--	+	--	--	-
Potisno ložište	---	---	---	---	---	++

Najmanje operacija, odnosno energije za pripremu biomase za doziranje, zahtevaju tehnologije sagorevanja kod kojih se u ložište uvodi balirana biomasa u kompaktnom

stanju. Razvoj postrojenja ovakvog tipa zabeležen je u Danskoj, koja su u literaturi poznata kao ložišta sa „cigaretnim tipom sagorevanja“. Karakteristika ovih ložišta je da ona zahtevaju najmanji utrošak energije za pripremu biomase za proces doziranja. Balirana biomasa se kod ovih ložišta uvodi kontinualno, u kompaktnom stanju, a proces sagorevanja se odvija samo na vrhu bale, slično sagorevanju cigarete, odakle i potiče naziv celokupne tehnologije. Jedno takvo postrojenje od 3,15 MW se nalazi u Nemačkoj (Schoelen, Thuringia) i šematski je prikazano na Slici 6.12. O opravdanosti korišćenja ove tehnologije govore i preporuke Evropske Unije [11] gde se tehnologija cigaretneg sagorevanja poljoprivredne biomase navodi kao najpogodnija, Tabela 6.1.

U Danskoj postoje i jednostavnije verzije kotlova (ložišta) za sagorevanje celih bala poljoprivrednih ostataka koje su razvijane od 1995. godine [12]. U ovom radu prikazani su rezultati ispitivanja rada kotlova snaga od 63-461 kW, za sagorevanje celih bala odjednom (Slika 6.13). Komora za sagorevanje može biti cilindričnog ili kubnog oblika izolovan šamotnom opekom. Primarni vazduh za sagorevanje se uvodi sa gornje strane kroz dve mlaznice, a sekundarni sa zadnje strane. Ukupna količina vazduha, kao i odnos primarnog i sekundarnog dela se elektronski reguliše pomoću merenja temperature i sadržaja kiseonika u dimnom gasu.

Gorivo (balirana biomasa) se pomoću traktora unosi u ložište kroz prednja vrata kotla. Dimni gasovi, nastali sagorevanjem bale, prolaze kroz 30-50 dimnih cevi oko kojih se nalazi voda koja se zagreva.



Slika 6.13. Šematski prikaz kotla za sagorevanje bala u sloju proizvedenog u Danskoj [12]

Ispitivanja [12] su pokazala da se stepen korisnosti ovih kotlova kreće između 75 - 88 %, pri čemu je najveći stepen korisnosti izmeren na kotlu od 461 kW. Emisija ugljenmonoksida je jako visoka 640 – 5700 ppm (svedeno na 10 % O₂). Imajući u vidu da se sadržaj kiseonika kretao od 6,1 - 8,2 %, može se zaključiti da je emisija ugljenmonoksida pri realnom merenju bila značajno veća. Visok sadržaj ugljenmonoksida u dimnom gasu je posledica nekontinualnog načina doziranja goriva, a takođe i „hladnih“ zidova ložišta oko kojih se nalazi voda, jer niska temperatura u graničnom sloju zida stvara povoljne uslove za formiranje „filma“ ugljenmonoksida.

6.5. Poređenje sistema ložišta za sagorevanje biomase

U Tabeli 6.2. dat je pregled prednosti i nedostataka opisanih sistema ložišta za sagorevanje biomase.

Tabela 6.2. Poređenje različitih tipova ložišta

Tip ložišta	Prednosti	Nedostaci
Ložišta sa loženjem odozdo	<ul style="list-style-type: none"> • niska cena investicija za postrojenja ispod 6 MW; • jednostavno i dobro kontrolisanje doziranja; • niska emisija štetnih materija na nižim stepenima opterećenja; 	<ul style="list-style-type: none"> • primenljiva samo za goriva sa niskim sadržajem pepela i visokom tačkom topljenja pepela; • niska fleksibilnost u smislu korišćenja komada biomase različitih veličina;
Ložišta sa rešetkom	<ul style="list-style-type: none"> • niska cena investicija za postrojenja ispod 20 MW; • nizak sadržaj pepela u produktima sagorevanja; • manja osetljivost na zašljakivanje; 	<ul style="list-style-type: none"> • niska fleksibilnost u pogledu kombinovanja goriva; • redukcija azotnih oksida zahteva specijalne tehnologije; • veliki višak vazduha; • uslovi sagorevanja nisu homogeni po celoj rešetci; • nisku emisiju štetnih materija je teško postići na nižim stepenima opterećenja;
Ložišta sa sagorevanjem u letu	<ul style="list-style-type: none"> • nizak visak vazduha; • niska emisija azotnih oksida; • dobra regulacija snage; 	<ul style="list-style-type: none"> • veličina komada biomase je ograničena; • visok stepen habanja unutrašnjih površina ložišta; • gorionik za start je neophodan;
Mehurasti fluidizovani sloj	<ul style="list-style-type: none"> • nema pokretnih delova u ložištu; • niska emisija azotnih oksida; • visoka fleksibilnost u pogledu korišćenja goriva različite vrste i sadržaja vlage; • mali višak vazduha koji uslovjava viši stepen korisnosti; 	<ul style="list-style-type: none"> • visoka cena investicija za postrojenja preko 20 MW; • velika sopstvena potrošnja električne energije u radu; • visoka koncentracija čestica u dimnom gasu; • otežan rad na nižim stepenima opterećenja; • osetljivost na zašljakivanje i topljenje pepela; • gubitak inertnog materijala zajedno sa pepelom;
Cirkulacioni fluidizovani sloj	<ul style="list-style-type: none"> • nema pokretnih delova u ložištu; • niska emisija azotnih oksida; • visoka fleksibilnost u pogledu korišćenja goriva različite vrste i sadržaja vlage; • homogena raspodela goriva 	<ul style="list-style-type: none"> • visoka cena investicija za postrojenja preko 20 MW; • velika sopstvena potrošnja električne energije u radu; • visoka koncentracija čestica u dimnom gasu; • otežan rad na nižim stepenima

	<ul style="list-style-type: none"> po sloju ako se gorivo dozira na više različitih mesta; intenzivno prenošenje toplote uslovljeno visokim stepenom turbulencije; jednostavno korišćenje aditiva; nizak koeficijent viška vazduha; 	<ul style="list-style-type: none"> opterećanja; osetljivost na zašljakivanje i topljenje pepela; gubitak inertnog materijala zajedno sa pepelom;
Ložišta sa cigaretnim sagorevanjem	<ul style="list-style-type: none"> niska cena investicija; minimalna priprema goriva; kontinualno doziranje goriva; relativno jednostavna konstrukcija; dobra kontrola rada na nižim stepenima opterećenja; 	<ul style="list-style-type: none"> velika zavisnost od veličine bala;

6.6 Hronologija razvoja ložišta sa cigaretnim sagorevanjem

U prethodnom izlaganju dat je kratak osvrt na tipove ložišta za sagorevanje biomase, sa analizom njihovih osnovnih prednosti i nedostataka. Većina prikazanih tipova ložišta je prevashodno namenjena sagorevanju šumske biomase, ali to nikako ne isključuje mogućnost da bi se ona, uz određene tehničko-tehnološke modifikacije, mogla koristiti i za sagorevanje poljoprivredne biomase. Međutim, ložišta za sagorevanje poljoprivredne biomase sadrže svoje specifičnosti, tako da je pri izboru konstrukcije ložišta nophodno voditi računa o različitim faktorima koji će nadalje biti razmotreni.

Prilikom određivanja u kom će se pravcu usmeriti istraživačko razvojne aktivnosti Laboratorije za termotehniku i energetiku, Instituta za nuklearne nauke „Vinča“, posebna pažnja je poklonjena sledećim strateškim planovima:

- razvijati tehnologiju za korišćenje poljoprivredne biomase,
- razviti tehnologiju pomoću koje će se dobiti maksimalno energije sa jedinične površine zemlje,
- usmeriti se na iskorišćenje nus proizvoda iz poljoprivredne proizvodnje, odnosno na iskorišćenje onog dela proizvoda poljoprivredne proizvodnje kojim se ne remete bilansi u proizvodnji hrane (održivi razvoj), ili proizvodnje energetskih biljaka sa utrina i zapuštenog zemljišta,
- izabrati tehnologiju koja iziskuje najmanju potrošnju za pripremu biomase,
- izabrati tehnologiju koja iziskuje najmanju potrošnju energije za sopstvene potrebe,
- ispuniti norme u pogledu visoke efikasnosti,
- zadovoljiti norme o zaštiti životne sredine,
- nizak nivo investicionih i eksploatacionih troškova i
- mogućnost domaće privrede za proizvodnju postrojenja koja se žele razviti.

Pri navedenim planovima prvo je određen put koji se morao proći, a to je:

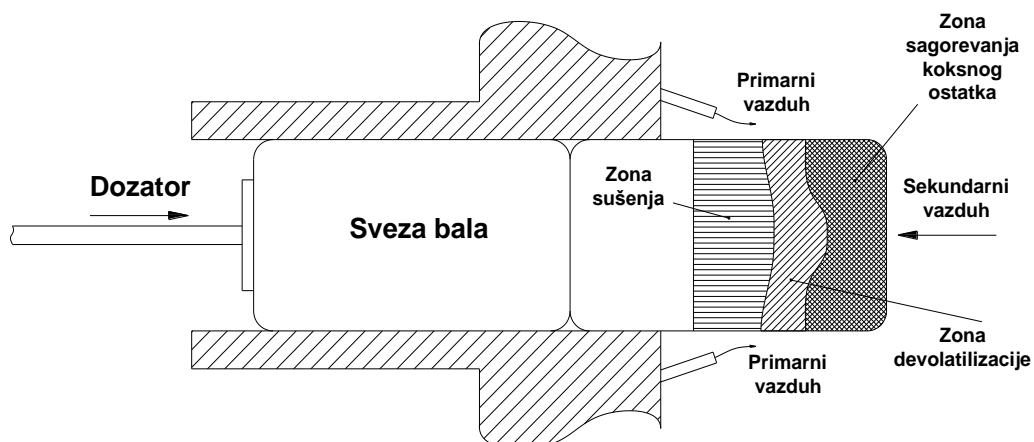
- korišćenje svih iskustava koja su stečena pri razvoju ložišta za sagorevanje biomase iz poljoprivredne proizvodnje u ložištima sa fluidizovanim slojem,
- razviti kotlove malih snaga (50-300 kW),

- projektovati, napraviti i izvršiti probe na eksperimentalnom postrojenju industrijskih dimenzija,
- projektovati, izgraditi i pustiti u dugotrajan rad industrijsko, demonstraciono eksperimentalno postrojenje.

Za ispunjenje strateških planova bilo je neophodno naći i strateške partnere. Krajnje postavljeni cilj razvoja je od širokog društvenog interesa pa je bilo logično da su strateški partneri u razvoju, pored Laboratorije za termotehniku i energetiku budu i Ministarstvo nakuke, Ministarstvo poljoprivrede, proizvođač opreme fabrika TIPO-remont-kotlogradnja, Beograd i kompanija koja je u isto vreme i izvor sirovine (biomase) i korisnik tolpte, Korporacija PKB – Beograd.

Zaokruživanjem svih gore navedenih stavki stekli su se uslovi za razvoj tehnologije koja bi odgovarala zahtevima korisnika i bila interesantna za dalju naučnoistraživačku delatnost Laboratorije. Kao najpogodniji način sagorevanja izabrano je potisno sagorevanje balirane poljoprivredne biomase (sojinog ostatka) koje se u stranim literaturama često naziva cigaretno.

Princip rada ložišta sa potisnim tipom sagorevanja balirane biomase se u osnovi sastoji u kontinualnom doziranju goriva u zonu sagorevanja Slika 6.14. Pri tome biomasa nakon ulaska u ložište prolazi kroz tri osnovne faze u procesu sagorevanja: sušenje, devolatilizacija i sagorevanje volatila i sagorevanje koksног ostatka. Na slici je samo šematski prikazan mogući izgled i prostorni raspored pomenutih faza, koji zavisi od termo-fizičkih karakteristika biomase i strujno-termičkih uslova sagorevanja.



Slika 6.14. Zone sagorevanja u ložištu cigaretnog tipa

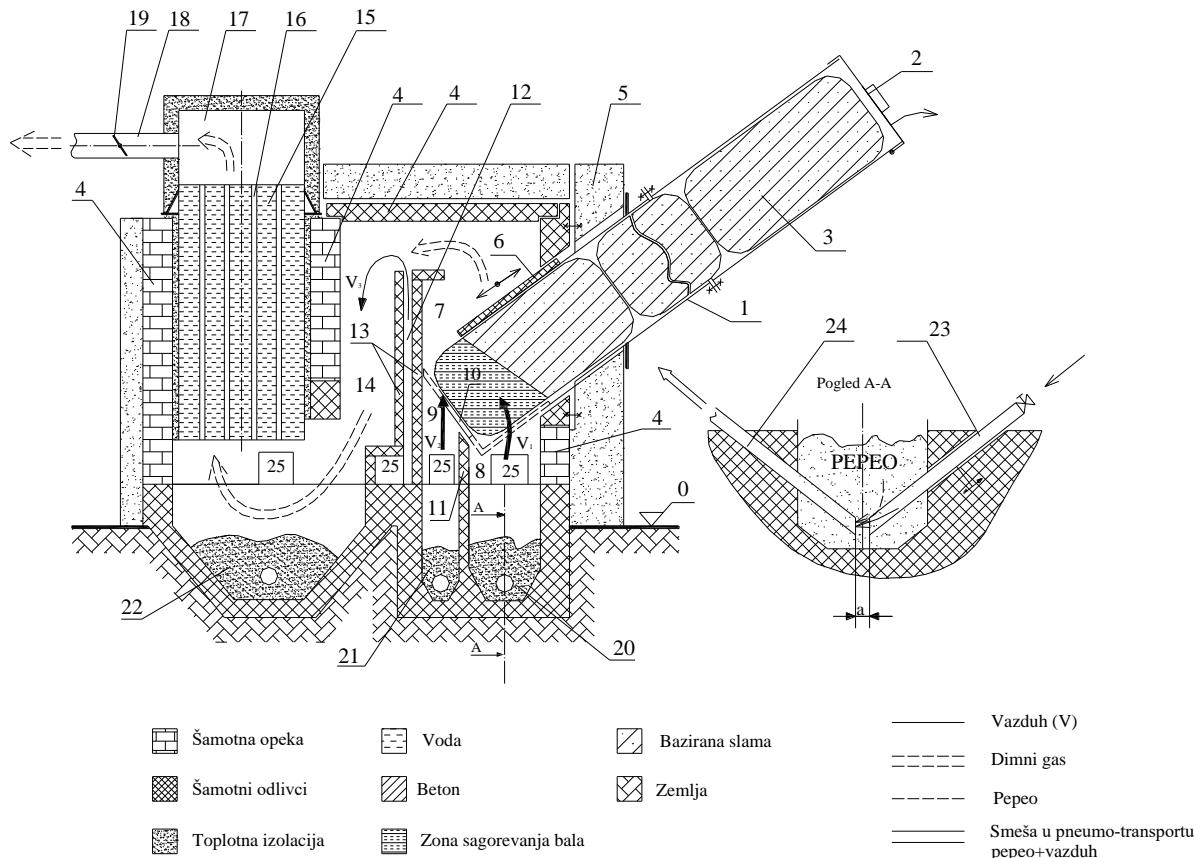
Na ulasku u ložište temperatura u bali je relativno niska, ali dovoljna za isparavanje grube i analitičke vlage, pa se u ovoj fazi odvija proces sušenja. Kako bala kontinualno nastavlja svoj put ka zoni sagorevanja, temperatura raste i počinju da se stvaraju uslovi za odvijanje procesa devolatilizacije. Oslobođeni volatili, usled visoke temperature i relativno velikog viška vazduha, počinju da sagorevaju. Daljim kretanjem, biomasa oslobođena vlage i volatila (koksnii ostatak biomase), ulazi u zonu sagorevanja koksног ostatka, koji se odvija na samom vrhu bale. Sagorevanje koksног ostatka, kako kod svog čvrstog goriva, tako i kod biomase je najsposorija, a samim tim i vremenski kontrolišuća faza u procesu sagorevanja.

Jedan od veoma važnih aspekata pri postizanju što povoljnijih uslova za sagorevanje biomase u ovom tipu ložišta je pravilna distribucija vazduha. Definitivno je jasno, da je najefikasniji način distribucije primarnog vazduha tangencijalno duž bale, ali u kom obimu, da li ravnomerno po obimu bale ili ne, to može biti predmet posebnih

istraživanja. Prema istraživanjima koja su do sada sprovedena u okviru Laboratorije za termotehniku i energetiku Instituta za nuklearne nauke „Vinča“, nedvosmisleno je istaknut značaj distribucije sekundarnog vazduha upravno na čelo bale, odnosno na zonu sagorevanja koksног ostatka.

Ostali sistemi kod ovog tipa ložišta, kao što su sistem za distribuciju vazduha, izvlačenje pepela itd. ne predstavljaju, u tehnoloшkom smislu, nikakvu veliku razliku od ostalih sistema prikazanih u ovom poglavlju.

U okviru projekata Energetske efikasnosti, u Laboratoriji za termotehniku i energetiku Instituta za nuklearne nauke „Vinča“, započet je razvoj malih i velikih, industrijskih kotlova sa cigaretnim tipom ložišta za sagorevanje balirane poljoprivredne biomase.



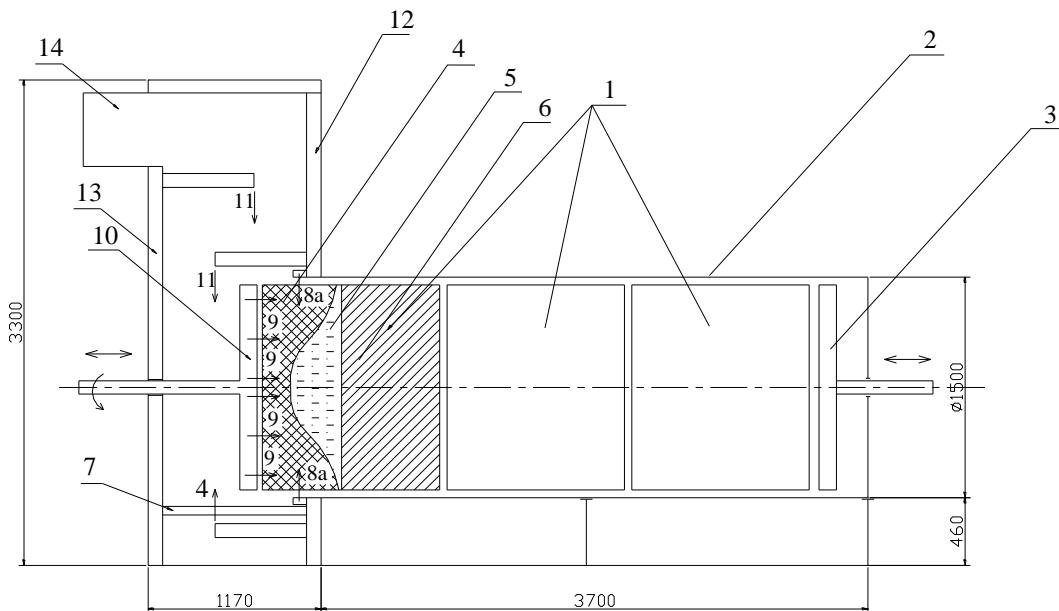
Slika 6.15. Šema malog kotla sa potisnim tipom sagorevanja balirane biomase

Na Slici 6.15. šematski je prikazan princip rada malog kotla snage oko 60 kW sa potisnim tipom sagorevanja balirane sojine slame, koji je instaliran u privatnom domaćinstvu u okolini Sombora, za potrebe etažnog grejanja [13], [14], [15], [16]. Sa slike se vidi da balirana biomasa (3), dimenzija $0.8 \times 0.5 \times 0.4$ m, pod dejstvom gravitacione sile klizi u dozatoru (1) i ulazi u zonu sagorevanja (7), gde se zadržava na rešetci (10). Primarni vazduh (25) se distribuira oko bale, u zoni sagorevanja, a sekundarni vazduh (9) se dovodi na čelo bale. Dimni gasovi iz primarne komore za sagorevanje (7) ulaze u sekundarnu komoru (14), gde se vrši dogorevanje nesagorelih gasovitih produkata sagorevaja uz pomoć tercijarnog vazduha.

Na ovom postrojenju urađeno je nekoliko eksperimenata i osnovni parametri ovih eksperimenata prikazani su u literaturi [13]. Eksperimenti sa sojinom slamom su bili uspešni i pokazali su da se sojina slama može uspešno koristiti u ložištima sa cigaretnim tipom sagorevaja. Kratkotrajni i dugotrajni eksperimenti su izvršeni sa

prosečnom potrošnjom goriva od 16,6 do 23,6 kg/h. Snaga kotla bila je promenljiva od 49,4 do 70,3 kW, sa koeficijentom viška vazduha na izlazu iz kotla od 2,11-5,36. Temperature u zoni sagorevanja su se kretale od 800 do 1000 °C, u zoni dogorevanja (mesto uvođenja sekundarnog vazduha) od 700 do 850 °C, a na izlazu iz kotla od 200 do 220 °C. Merenjem sastava dimnih gasova ustanovljena je koncentracija kiseonika između 12 i 16 %, dok je emisija ugljenmonoksida i azotnih oksida bila u granicama zakonom propisanih vrednosti.

U cilju daljeg razvoja kotlova industrijskih razmera napravljeno je eksperimentalno ložište za sagorevanje velikih valjkastih bala (prečnika 1,2 – 1,5 m), koje je postavljeno u okviru fabrike TIPO-remont-kotlogradnja, Beograd. Šema ovog ložišta je prikazana na Slici 6.16.



1–Bale sojine slame; 2–Kanal za doziranje; 3–Klip za doziranje; 4–Zona sagorevanja; 5–Zona devolatilizacije; 6–Zona sušenja; 7–Rešetka; 8–Primarni vazduh (8a–obimne mlaznice, 8b–mlaznice iznad rešetke); 9–Sekundarni vazduh; 10–Uvodnik sekundarnog vazduha; 11–Tercijalni vazduh; 12–Prednji zid; 13–Zadnji zid; 14–Izlaz dimnog gasa

Slika 6.16. Šema eksperimentalnog postrojenja za sagorevanje velikih valjkastih bala

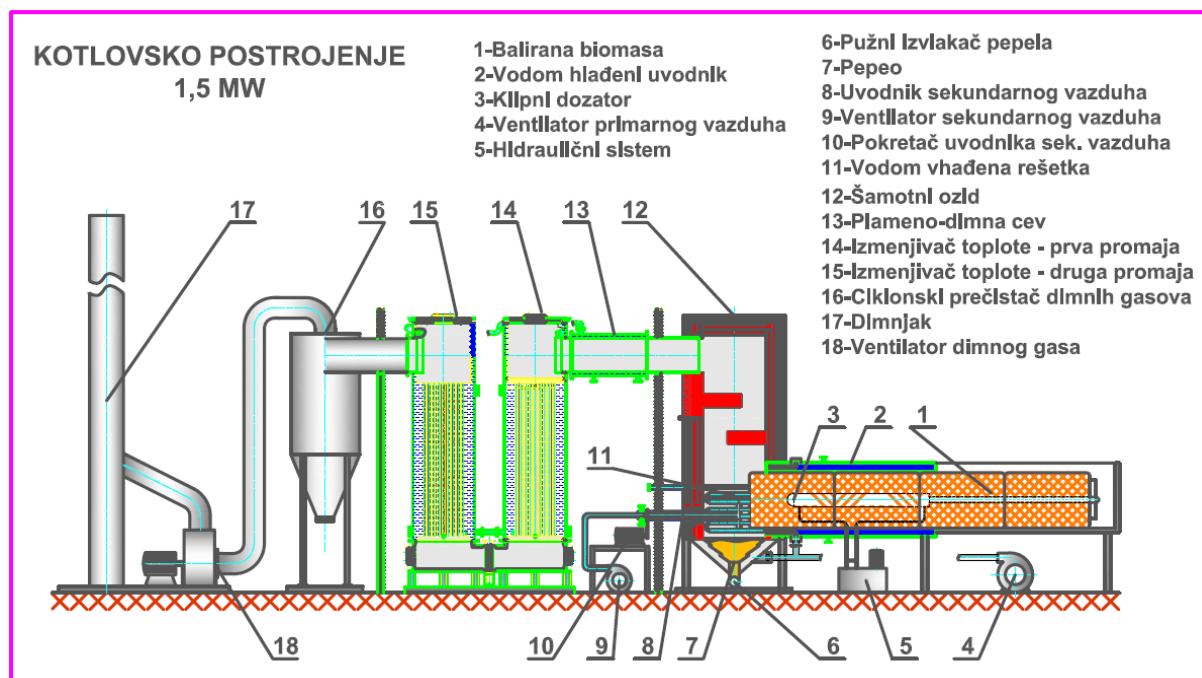
Valjkaste bale sojine slame (poz. 1 na Slici 6.16) su smeštene unutar cilindričnog dozatora dimenzija $\varnothing 1500 \times 3700$ mm (poz. 2). Doziranje bala se vrši kontinualno pomoću klipa za doziranje (poz. 3) u zavisnosti od željene snage ložišta. Kako deo bale postepeno sagoreva, sledeći deo bale ulazi u zonu sagorevanja (poz. 4). Ovaj deo bale je prethodno prošao kroz faze sušenja (poz. 6) i devolatilizacije (poz. 5). Vrh bale se održava horizontalno u zoni sagorevanja pomoću rešetke (poz. 7).

Vazduh za sagorevanje se deli na tri dela. Primarni vazduh (poz. 8) se uvodi kroz mlaznice postavljene oko bale. Sekundarni vazduh (poz. 9) koji se uvodi kroz pokretni uvodnik sekundarnog vazduha (poz. 10), koji ima funkciju definisanja snage ložišta, odnosno pozicije bale u ložištu u odnosu na prednji zid (poz. 12), kao i skidanja pepela sa vrha bale, čime se omogućava dotok svežeg vazduha u zonu sagorevanja koksнog ostatka. Tercijalni vazduh (poz. 11) se uvodi u ložište u konvektivnoj zoni iznad zone sagorevanja u cilju potpunog sagorevanja nesagorelih gasova, pre nego što napuste ložište (poz. 14).

Ukupno pet eksperimenata izvršeno je na ovoj aparaturi u cilju postizanja kvaliteta sagorevanja i dobijanja podataka koji bi bili korisni za planiranu izgradnju kotla sličnih karakteristika [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23]. U toku eksperimenta temperature u zoni sagorevanja kretale su se između 730 i 1000°C, a koeficijent viška vazduha od 2,61 do 4,71. Sadržaj kiseonika u dimnom gasu se kretao između 12 i 14 %, a u stacionarnom režimu sadržaj ugljenmonoksida nije prelazio 350 ppm. Ove varijacije parametara procesa sagorevanja su prouzrokovane nejednakim kvalitetom goriva, vlažnosti, gustinom presovanja slame itd. Takođe, primećeno je i da do temperature od 850 °C nema opasnosti od pojave sinterovanja, kada je u pitanju sojina slama.

Na osnovu sprovedenih eksperimentalnih istraživanja nakon kojih se zaključilo da je izbor tehnologije opravдан sa svih stanovišta, pristupilo se izgradnji industrijsko demonstracionog postrojenja za sagorevanje baliranog sojinog ostatka u potisnom ložištu za potrebe grejanja jednog hektara platenika u PKB korporaciji Beograd.

Šema postrojenja od 1,5 MW instalisane snage prikazana je na Slici 6.17. Baliran sojin ostatak (1) se pomoću klipnog dodavača (3) kroz vodom hlađeni uvodnik (2) uvodi u ložište (12). Klipni dodavač je pogonjen pomoću odgovarajućeg hidrauličnog sistema (5). Primarni vazduh za sagorevanje se obezbeđuje pomoću ventilatora primarnog vazduha (4) i on se deli na dva dela. Jedan deo primarnog vazduha se uvodi neposredno ispod i iznad bale, a drugi deo kroz spremište pepela (7). Pomoću dela primarnog vazduha koji se uvodi kroz pepeo vrši se fluidizacija i dogorevanje nesagorele biomase, u sloju sopstvenog pepela, koja propadne kroz vodom hlađenu rešetku (11). Pepeo se pomoću pužnog izvlakača (6) izvlači iz sistema čime se održava željena visina fluidizovanog sloja. Sekundarni vazduh se u proces sagorevanja uvodi kroz vodom hlađeni uvodnik sekundarnog vazduha (8), neposredno u zonu sagorevanja koksнog ostatka. Ovaj uvodnik ima mogućnost translatornog i delimično rotacionog kretanja. Pomoću translatornog kretanja uvodnika sekundarnog vazduha vrši se regulisanje snage ložišta (omogućavanjem da manja ili veća količine biomase učestvuje u procesu sagorevanja), a rotacionim kretanjem skidanje pepela i delimično sagorele biomase sa vrha bale.



Slika 6.17. Šema industrijsko demonstracionog postrojenja za sagorevanje baliranog sojinog ostatka u potisnom ložištu u PKB korporaciji Beograd

Sekundarni vazduh se obezbeđuje pomoću ventilatora sekundarnog vazduha (9), a translaciono i rotaciono kretanje uvodnika pomoću prenosnog mehanizma (10). Dimni gasovi nastali u primarnoj komori sagorevanja nakon skretanja ulaze u sekundarnu i tercijarnu komoru u kojima se vrši dogorevanje gasne faze, nakon čega preko plameno-dimne cevi (13) ulaze u prvu i drugu promaju razmenjivača toplote (14) i (15). Na izlasku iz razmenjivača toplote, ohlađeni dimni gasovi najpre ulaze u ciklonski prečistač (16), a nakon toga u dimnjak (17).

Opisano postrojenje je izrađeno i pušteno u rad 2007. godine i od tada uspešno radi. Međutim, radi sagledavanja eventualnih nedostataka i poboljšanja rada, a pri tome se prevasvodno misli na sistem ložišta u kome se odvija proces sagorevanja, neophodno je vršiti dalja eksperimentalna istraživanja na postrojenju. Eksperimentalna istraživanja nije uvek moguće obaviti na postrojenju koje je u neprekidnom procesu proizvodnje toplotne energije za potrebne za proces uzbajanja biljaka, pa je stoga jako korisno razviti verodostojnu numeričku simulaciju rada postrojenja pomoću koje bi se što bolje razumeo novi i nedovoljno istraženi način sagorevanja biomase i kako bi se sagledali eventualni propusti u njegovoj izradi, kao i mogućnosti poboljšanja rada sa aspekta energetske efikasnosti i ekologije.

Numerička simulacija rada jednog ovakvog postrojenja podrazumeva modeliranje procesa prenošenja toplote i supstancije pri sagorevanju bale biomase, koja po svojoj strukturi predstavlja poroznu sredinu. Odavde je, dakle, jasno da je potrebno modelitati navedene procese i u poroznoj (balirani ostatak) i u fluidnoj sredini (prostor iznad bale), pa je zadatak narednih poglavila teorijsko razmatranje svih procesa koji su vezani za pojave prenošenja u obe sredine.

6.7. Definicija procesa kosagorevanja i bazični principi

Kosagorevanje, koje se definiše kao istovremeno sagorevanje različitih goriva u istom kotlu, je alternativa koja omogućava smanjenje emisije gasova koji utiču na efekat staklene baštne. Ovo smanjenje GHG-a se ne postiže samo parcijalnom zamenom fosilnih goriva biomasom već i usled međusobne hemijske interakcije goriva različitog porekla i sastava. Sa druge strane, korišćenje biomase u energetici postavlja nove zahteve u pogledu upravljanja procesom sagorevanja i konstruisanja kotlovnih postrojenja, odgovarajućeg izbora tehnologije sagorevanja odn. kosagorevanja, kontrole udela biomase u procesu, kao i posebne zahteve održavanja rada postrojenja.

Dosadašnji rezultati korišćenja biomase za kogeneraciju u razvijenim zemljama pokazali su da je cena električne energije viša od one koja se dobija korišćenjem fosilnih goriva. Ipak, prvenstveno zbog zaštite životne sredine, Evropska unija proklamovala je obavezu korišćenja OIE. To je definisano takozvanom *Belom knjigom* [24], a realizacija je podstaknuta podsticajnim merama. *Belom knjigom* definisano je da EU do 2010. ostvari udeo primarne energije obnovljivih izvora energije od najmanje 12%. U javnosti je manje poznato da je posebnom direktivom predviđeno da udeo električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora dostigne 22,1%. Da bi se taj cilj ostvario u većini zemalja EU uvedene su posebne podsticajne mere proizvodnju ove vrste energije od kojih je i posebna cena za takozvanu „zelenu“ električnu energiju (*Feed-in tarifa*), sistem kvota, zelenih sertifikata, itd.

Zašto kosagorevanje biomase?

Elektrane na biomasu same po sebi daju niz prednosti pre svega vezane za zaštitu životne sredine ali istovremeno zahevaju znatna investiciona ulaganja i

problematičnije su u pogledu sigurnosti snabdevanja gorivom zbog sezonske prirode sirovine i činjenice da su u mnogim zemljama resursi biomase raštrkani, a infrastruktura za prikupljanje iste nedovoljno razvijena. Uz to, manja toplotna vrednost i velika nasipna gustina, u poređenju sa ugljem, impliciraju veće probleme vezane za transport, manipulisanje i skladištenje goriva, što ima za posledicu da su velike jedinice (>300MWe) na biomasu, kao jedinim gorivom, pod sadašnjim ekonomskim kriterijumima nedovoljno isplativa [25]. Kombinovanje biomase i uglja kao sirovine za proizvodnju energije u postojećim elektranama na ugalj rešava navedene probleme, ugalj ublažava efekte razlike u kvalitetu biomase i premošćava periode kada je nema u dovoljnoj količini.

Gde može da se primeni kosagorevanje biomase?

S obzirom da kosagorevanje zahteva velike količine biomase, ono najbolje **funkcioniše u velikim energetskim postrojenjima na ugalj**, koja imaju mogućnost **transporta/manipulisanja materijalom/gorivom na samoj lokaciji**. Kosagorevanje u velikim sistemima, sa visokom termičkom efikasnošću je isplativije u poređenju sa manjim energetskim postrojenjima, a troškovi adaptiranja postojećih termoelektrana na ugalj, na sistem kosagorevanja sa biomasom, su znatno manji od onih potrebnih za izgradnju posebnih termoelektrana na biomasu. Ovaj način sagorevanja se može primeniti još i u toplanama, cementarama i sl.

Biomasa

Izazovi

- Kao i svi ostali obnovljivi izvori energije, biomasa je manje ekonomski isplativa od uglja, ili bilo kog drugog fosilnog goriva, zbog manje toplotne vrednosti i veće potrošnje energije za pripremu goriva
- Mala nasipna gustina, visoki udeo vlage (i do 50%) i hidroskopnost biomase zahteva veće investicije u sistem transporta, pripreme i doziranja
- Veći rizik od korozije razmenjivačkih površina zbog velikog saržaja alkala (i hlora)
- Visoka vlažnost smanjuje efikasnost kotla
- Temperatura topljenja pepela biomase je, uglavnom, mnogo niža od temperature topljenja uglja što prouzrokuje probleme prljanja i zašljakivanja kotlovnih ramenjivača toplote i aglomeraciju pepela u sloju i "pad sloja" ukoliko se primenjuje tehnologija sagorevanja u fluidizovanom sloju
- Mogući negativan uticaj na opremu za prečišćavanje gasova ukoliko se proces kosagorevanja ne odvija na adekvatan

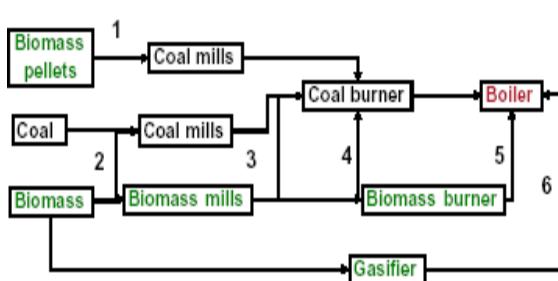
Prednosti

- Pri kosagorevanju biomase može se koristiti već postojeća infrastruktura za sagorevanje fosilnih goriva
- Stvarna cena goriva je veoma niska ili je gorivo besplatno ukoliko proizvođač želi samo da se reši otpada u proizvodnji
- Cena korišćenja biomase kao OIE je mnogo manja u odnosu na ostale OIE
- Dodavanje biomase u kotao na ugalj verovatno neće, ili će u najgorem slučju izazvati minimalni negativan uticaj na ukupnu energetsku efikasnost postrojenja (zavisno od preduzetih mera za pripremu goriva-biomase)
- Pravilnim odabirom goriva i izborom optimalne proporcije biomase i uglja/fosilnog goriva u smesi goriva, kao i adekvatnim vođenjem procesa se smanjuje ukupna emisija SO_x-a, NO_x-a kao i ukupna emisija GHG-a.
- Biomasa se smatra da je "CO₂ neutralna" pa je udeo u smesi goriva proporcionalan smanjenju emisije GHG-a.

način.

6.7.1 Sistemi za kosagorevanje

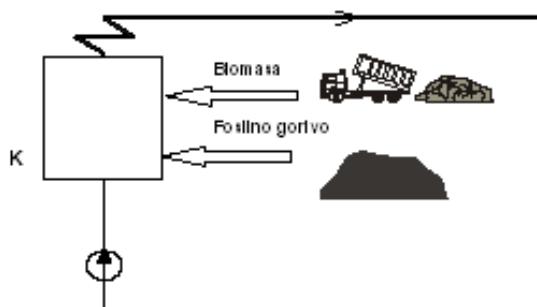
Proizvodnja energije u elektranama na ugalj delimičnom zamenom uglja, kao glavnog goriva, biomasom naziva se kosagorevanje. Definicija kosagorevanja podrazumeva i delimičnu supstituciju uglja drugim alternativnim gorivima, recimo otpadom. U svetu postoje tri osnovna tipa kosagorevanja:



1. mlevenje biomase u modifikovanim mlinovima za ugalj
2. mešanje biomase i uglja, mlevanje i paljenje nastale smeše u postojećoj instalaciji za ugalj
3. direktno ubacivanje pripremljene biomase u postojeću instalaciju na ugalj
4. direktno ubacivanje pripremljene biomase u adaptirane gorionike za sprašeni ugalj
5. direktno ubacivanje pripremljene biomase u posebne gorionike za biomasu ili direktno u ložište
6. gasifikacija biomase i sagorevanje proizvedenog gasa u ložištu

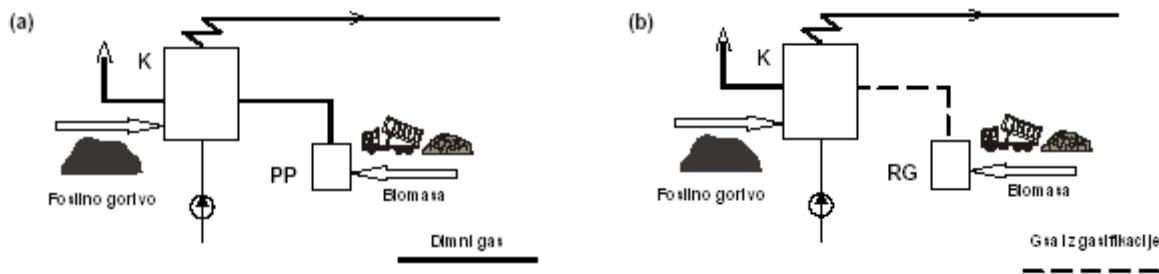
Slika 6.18 Metode za pripremu biomase pre ubacivanja u ložište

- **Direktno** – najednostavnija i najčešće primenljivana opcija. Podrazumeva istovremeno kosagorevanje više od jedne vrste goriva u ložištu/kotlu, uz primenu zajedničkog ili odvojnog sistema za doziranje i pripremu goriva (mlinova, drobilica) i zajedničkih ili posebnih gorionika, zavisno od karakteristika goriva. Potrebna su minimalna ulaganja, ali se i češće javljaju problemi vezani za doziranje goriva.



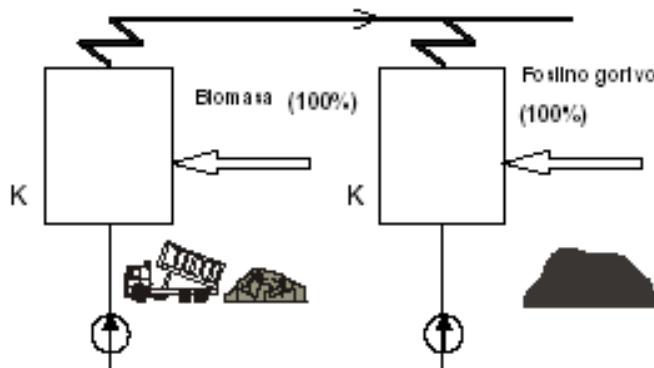
Slika 6.19 Direktno kosagorevanje

- **Indirektno** – a) biomasa ili biogas se sagori u posebnom pre-ložištu ili b) se gasifikuje u gasifikatoru i tako dobijeni gas se uvodi kroz gorionike u ložište na ugalj; nezavisni sistemi za pripremu i doziranje goriva. Ne meša se pepeo dve vrste goriva i mogući je mnogo veći udeo biomase u kosagorevanju. Veći su investicioni troškovi. Primeri za ovakve sisteme su postrojenja instalirana u Austriji (Zeltweg), Finskoj (Lahti) i Holandiji (Geertruidenberg) [26].



Slika 6.20 Indirektno kosagorevanje a) sa predložištem, b) sa gasifikacijom

- **Paralelno** (ili hibridno) kosagorevanje – postrojenju se dodaje se poseban kotao na biomasu radi povećanja produkcije pare postojećeg kotla na ugalj. Sistemi za pripremu i doziranje za biomasu i ugalj su odvojeni. Ograničavajući faktor pri rekonstrukciji postojećeg postrojenja za sagorevanje uglja je kapacitet parne infrastrukture pa količina biomase za sagorevanje zavisi od raspoloživog kapaciteta postojeće parne turbine. Pepeo biomase i uglja je potpuno odvojen. Kako su kotlovi za sagorevanje biomase i uglja potpuno odvojeni moguć je optimalan izbor tehnologija sagorevanja za svaku jedinicu (napr. kotao sa cirkulacionim fluidizovanim slojem za biomasu i kotao sa sagorevanjem uglja u letu). Investicioni troškovi su znatno veći u odnosu na opciju direktnog kosagorevanja ali se značajne prednosti ogledaju u mogućnosti optimizacije procesa, korišćenja kritičnih goriva sa velikim sadržajem alkalnih i jedinjenja hlora (slama, zeljasta i travnata biomasa...) i potpuno separisan pepeo uglja i biomase.



Slika 6.21 Paralelno kosagorevanje

U Evropi je opcija direktnog kosagorevanja uglja i biomase trenutno najzastupljenija uglavnom zbog relativno niskih investicionih troškova prevođenja postojećih elektrana na ugalj na elektrane sa kosagorevanjem biomase. Jedinice sa paralelnim kosagorevanjem su uglavnom zastupljene pri upotrbi otpadnih materija iz industrije prerade papira. Iako u EU postoje postrojenja sa indirektnim kosagorevanjem, ipak su procenjene investicije za ovaj oblik organizacije kosagorevanja velike za evropsko tržište.

Literatura:

1. S. van Loo, J. Koppejan, Handbook of Biomass Combustion and Co-Firing, Twente University Press, Enschede, 2002.
2. R. Broek, A. Faaij, A. Wijk, Biomass Combustion Power Generation Technologies, Background report 4.1, Department of Science, Technology and Society, Utrecht University, The Netherlands, May 1995
3. S. Loo, J. Koppejan, Handbook of Biomass Combustion and Co-Firing, Prepared by Task 32 of the Implementing Agreement on Boienergy under the auspices of the International Energy Agency, Twente University Press
4. S. Loo, J. Koppejan, Handbook of Biomass Combustion and Co-Firing, Prepared by Task 32 of the Implementing Agreement on Boienergy under the auspices of the International Energy Agency, Twente University Press
5. R. Broek, A. Faaij, A. Wijk, Biomass Combustion Power Generation Technologies, Background report 4.1, Department of Science, Technology and Society, Utrecht University, The Netherlands, May 1995
6. www.aster.it
7. S. Oka, SAGOREVANJE U FLUIDIZOVANOM SLOJU, Procesi i primena, Jugoslovensko društvo termičara, Beograd, 1994.
8. Bubbling Fluidized-Bed boilers, Babcock & Wilcox power generation group, Catalogue
9. www.tctoday.com/MagPDFs/732biofuels.pdf
10. H. Spliethoff, V. Siegle, Biomass Combustion in Germany, IVD-Technical University of Stuttgart, Germany.
11. B. Kavalov, S.D. Peteves, "Bioheat applications in the European Union: An Analysis and Perspective for 2010", European Commission, Directorate-General Joint Research Centre, Institute for Energy, 2004.
12. E. F. Kristensen, J. K. Kristensen, Development and test of small-scale batch-fired straw boilers in Denmark, Biomass and Bioenergy 26 (2004) 561 – 569.
13. R. Mladenovic, S. Belosevic, D. Dakic, M. Paprika, A. Eric, D. Djurovic, „Possibilities for control of a thermo-accumulating solidfuel-fired furnace“, in : Transport Phenomena in Science and Technology –2005, v. 2., Proceedings of 5th Symposium of South East European Countries(SEEC), ISBN 954-9380-03-3, J. Hristov (Ed.), Sunny Beach, Sept. 2005, Bulgaria, pp. 213-222.
14. R. Mladenovic, S. Belosevic, M. Paprika, M. Komatina, D. Dakic, A. Eric, D. Djurovic, „Effects of air excess control in a heat storage solid fuel-fired household furnace“ Applied Thermal Engineering, Volume 27, Number 13, September 2007, ISSN 1359-4311.
15. D. Dakić, M. Komatina, A. Erić, „Mogućnost regulisanog odavanja toplote pri hlađenju termoakumulacione peći za domaćinstvo“, PROCESNA TEHNIKA (2003) (Broj 1., Mart 2003, Godina 19, YU ISSN 0352-678X), str. 63-66.
16. A. Erić, M. Paprika, R. Mladenović, N. Oka, S. Belošević, D. Dakić, „Novi pristup razvoju visokoefikasne peći na čvrsto gorivo za domaćinstvo“, KGH, Naučno stručni časopis za klimatizaciju, grejanje i hlađenje, BIBLD 0350-1426 (2005) 34:1 (Broj 1., Februar 2005., Godina 34.YU ISSN 0350-1426) str. 43-49.

17. R. Mladenović, A. Erić, M. Mladenović, B. Repić, D. Dakić, „Energy production facilities of original concept for combustion of soya straw bales”, 16th European Biomass Conference & Exhibition – From Research to Industry and Markets, Proceedings on DVD-ROM, ISBN 978-88-89407-58-1, Valencia, 2-6 June 2008.
18. R. Mladenovic', D. Dakic', A. Eric', M. Mladenovic', M. Paprika, B. Repic', The boiler concept for combustion of large soya straw bales, Energy 34, (2009), 715–723.
19. R. Mladenović, D. Dakić, A. Erić, M. Paprika, M. Mladenović, B. Repić, “Energy production facility with combustion of large rolled bales of soya straw”, INFUB – 7th European Conference on Industrial Furnaces and Boilers., april 2006, Porto, Portugal, pp. 18-21.
20. R. Mladenovic, A. Eric, M. Mladenovic, M. Paprika, B. Repic, D. Dakic, „Energetsko postrojenje snage 2 MW sa sagorevanjem velikih bala sojine slame“, PTEP - Casopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, BIBLID 1450-5029 (2006) 10; 1-2; p. 38-41., Vol. 10 (2006), br. 1-2, str. 38-41.
21. B. Repić, D. Dakić, A. Erić, R. Mladenović, M. Paprika, „Korišćenje balirane biomase iz poljoprivredne proizvodnje kao veoma persepktivnog obnovljivog izora energije“, Zbornik radova Electra IV, Četvrta regionalna konferencija o uzajamnosti zaštite životne sredine i efikasnosti energetskih sistema, Tara 11-15 septembar 2006. godine, ISBN 86-85013-02-X, str. 134-138.
22. B. Repić, D. Dakić, R. Mladenović, A. Erić, M. Paprika, „Analiza i izbor optimalnog načina sagorevanja balirane biomase iz poljoprivredne proizvodnje“, Zbornik apstrakata 13. Simpozijuma termičara Srbije, ISBN 86-80587-70-2, Soko Banja, Oktobar 2007.
23. R. Mladenović, M. Paprika, M. Komatina, A. Erić, D. Dakić, „Kotlovsко sagorevanje velikih bala sojine slame radi zagrevanja kompleksa staklenih bašta“, 38. Međunarodni kongres o grejanju, hlađenju i klimatizaciji (KGH), Zbornik radova, ISBN 978-86-81505-38-0, pp.227-238, Beograd, 5-7. decembar 2007.
24. http://europa.eu/legislation_summaries/other/l27023_en.htm
25. IEA Clean Coal centre, Fuels for biomass cofiring, ISBN 92-9029-418-3, 2005
<http://www.techtp.com/Cofiring/Fuels%20for%20biomass%20cofiring.pdf>

European Commission (2000), *Addressing the constraints for successful replication of demonstration technologies for co-combustion of biomass/waste*, booklet DIS 1743/98-NL, Report of the final seminar held at 1st World Conference and Exhibition on Biomass for Energy and Industry, Sevilla, 6 June 2000. http://www.ieabcc.nl/publications/seminar_co-firing.PDF

7.LANAC SNABDEVANJA BIOMASOM - MOGUĆI ORGANIZACIONI MODELI PRIKUPLJANJA BIOMASE ZA PROIZVODNju ENERGIJE NA EKONOMSKI, TEHNIČKI I EKOLOŠKO OPRAVDAN NAČIN

Rezime stanja u Srbiji sa stanovišta upotrebe biomase u energetske svrhe

Potencijal biomase kao domaćeg resursa je evidentan, ali i dalje malo iskorišćen, jer se o ovom energentu ozbiljnije govori tek u poslednjih desetak godina. Država nije u dovoljnoj meri prepoznala značaj biomase kao energenta, ona se može koristiti i za zagrevanje plastenika i staklenika, i dr. tehnološke potrebe (u napr. klaničkoj industriji ili za ekstrakciju ulja lekovitog bilja), čime bi se period njenog iskorišćenja produžio na čitavu godinu, a ne samo na grejnu sezonu. Poljoprivredna biomasa je najzastupljenija u Vojvodini, pre svega Bačkoj. Banat ima značajne potencijale za uspostavljanja energetskih plantaža, dok u Sremu postoji zastupljenost i poljoprivredne i drvne biomase. Drvna biomasa je značajnije zastupljena u istočnoj, južnoj i zapadnoj Srbiji, ali se moraju imati u vidu i konzumenti - tamo gde ima potencijala često nema potrošača, a transport na duže distance nije isplativ.

Tržište biomase u Srbiji je nedovoljno razvijeno. Poseban problem predstavlja činjenica da se u Srbiji drvna biomasa koristi za proizvodnju drugih proizvoda (pelet, iverica) namenjenih pre svega izvozu. Sa druge strane, uvoze se fosilna goriva i izvoze proizvodi na bazi biomase, umesto da se ona koristi lokalno za smanjenje energetske zavisnosti. Takođe, velike količine drvne biomase se koristi neefikasno (ogrevno drvo u domaćinstvima i za proizvodnju peleta), čime se smanjuju kapaciteti koji bi se mogli iskoristiti znatno efikasnije (u CHP postrojenjima ili toplanama). Iz navedenih razloga je proizvodnja drvne biomase dosta ograničena, jer se velike količine već koriste. Dodatni problem jeste neorganizovanost privatnog sektora, u čijem vlasništvu je preko 50% šumskih resursa, koji se uglavnom koriste neplanski pod pritiskom nepovoljne ekonomske situacije.

Iskorišćenost poljoprivredne biomase je posebno niska u odnosu na potencijal. Upotreba poljoprivredne biomase je specifična, zahteva poseban logistički koncept i velike površine za skladištenje, što predstavlja poseban izazov investitorima.

Ono u čemu Srbija generalno zaostaje, ne samo za zemljama Zapadne Evrope već i za najbližim susedima, jesu konkretni projekti proizvodnje energije na bazi biomase, kao i povećanje efikasnosti pri njenom korišćenju.

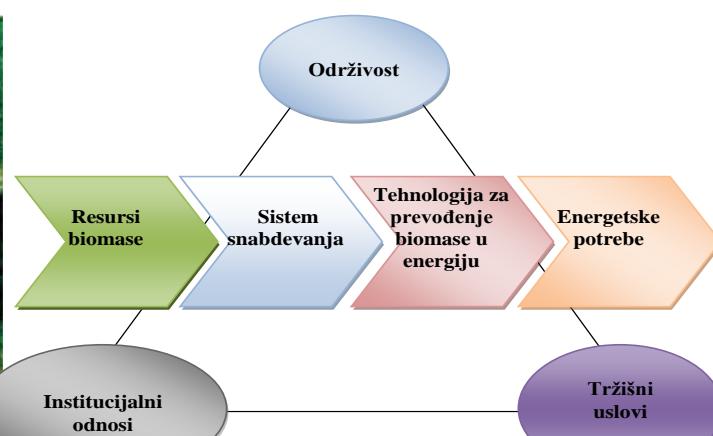
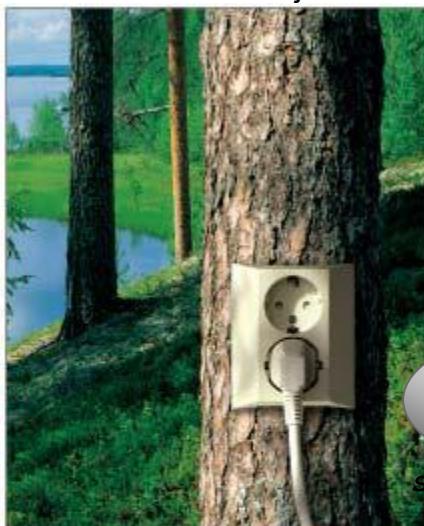
Intezivnija upotreba biomase u energetske svrhe bi se najbolje ostvarila u:

- toplananama nadrvnu ili poljoprivrednu biomasu kroz model javno-privatnog partnerstva ili kroz investicije lokalnih samouprava
- elektranama ili CHP postrojenjima na poljoprivrednu biomasu, i to pre svega za proizvodnju energije u industrijskim zonama.

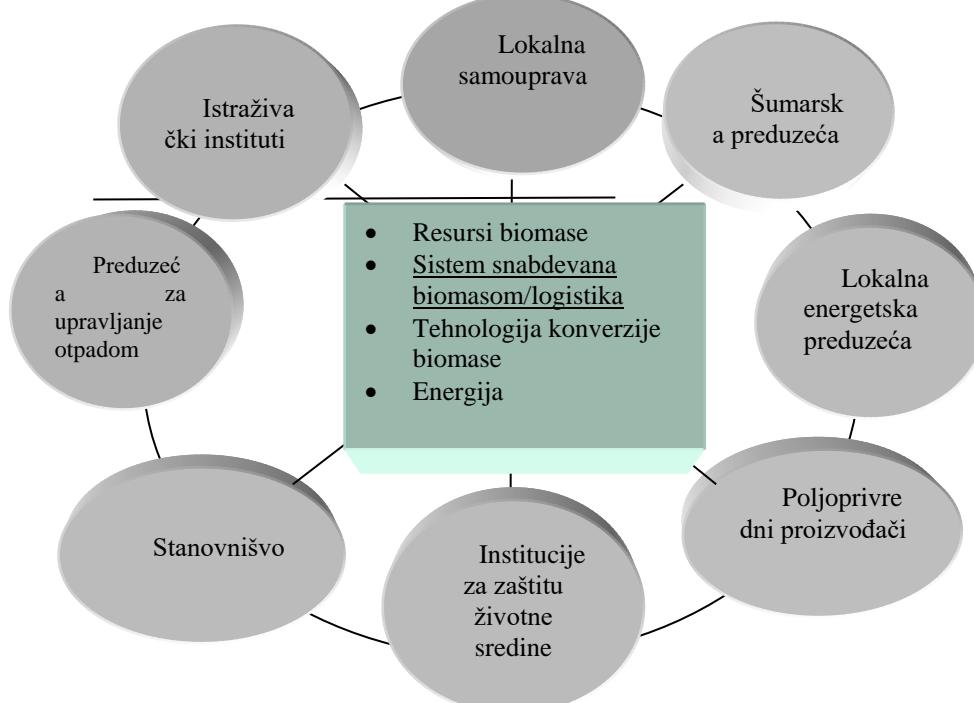
Dakle, akcenat je na nivou lokalnih samouprava da uz pomoć povoljnijih kredita i eventualnih državnih subvencija, ali i uz zainteresovanost investitora za javno-privatna partnerstva (privatni partneri - nosioci investicije u proizvodnju energije, javni partner – distribucija energije), ostvari bolju iskorišćenost ovog resursa.

7.1 Uvod

Jedan od glavnih izazova na nacionalnom i međunarodnom nivou je osiguravanje ekološki prihvatljivog snabdevanja energijom koje uz to podržava lokalne samouprave, uz istovremeno zadovoljenje ekonomskih i političkih ciljeva i međunarodnih obaveza vezanih za upotrebu OIE, klimatske promene, energetsku sigurnost i održivi razvoj.



Slika 7.1. Glavne komponente bioenergetskog sistema BES



Slika 7.2. Bioenergetski sistem sa činiocima/akterima

Bioenergetski sistem se sastoji od 4 glavna tehnička činioca (slika 7.1): resursa biomase, sistema snabdevanja biomasom, tehnologije odn. postrojenja koje biomasu prevodi u energiju i sistema za snabdevanje energijom (centralni deo šeme-slika 7.2). Svi akteri u sistemu su međusobno povezani kompleksnom i dinamičkom mrežom partnerskih odnosa i zakonodavnih mera. Ovi sistemi zahtevaju dovoljne, pouzdane, dugoročne, i pristupačne zalihe biomase standardnog kvaliteta.

Upravljanje lancem snabdevanja, ponuda i kontrola kvaliteta biomase su od krucijalnog značaja da se osigura uspeh bioenergetskog projekata.

Vodeće zemlje u Evropi u primeni biomase za proizvodnju energije su Austrija, Nemačka, Velika Britanija, Danska, Finska i Švedska, gde se ona uglavnom proizvodi od biomase drvnog porekla i ostataka čvrstog komunalnog otpada u kogenerativnim postrojenjima. Glavni pokretači za razvoja BES u ovim zemljama su obilje resursa i povoljna nacionalna politika, kao i ostvarena finansijska dobit koja doprinosi regionalnom razvoju.

Srbija je u cilju intenziviranja primene biomase donela niz zakonodavnih mera koje se protežu istovremeno na oblast energetike, poljoprivrede i oblast zaštite životne sredine. Međutim, od podsticajnih mera za primenu biomase država je donela samo one za proizvođače električne energije iz obnovljivih izvora energije i to kroz:

- Uredba o merama podsticaja za povlašćene proizvođače električne energije;
- Uredba o uslovima i postupku sticanja statusa povlašćenog proizvođača električne energije;
- Uredba o visini posebne naknade u 2014. godini;
- Uredba o načinu obračuna i načinu raspodele prikupljenih sredstava po osnovu naknade za podsticaj povlašćenih proizvođača električne energije;
- Pravilnik o bližim uslovima za izdavanje energetske dozvole, sadržini zahteva i načinu izdavanja energetske dozvole, kao i o uslovima za davanje saglasnosti za energetske objekte za koje se ne izdaje energetska dozvola;
- Pravilnik o garanciji porekla električne energije proizvedene iz OIE;
- Pravilnik o utvrđivanju standardnih modela ugovora i predugovora o otkupu ukupnog iznosa proizvedene električne energije

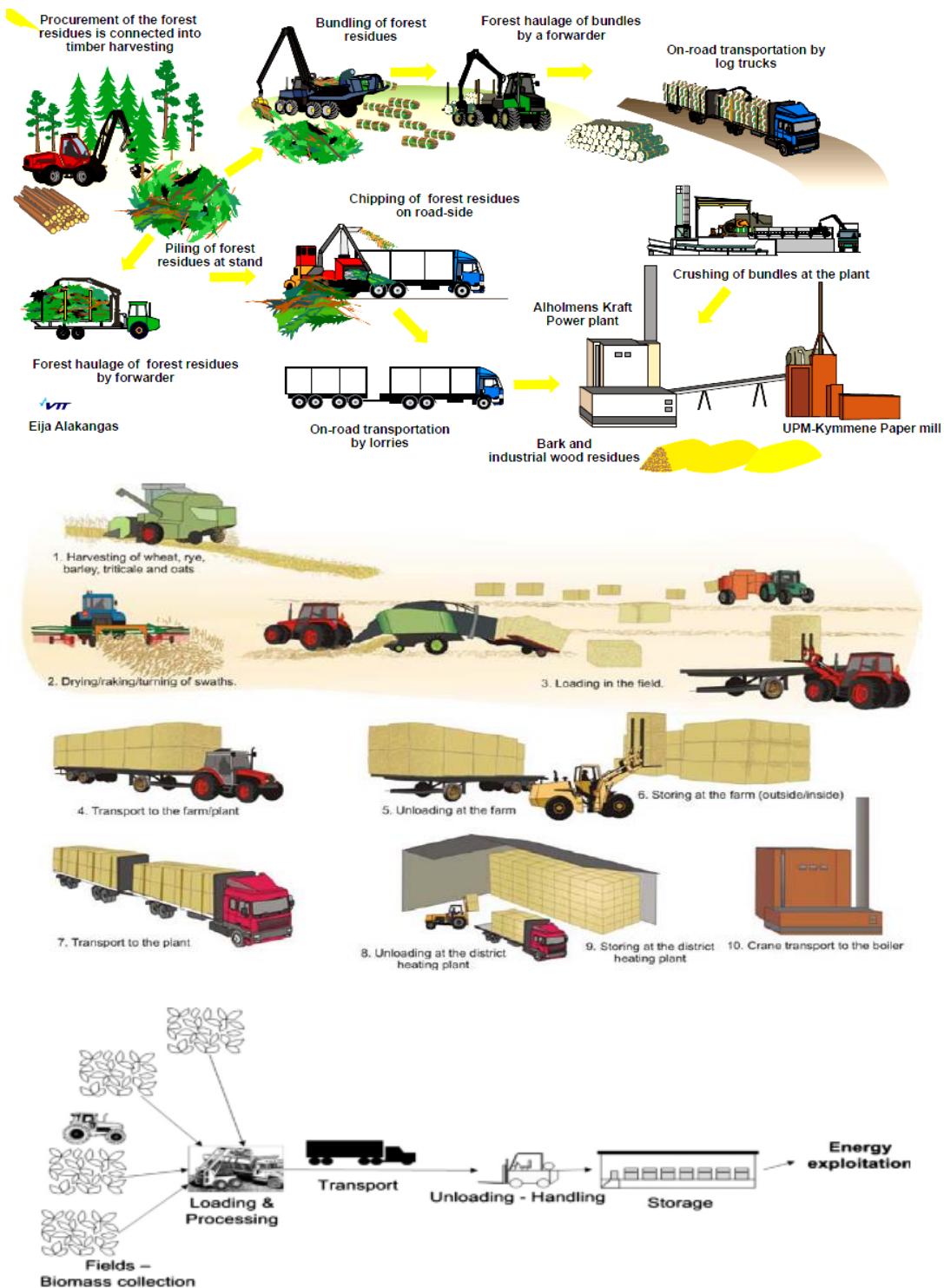
Međutim važno je istaći da, prema važećem zakonodavstvu, organi lokalne samouprave definišu uslove za sticanje statusa povlašćenog proizvođača toplotne energije, kao i kriterijume za ispunjavanje ovih uslova. Povlašćeni proizvođači toplotne energije koja se koristi za grejanje i/ili hlađenje, imaju pravo na podsticaj kupovne cene i druge pogodnosti. Prema zakonu, nadležni organ lokalne samouprave bliže propisuje podsticaje za proizvodnju toplotne energije iz obnovljivih izvora energije.

Jedna od identifikovanih ključnih činilaca za uspešnu primenu biomase u proizvodnji energije je dobro organizovan i koordiniran sistem snabdevanja između proizvođača i konzumenta biomase (najčešće elektroprivrede, toplane, bio rafinerije i sl.).

7.2 Lanac snabdevanja biomasom

Glavne interesne grupe u sistemu sakupljanja i snabdevanja biomasom su farmeri, asocijacije i preduzeća posrednici tzv. dileri i krajnji konzumenti biomase (u ovom slučaju toplane). Kako je transport sirove biomase na velike razdaljine ekonomski neisplativ (pre svga zbog velike nasipne gustine biomase), to implicira razvoj lokalnog i regionalnog tržišta biomase. Iskustva EU ukazuju da je od suštinskog značaja za stabilno tržište biomase zaključivanje dugoročnih ugovora između interesnih grupa/proizvođača biomase/dilera/konzumenta. Što je lokalno i regionalno tržište razvijenije to je efikasniji lanac snabdevanja između proizvođača biomase (farmera) i krajnjeg konzumenta, u najčešćem slučaju elektroprivrede, toplana, u kome korist pored navedenih krajnjih karika u lancu snabdevanja, direktnе koristi

imaju i medijatori: dileri, lokalna samouprava, investitori, proizvođači opreme... Jednom uspostavljeno tržište biomase bi trebalo da omogući blisku saradnju, jasnu komunikaciju i transparentne informacije među zainteresovanim stranama vezano za cenu i potražnju biomase, uslove poslovanja i drugih ključnih pokazatelja.



Slika 3. Šematski prikaz lanca snabdevanja (za drvnu i poljoprivrednu biomasu)

7.2.1 Lanac snabdevanja drvnom biomasom

Osnovni cilj u snabdevanju biomasom je mobilisati biomasu na isplativ način uz postizanje što boljeg kvaliteta iste na kraju lanca snabdevanja. Pri tome mobilizacija drvne biomase podrazumeva:

- Seču stabala – ručnu ili mehanizovanu
- Izvlačenje drvnih sortimenata i biomase
- Preradu biomase
- Utovar i manipulaciju
- I transport biomase

Snabdevanje drvnom biomasom može biti iz:

- Drvne industrija - kupcima na raspolaganje stavlja biomasu upakovano ili u rasutom stanju na stovarištima. Lako pristupna za transportna sredstva.
- Šumske biomase - isplativo snabdevanje može predstavljati izazov.

Šumske biomase se generiše iz dve osnovne vrste seča šuma:

- **seče nege** - selekcija stabala budućnosti i vađenje stabala koja su lošijeg kvaliteta:
 - seče osvetljavanja,
 - čišćenja
 - i proredne seče.

Sa aspekta korišćenja šuma:

- manje količine drveta koja se seče
- ograničenu pokretljivost mehanizacije kroz šumu, zbog stabala koja ostaju
- vrednost drvnih proizvoda koji se dobijaju sečama nege je niska, obzirom da se radi o stablama malih dimenzija ili lošijeg kvaliteta
- ograničeni kratkoročni ekonomski efekti prorednih seča,
- Isplativost izvlačenja šumskih ostataka nakon prorednih seča je uslovljena adekvatnim izborom metode transporta ali je upitna

- **seče obnavljanja** - obnavljanje šume, bilo ono prirodno ili veštačko:
 - oplodne seče (podmladak se drži pod privremenom zasenom matičnih stabla)
 - čiste seče (seče svih ili većine stabala u šumi).

Sa aspekta korišćenja šuma:

- iskorišćava se kompletna drvna masa u jednom ili više zahvata,
- velike količine drveta, velikih dimenzija i dobrog kvaliteta.
- mogućnost kretanja mehanizacije kroz sečinu povećana, zbog uklanjanja velikog broja stabala
- velika koncentracije šumskog ostatka, čije je uklanjanje često obavezno
- ekonomski isplativost izvlačenja šumskih ostatka je veća nego kod prorednih seča.

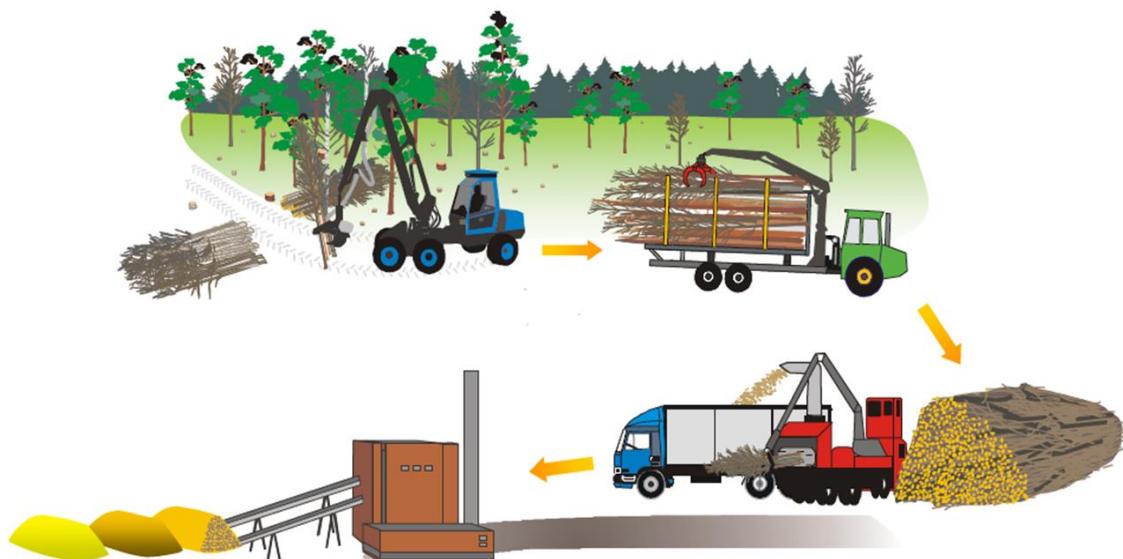
- **prebirne seče** - kada se zahvatima u šumi istovremeno vrše i seče nege i seče obnavljanja uz održavanje prebirne strukture sastojine.

Metode seče i izrade stabala:

- metod **delova debala** - seča stabala, odvajanje krošnje sa granama od debla, skraćivanje debla na više delova, zbog manipulacije i transporta,
- metod **celih stabala** - podrazumeva seču stabla i vuču čitavog stabla do stovarišta na kome se vrši kasnija prerada u željene sortimente
- i **sortimentna** metoda - podrazumeva seču i izradu šumskih sortimenata na mestu obaranja stabla i njihov kasniji transport do šumskih stovarišta. Ova metoda je dominantna metoda u Srbiji i ostalim zemljama Evrope. Seča se može vršiti motornim testerama ili harvesterima, a izvlačenje se može vršiti traktorima, skiderima i forvarderima. Metoda uzrokuje najmanja oštećenja na živim stablima i zemljištu, a upotrebljava se i pri sečama nege i pri sečama obnavljanja

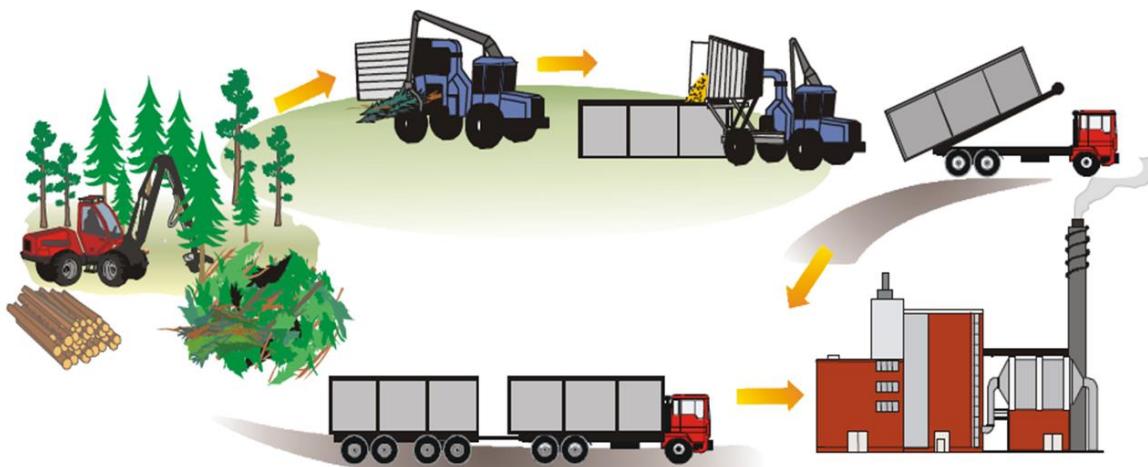
U našoj praksi se javljaju tri osnovna principu u sakupljanju i preradi šumskih ostataka:

- transport šumskih ostataka do stovarišta nakon seče i izvlačenja celih stabala i iveranje stabala na kamionskom putu ili stovarišu (Sl. 7.4.)
- iveranje šumskog ostatka u šumi i transport kontejnera sa sečkom do kamionskog puta (Sl. 7.5.)
- sakupljanje šumskih ostataka u svežnjeve i transport do mesta prerade (Sl. 7.6.)



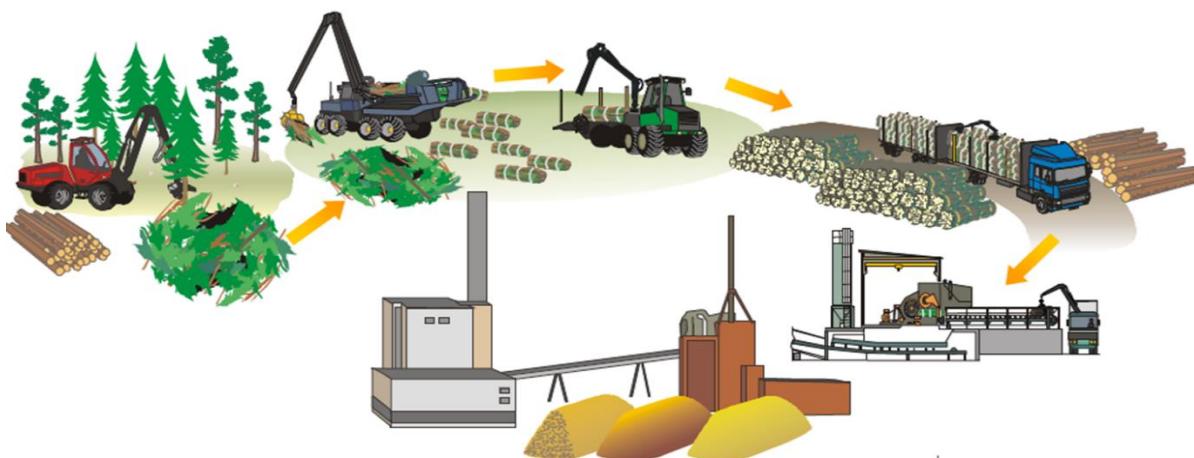
Slika 7.4. Logistički koncept – iveranje na kamionskom putu ili šumskom stovarištu

- Nakon seče (motornom testerom/feler bančerom) cela stabla se transportuju (forvarderom ili se vuku skiderom) do stovarišta na kamionskom putu, gde se vrši prerada stabala u sortimente, a šumski ostatak se usitnjava mobilnim iveraćima i tovari u kamione koji drvnu sečku transportuju do potrošača. U Srbiji se može primeniti nakon čistih seča, sanacija požarišta, kao i u sečama nege pri šematskim proredama četinara ili sečama brzorastućih vrsta drveća. Ova metoda je najisplativija za transport šumskog ostatka, jer transport istog ne prave nikakvi dodatne troškovi u odnosu na ostale sortimente koji se izvlače. Primenljiva je i na strmim i ravnim terenima; omogućava odlaganje iveranje drveta, što omogućava dodatno sušenje materijala kao i fleksibilnost u planiranju proizvodnog procesa.



Slika 7.5. Logistički koncept – iveranje u šumi

- b) Stabla se obaraju harvesterom i izrađuju se drvni sortimenti koji se dalje transportuju forvaderima do stovarišta na kamionskom putu. Harvester pri seći i izradi stabala grupiše šumski ostatak na veće gomile. Nakon izvlačenja komercijalnih sortimenata vrši se usitnjavanje šumskog ostatka mobilnim iveraćima na traktorima. Oni sečku izduvavaju u kontejnere koji se prevoze traktorskim prikolicama ili forvaderima do kamionskog puta, gde se tovare na kamione koji ih transportuju do mesta potrošnje. Ovu metodu moguće je primeniti nakon seća obnavljanja i nakon prorednih seća, uz ograničenu mogućnost dohvata svog šumskog ostatka u prorednim sećama. Metoda zahteva angažovanje većeg broja mašina, pa je a njena isplativost diskutabilna. Uglavnom se primenjuje u Skandinavskim zemljama gde postoje subvencije za prorede i proizvodnju drvne sečke.



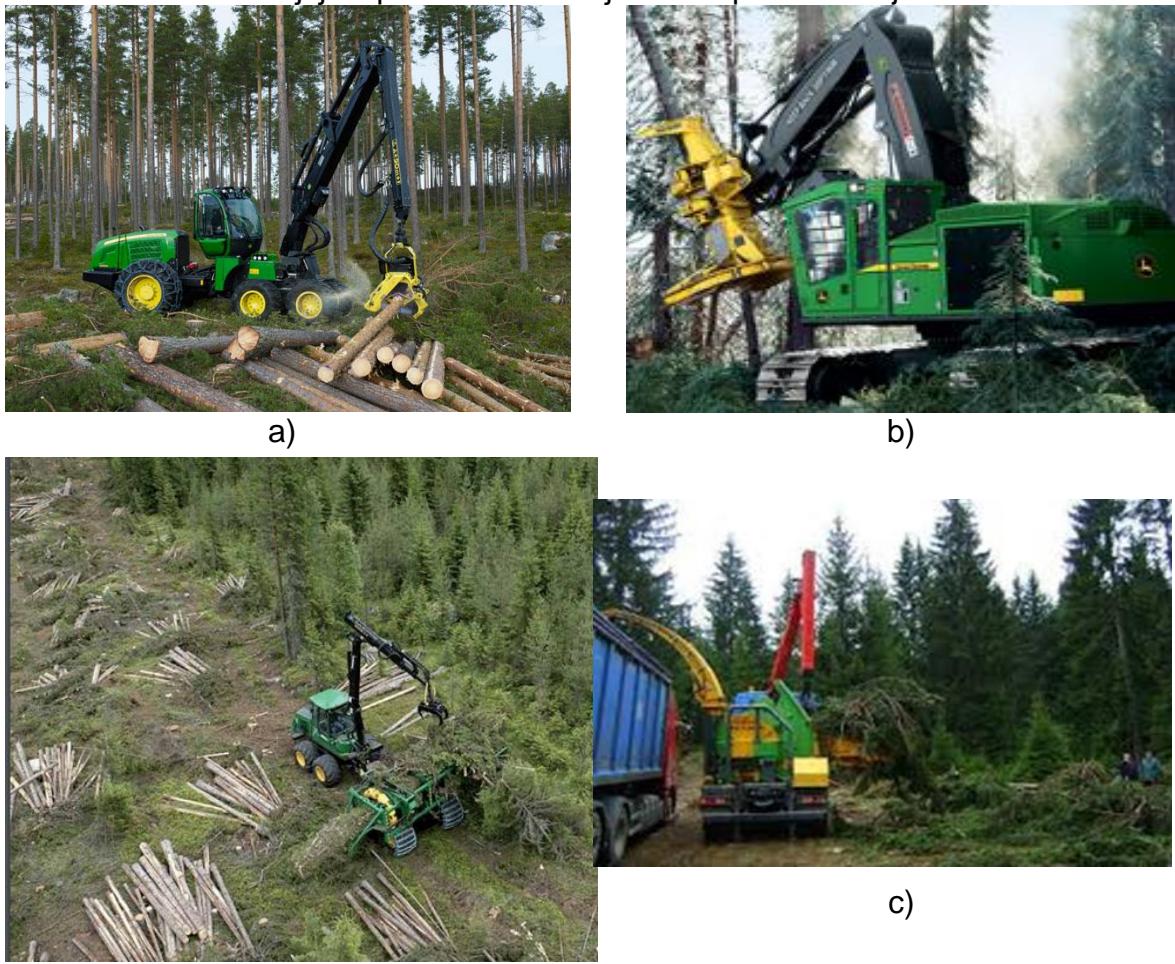
Slika 6. Logistički koncept – iveranje na mestu potrošnje

c) Ovo je metod sakupljanja šumskog ostatka u sveženjeve i transporta do mesta dalje prerade. Može da podrazumeva i primenu bandler mašina kojima se nakon seče i izvlačenje vrednijih sortimenta vrši sakupljanje šumskog ostatka, njegovo gomilanje i vezivanje u svežnjeve. Na ovaj način povećava se masa šumskog ostatka koji se može dalje transportovati. Svežnjevi šumskog ostatka se na dalje transportuju forvaderima do stovarišta na kamionskom putu gde se ili iveraju ili se kao svežnjevi transportuju do krajnjeg potrošača ili mesta dalje prerade. Što se tiče angažovanja mehanizacije, isplativosti i primene uz subvencije, isto važi kao i u prethodnom slučaju.

Infrastruktura, mehanizacija i oprema za snabdevanje drvnom biomasom

Primena odgovarajuće mehanizacije u snabdevanju drvnom biomasom, zavisi od izabranog logističkog koncepta (i varijacija istog), konfiguracije terena, vrsta i metoda seče. Takođe, izbor mehanizacije zavisi i od stanja šumske infrastrukture – šumskih puteva.

Šumski putevi mogu biti sa tvrdom podlogom i mekom podlogom. Postoje i linije – vlake koje se koriste za kretanje traktora pri izvlačenju drvnih sortimenata. Prosečna otvorenost šuma u Srbiji je ispod 8 m/ha dok je u Evropskim zemljama od 20-40m/ha.



Slika 7.7. a) harvester, b) feler bančer, c) kombajni za žetvu plantaža drvenaste biomase

Seča stabala može se obavljati motornim testerama ili mehanizacijom. U moderne mašine za seču stabla svrstavaju se:

- motorne testere;
- "harvesteri"
- "feler bančeri"
- kombajni za žetvu plantaža drvenaste biomase.

Mašine za pripremu biomase:

- Bandleri
- Cepači
- Iverači



Slika 7.8. Mašine za pripremu drvenaste biomase

Transport drvnog sortiranog se obavlja kamionima ili traktorima sa istovarnim prikolicama, a **utovar i manipulacija** – teleskopskim utovarivačima, fenovima, pokretni trakama.

Skladištenje i sušenje drvnih goriva je neophodno pre svega što kotlovi zahtevaju sagorevanje drveta manje vlažnosti za postizanje projektovane efikasnosti. Stoga se i kupovina drvnih goriva sve više vrši na osnovu toplotne vrednosti, a ne na osnovu

mase ili zapremine. Smanjenje sadržaja vlage u drvetu se postiže adekvatnim skladištenjem i sušenjem drvnih goriva:

- Za neprerađenu drvnu biomasu – na otvorenom
- Za drvnu sečku – sa nadstrešnicom ili bunker ili silos u slučaju ograničenog prostora



a)



b)



c)

Slika 7.9. Skladištenje

a) na otvorenom, b) silosima, c)
zatvorenom skladištu

Da bi se izbeglo gubljenje supstance drveta potrebno je primenjivati **osnovna pravila** pri skladištenju drvnih goriva, a to su:

- skladištiti materijal sa što manje vlage i zaštititi ga od kiše;
- pospešiti prirodnu ventilaciju, koja ubrzava gubitak vlage i toplote;
- gruba i konzistentna struktura materijala pospešuje unutrašnju ventilaciju;
- usitnjavanje drveta vršiti oštrim noževima;
- smanjiti količine četina i lišća u gomilama za sušenje, jer mikroorganizmi prvo napadaju njih;
- skratiti dužinu skladištenja na neophodni minimum;
- izabrati optimalnu visinu gomila koje se suše.

Skladištenje **drvne sečke** u zavisnosti od načina proizvodnje podrazumeva da drvna sečka pre ulaska u skladište smanji svoju vlažnost sa sirovih 50% na 30% do maksimalnih 40% da bi se izbegli negativni efekti dejstva gljiva i bakterija. Ovo je moguće ostvariti sušenjem materijala od koga se izrađuje drvna sečka na privremenom ili na glavnom stovarištu u zavisnosti od organizacije proizvodnje.

Materijal od koga se izrađuje drvna sečka je potrebno složiti na suvom mestu, izloženom suncu i vетру i pokriti ga najlonom ili nekim drugim materijalom da bi se sprečilo prodiranje atmosferskih padavina u složajeve. Na ovaj način u letnjim mesecima materijal zadrvnu sečku smanji svoju vlažnost sa 50% na 40% ili više zavisno od spoljašnje temperature. Nakon iveranja drvnog materijala, sečku je potrebno skladištiti pod nadstrešnicom uz obezbeđenje konstantnog protoka vazduha. U toku skladištenja sečku je potrebno grupisati na gomile i okretati da bi se omogućilo ravnomerno sušenje. Za okretanje drvne sečke i manipulaciju najpogodnije su mašine sa utovarnom kašikom. Vreme sušenja na ovaj način zavisi od temperature i vlažnosti materijala kao i željene vlažnosti drvne sečke. Za skidanje vlažnosti sečke sa 30% na 20% u letnjim mesecima potrebno je oko mesec dana.

Logističko-trgovinski centri zadrvnu biomasu

Logističko-trgovinski centar za biomasu (BLTC) je inovativni koncept koji funkcioniše kao posrednik između ponude i potražnje biomase u organizaciji regionalnog/lokальног lanca snabdevanja biomasom. U početku može biti platforma za marketing i prodaju, što se kasnije može razviti u BLTC sa sopstvenom proizvodnjom, skladištem, i logistikom kada tražnja na tržištu dostigne tačku u kojoj se obezbeđuje amortizacija investicije. BLTC predstavlja prilagodljiv poslovni model za konkurentne operacije posrednika u organizaciji regionalnog lanca snabdevanja biomasom (npr. konzorcijum privatnih investitora ili javno privatno partnerstvo ili u organizaciji javnog sektora).

Formiranje BLTC započeto je u Nemačkoj i Austriji od strane udruženja vlasnika privatnih šuma i/ili zadruga i danas u najvećem broju slučajeva to je i dalje tako. Ovi centri se bave snabdevanjem šumskim ostacima ili ogrevnim drvetom iz, uglavnom, privatnih šuma, i to najčešće svojih članova. Drvnu biomasu prerađuju udrvnu sečku, cepano ogrevno drvo i druge slične proizvode. Pored toga BLTC-i se bave proizvodnjom ili samo prodajom drvnog peleta, briketa i ostalih drvnih goriva. Snabdevaju drvnom biomasom i lokalno stanovništvo, i energane, kao što su lokalne toplane. U nekim slučajevima, sami BLTC-i se bave proizvodnjom toplotne energije koju distribuiraju krajnjim korisnicima. Najreprezentativniji BLTC su u: Austriji (Leoben, Skt. Lambrecht), Nemačkoj (Achental, Algau) i Sloveniji (Nazarje).

U Srbiji je oformljen Centar za distribuciju biomase u Majdnapiku, kao rezultat projekta Izgradnje kapaciteta za formiranje regionalnog centra za biomasu u Majdanpeku, finansiranog od strane Austrijske Razvojne Agencije ADA 2013-2014 godine, a koji je sprovela NVO Resurs Centar Majdanpek u partnerstvu sa Nacionalnom Asocijacijom za biomasu SERBIO. Vlasnik centra je NVO Resurs Centar i Toplana Majdanpek. Ovaj centar se trenutno bavi proizvodnjom ogrevnog drveta i snabdevanjem lokalnih škola, a zbog nerešenih infrastrukturnih pitanja, još uvek nije u potpunosti operativan. Pored ovog u Srbiji postoji još preduzeća koja se mogu klasifikovati kao BLTC: Jela Star doo iz Prijepolja, koje se bavi preradom drveta, proizvodnjom i distribucijomdrvne sečke i peleta; logistički centri na Zlatiboru – Preduzeće Goršak d.o.o i u Novoj Varoši – preduzeće Nanix Wood.



Slika 7.10. PROIZVODNJA I PRODAJA NANIX WOOD d.o.o

Osnovni koncept BLTC je da postane regionalna uslužna stanica za gorivo iz drvne biomase vrhunskog kvaliteta koju vodi grupa preduzetnika (konzorcijum privatnih investitora ili javno privatno partnerstvo ili u organizaciji javnog sektora) udrvno industrijskom sektoru. Plasman goriva putem centra za biomasu stvara dodatnu vrednost kako za uključene preduzetnike, tako i za klijente koji imaju koristi od nabavke kvalitetnog, lokalnog goriva iz drvne biomase. Proizvodni asortiman se može nadopuniti i sveobuhvatnom uslugom, poput dostavljanja goriva ili davanja kompetentne ekspertize za pravilno korišćenje goriva iz drvne biomase. Putem centra za biomasu, klijenti mogu biti sigurni da su im dugoročno osigurane zalihe za njihove sisteme grejanja. Stoga domaćinstva i poslovni subjekti mogu mirne savesti odabrati ovaj finansijski povoljan i ekološki prihvatljiv način grejanja.

Održivost snabdevanja drvnom biomasom

Održivost snabdevanja drvnom biomasom predstavlja imperativ. Prekomerno korišćenje ugrožava sposobnost obnavljanja šuma i njihovog daljeg korišćenja, ugrožava stanje biodiverziteta, zemljišta i uzrokuje klimatske promene. Stoga, drvna biomasa se mora koristiti u skladu sa planovima gazdovanja šumama, poštujući principe održivosti. Industrijski proizvođači celuloze, iverice i peleta su konkurenti na tržištu biomase koja bi se mogla direktno koristiti kao emergent, pa se zarad održivosti korišćenja šuma, uz povećanju tražnju industrijskih kupaca dovodi u pitanje korišćenje biomase u energetske svrhe. Veoma je važno izvagati društvene koristi industrijske proizvodnje namenjene izvozu, sa društvenim koristima koje može doneti korišćenje biomase za proizvodnju energije na lokalnu, kao i troškove uvoza fosilnih goriva kojima biomasa predstavlja alternativu. Treba napomenuti i da je **biomasa najveći generator posrednih i neposrednih radnih mesta od svih drugih izvora energije, kao i da je korišćenje biomase najpodesnije za razvoj u ruralnim područjima gde često ne postoje druga radna mesta.**

7.2.2 Lanac snabdevanja poljoprivrednim biomasom

U Srbiji ne postoji organizovano tržište poljoprivrednih ostataka. Međutim, postoji pozitivan stav prema učešću u lancu snabdevanja za potencijalne korisnike kao što su toplane i javne objekte. U odnosu na centralnu Srbiju, tržište ostataka poljoprivredne biomase je nešto razvijenije u Sremskom okrugu, kao i u drugim okruzima AP Vojvodine. Sa najvećim učešćem obradivog zemljišta u Srbiji, ekonomski razvijenija od ostatka zemlje, AP Vojvodina je najagilnija u primeni biomase. Prehrambena industrija, stočari, proizvođači agro peleta, preduzeća koja proizvode sopstvenu energiju za svoj proizvodni proces, kao i individualni poljoprivrednici, su potrošači slame, uglavnom sojine slame zbog svoje veće energetske vrednosti u odnosu na ostale poljoprivredne ostatke.



Slika 7.11. Mehanizacija za pripremu i manipulaciju balama

Za ovaj tip biomase ne postoji inicijativa za formiranjem Logističko-trgovinskih centara, eventualno peletirana slama bi učestvovala u ponudi BLTC-a na drvnu biomasu. Razlog tome je što je poljoprivredna biomasa, pre svega slama, mnogo kabastija i zapaljivija od drvne i stoga iziskuje mnogo prostora za skladištenje, kao i ozbiljnije protivpožarne mere, koje i mnogome poskupljuju investiciju.



Slika 7.12. Skladištenje bala

8.Kratke smernice za ugovaranje između karika u lancu snabdevanja biomasom za energetske potrebe

Ovo poglavlje ima za cilj da da kratke smernice za pravljenje ugovora imedju snabdevača biomasom i krajnjeg korisnika biomase za proizvodnju energije. I jednoj i drugoj zainteresovanoj strani se pre svega savetuje da potraže legalan pravni savet pre nego što uđu u obavezujuće ugovorne odnose. Krajnji korisnik pri tome ne mora da bude vlasnik zemljišta i/ili energetskog postrojenja - on može raditi u ime vlasnika, u kom slučaju se vlasnik zemljišta/postrojenja mora definisati u ugovoru [11].

8.1 Ugovor

Neophodno je, sa stanovišta kontrole kvaliteta i pouzdanog toplotnog izlaza (u slučaju da se iz biomase dobija samo toplotna energija) da krajnji korisnik biomase ne kupuje biomasu iz drugih izvora. U slučaju kosagorevanja u velikim energetskim postrojenjima prisutno je i ugovaranje sa stalnim dobavljačima ali i direktna kupovina sirovine-biomase na keš tržištu . Podsticajne mere na nivou država članica EU uveliko podstiču sklapanje dugoročnih ugovora sa stalnim snabdevačima biomasom.

8.1.1 Specifikacija biomase

Odgovarajuća specifikacija/karakterizacija bimase zavisiće od tipa goriva i performansi kotlovskega postrojenja. Dok je kvalitet biomase nevažen za krajnjeg korisnika energije (on plača toplotu/struju), on je i te kako bitan za pouzdan rad kotlovskega postrojenja koja su veoma osetljiva na kvalitet koriščenog goriva.

U zavisnosti od tipa goriva, različiti elementi trebaju da budu praćeni:

- Energetska vrednost
- Učešće kore (drvna biomasa)
- Granulacija - veličina čestica
- Sadržaj vlage
- Vrsta drveta
- Poreklo biomase

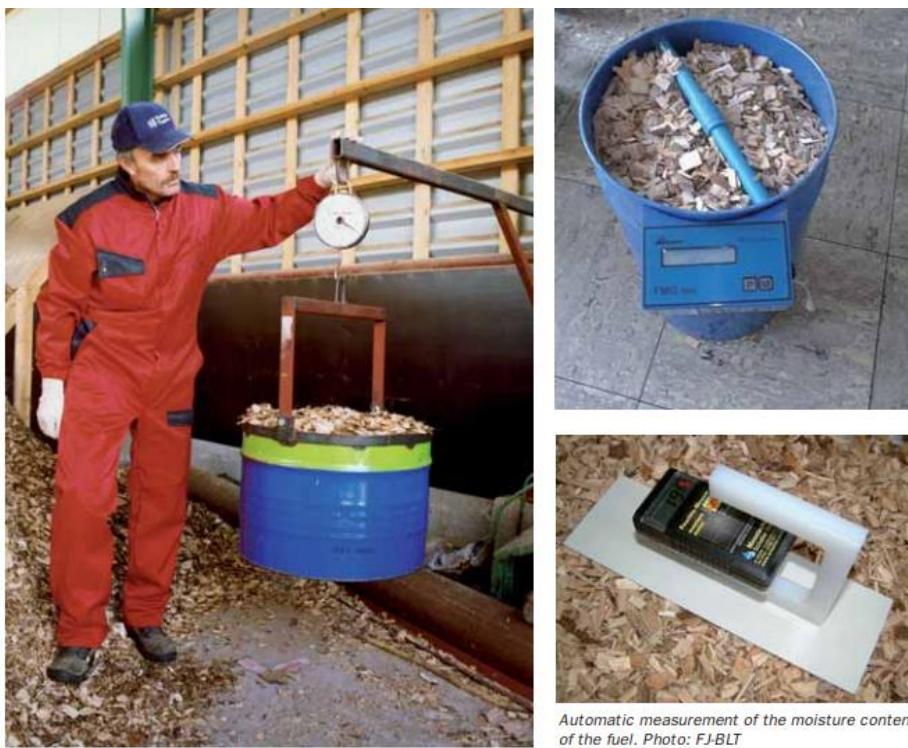
Evropski komitet za standardizaciju (CEN) je formirao tehnički komitet (CEN/TC 335 – Solid biofuels) za standardizaciju svih tipova čvrste biomase u EU, poput drvene sečke, drvenih peleta i briketa, cepanica, piljevine i balirane slame. Standardi utvrđuju sve relevantne osobine biomase kao goriva, kao što su fizičke i hemijske karakteristike goriva, metodologiju za uzorkovanje i određivanje vlažnosti biomase itd. Neki od standarda su već uveliko na raspolaganju iz nekoliko izvora poput:

- Biomass Energy Centre (www.biomassenergycentre.org.uk),
- Austrian Standards Institute (Osterreichisches Normungsinstitut, ONORM) Standard M7 133,
- German Institute for Standardization (Deutsches Institut für Normung) DIN 66 165.

Krajnji korisnik bomase pri izboru tipa biomase treba da traži i uvaži preporuke proizvođača kotlovskega postrojenja. Ali je potrebno istaći da se kotač projektuje odnosno bira u zavisnosti od tipa raspoložive biomase u okruženju!!!

RELEVANTAN STANDARD KVALITETA	OPIS STANDARDA
EN 4778:2011	Čvrsta biogoriva – Uzorkovanje
EN 14780:2011	Čvrsta biogoriva – priprema uzorka
ISO 17225 - 1	Čvrsta biogoriva – Specifikacija goriva I klase – deo 1: Opšti zahtevi, deo 2, 3, 4 i 5 specifični zahtevi za goriva
ISO 18134 - 3	Čvrsta biogoriva – Utvrđivanje sadržaja vode – Metod sušenja u peći – deo 3: Voda u opštoj analizi uzorka
EN 15234 - 1:2011	Čvrsta biogoriva – Osiguravanje kvalitete goriva Dio 1: Opći zahtjevi. Definira postupke za ispunjavanje zahtjeva kvalitete i opisuje mjere za osiguravanje povjerenja da su specifikacije biogoriva ispunjene. Dijelovi 2, 3, 4 i 5 specificiraju zahtjeve po tipu goriva.
ISO 9001	Sistem Upravljanja Kvalitetom

Slika 8.1. Relevantni standardi kvaliteta za biomasu



Measuring bulk density. Photo: VTT

Automatic measurement of the moisture content of the fuel. Photo: FJ-BLT

Slika 8.2.
Standardni
postupci za
karakterizaciju
biomase na licu
mesta
(određivanje
nasipne gustine
i vlage)

Zahteve kvaliteta najčešće ispostavlja projektant i/ ili investitor na osnovu zahteva kotla. Vrlo često to izgleda ovako:

Zahtev za kvalitet drvene sečke prema SRPSENISO17225-4:

- sadržaj vode M25–M35–M35% max;
- veličina čestica: P16–P45S;
- sadržaj pepela A1.0–A3.0;
- klasa kvaliteta A1, A2, B2;
- nasipna gustina: BD160–250 kg/nasipnom m³;
- donja toplotna moć: 11.17 MJ/kg.

Projektovane količine za javne objekte i manje sisteme do 1,000 t/god
Zavelike i do 10,000 t/god

Niko ne obraća pažnju na raspoloživu sirovину koja postoji za proizvodnju sečke pri projektovanju/izboru kotla!!!

Preporuka za period važnosti ugovora

Snabdevač i krajnji korisnik biomase mogu se obavezati ugovorom u trajanju od 2÷5 godina. Preporuka je da taj period bude najmanje 2 godine iz razloga da se omogući snabdevaču biomasom da ustanovi tokove/kanale gotovog novca i da investira u logistiku. Formalna revizija ugovora bi trebalo da se obavlja jednom godišnje. Preporučuje se da se produženje ili prekid ugovora najavi 3 meseca unapred, što naravno može i da varira ukoliko je to ugovorom između snabdevača i krajnjeg korisnika drugačije predviđeno. Za sektor velike energetike postoji dugoročan tip ugovaranja između snabdevača biomasom i isporučioca energije/energetskog postrojenja u trajanju 5-15 godina (najčešće 10 godina), srednjoročni ugovor u

trajanju 3-5 godina i kratkoročni 1-3 godine. Velike energetske kompanije sve više iskazuju interes za upoznavanje lanca snabdevanja biomasom i u investiranje u infrastrukturu i razvoj lokalnog snabdevanja biomasom. Cene na tržištu biomase su veće nego one koje se obezbeđuju dugoročnim ugovaranjem zainteresovanih strana u lancu snabdevanja.

U praksi se pokazalo da je minimalni period ugovaranja 5 godina za postrojenja male snage, a do 10 godina za postrojenja velike snage, odnosno u idealnom slučaju najmanje jednako amortizacionom periodu ugrađene opreme, što znači da period ugovaranja isporuke, recimo,drvne sečke može biti i do 20 godina.

Količina

Teoretski, najlakše je kupovati biomasu prema energiji koju ona proizvede, tj. **prema njenoj toplotnoj vrednosti definiše se i količina**, što u praksi nije uvek izvodljivo. Na primer, tamo gde potrebe za isporukom toplotne energije drastično variraju, to znači da i opterećenje kotla raste i opada, što implicira da kotao radi pod delimičnim opterećenjem pa stoga i sa smanjenom efikasnošću. Snabdevač biomasom će dobiti manje novca za isporučenu biomasu za svaki profil opterećenja koji je različit od konstantnog, što je nešto na šta on ni na koji način ne može da utiče. Zato je važno da stanovišta snabdevača da se ugovorom predviđa količina preuzete toplotne energije od strane korisnika, uz mogućnost da se korisniku, po potrebi, dostavi dodatna biomasa ali uz neki razuman rok, jer u suprotnom ekonomska isplativost ugovora sa stanovišta snabdevača sirovina može biti neopravdana.

Cena

U ovom odeljku je obrađeno formiranje cene u slučaju da se biomasa koristi za proizvodnju toplotne energije.

8.1.2 Formiranje cena sa stanovišta isporučioca biomase

Formiranje cene za biomasu je jako kompleksan proces koji uzima u obzir ukupnu cenu dopremanja biomase do krajnjeg konzumenta-proizvođača energije. Porast cene fosilnih goriva utiče i na rast cene biomase, uzimajući u obzir cene žetve, seče, skladištenja, pripreme, sušenja, transporta i sl.

Dakle za formiranje cene biomase sa strane isporučioca iste, moraju da se uvaže cene svih faza lanca snabdevanja biomase do krajnjeg konzumenta, u ovom slučaju toplana, javnih ustanova.

Cena drvne sečke, naprimjer, koju plaća krajnji kupac zavisi od izabranog modela lanca snabdevanja. Elementi lanca snabdevanja u ovom slučaju su sledeći:

- 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 drvne sečke,
- Delimično ili potpuno skidanje kore,
- Deponovanje na skladištu proizvođača drvne sečke, prirodno sušenje,

- Proizvodnja drvne sečke
- Transport do krajnjeg kupca
- Deponovanje kod krajnjeg kupca na otvorenom, u poluzatvorenom ili u zatvorenom

8.1.3 Formiranje cena sa stanovišta isporučioca i krajnjeg konzumenta biomase-toplana

Cena drvne sečke, za ugovaranje između isporučioca biomase i krajnjeg kupca (toplana, javna ustanova), formira se na bazi količine goriva i energije koju ta količina goriva sadrži u sebi. U upotrebi su sledeći modeli formiranja cene i to:

- merenjem toplotne energije na pragu kotlovskega postrojenja upotrebom merila toplotne energije-kalorimetra,
- prema zapremini uzimajući u obzir sadržaj vode,
- prema masi uzimajući u obzir sadržaj vode.

8.1.4 Formiranje cena između toplana i krajnjeg konzumenta energije

Ključ za uspeh ugovora između toplana i krajnjeg konzumenta energije će biti transparentnost između svih delova koji formiraju cenovnu tarifu. Važno je da cena biomase bude konkurentna ceni fosilnih goriva radi ekonomskog isplativosti za krajnjeg konzumenta energije, dok je, istovremeno, za snabdevače biomasom neophodno da cena bude dovoljna da se ostvari profit koji održava ekonomsku isplativost njihovog poslovanja. Formiranje cenovne tarife, dakle, zahteva zajedničko iznalaženje rešenja između snabdevača biomasom i krajnjeg kupca biomase odn. proizvođača energije.

Cenovna tarifa za krajnjeg potrošača energije, se formira na sličnom principu kao i pri proizvodnji energije iz fosilnih goriva, tj. sastoji se iz:

- I tarifne komponente, plaća se mesečno, i predstavlja cenu po jedinici proizvedene energije ($\text{€}/\text{MWh}$), i uzimaju obzir mesečne fluktuacije opterećenja,
- II tarifne komponente, plaća se mesečno, i predstavlja fiksnu cenu ($\text{€}/\text{MWh}$), koja uzima u obzir administrativne troškove proizvođača energije,
- III tarifna komponenta, plaća se godišnje ili na 6 meseci (zavisno od afiniteta i sporazuma između obe strane), je cena poravnjanja, koja uzima u obzir variranje radne efikasnosti kotlovskega postrojenja. Nominalna cena/trošak se ustanavljava prema sertifikatu proizvođača kotlovskega postrojenja pri konstantnom opterećenju. To je element u tarifnoj strukturi koji treba poravnati mesečnom proverom efikasnosti da bi se ustanovile promene usled fluktuacije radnih režima. Stoga je od najveće važnosti da krajnji korisnik poseduje precizne i ažurirane podatke o MWh koje je primio da bi se ovo poravnanje izvelo na odgovarajući način.

Isporuka biomase

Uslovi isporuke biomase zavise od lokacije energetskog postrojenja. Važno je da snabdevač biomasom unapred izvrši detaljan uvid i identifikuje sve rizike i opasnosti pre pregovora sa konzumentom biomase, u ovom slučaju toplanama, oko odgovarajućih datuma i perioda isporuke.

8.2 Mogući modeli za snabdevanje toplana (javnih ustanova) biomasom

Model privatne investicije podrazumeva da privatno lice/komercijalna kompenija kao isporučioc biomase toplani obezbedi sredstva i logistiku. Zavisno od aranžmana, ovaj ugovor o snabdevanju može biti „do skladišta biomase“ ili pak može uključivati kompletну liniju sa opremom za pripremu biomase do sagorevanja. Toplana u ovom modelu plaća dogovorenu cenu po količini i/ili energiji biomase, a druga strana u ugovoru dobija povratak na uložena sredstva kroz cenu isporučene. Toplana dobija odgovarajuće stimulacije i/ili druge premije koje se odnose na korišćenje obnovljivih izvora.

Model partnerstva sa značajnim isporučiocem biomase se može primeniti kada postoji obostrani interes za dugoročnu saradnju (primer vodoprivredne organizacije, šumska gazdinstva, itd). U ovom modelu se traži najbolje rešenje za ulaganje, što u velikoj meri zavisi od tehnologije korišćenja biomase, načina dobijanja stimulacija i pristupnosti kapitalu obeju strana.

Model izdavanja menica (Municipal bonds) namenjenih finansiranju projekta kosagorevanja. Ovaj model, koji u Srbiji još nije realizovan je posebno efikasan ukoliko se pored proizvodnje električne energije na odgovarajućoj lokaciji distribuira i toplotna energija (sistem daljinskog grejanja). Jedan od vidova ovog modela je i saradnja (kofinansiranje) sa lokalnim vlastima na lokacijama gde se ili koristi toplotna energija, ili se postižu značajni finansijski efekti kroz korištenje sopstvenih prirodnih resursa.

EPS-ov model Zelenog programa je kompleksan tehnološko/investicioni model u kome se sredstva dobijena kroz povećanje cena na ovaj način direktno vezuju i usmeravaju ka projektima korišćenja obnovljivih izvora energije

Fininsiranje projekata iz institucionalnih izvora (Evropska Investiciona Banka, EBRD, nacionalne osiguravajuće kompanije i posebno fondovi kao što je to WEBSEFF (Western Balkans Sustainable Energy Financing Facility), KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) fond namenjen projektima energetske efikasnosti i obnovljivih izvora) pri čemu toplana uzima sredstva strogo namenjena projektu za sagorevanje biomase. Ovaj model je u osnovi model projektnog, a ne korporativnog finansiranja i potrebno je da se unutar toplana razvije odgovarajuća ekspertiza.

JPP (javno-privatno partnerstvo) model koji na istu ravan stavlja toplanu i privatnog investitora i u kome postoji srazmerna u ulaganju i podeli efekata projekta.

Model finansiranja (sa) treće strane (Third Party Financing) je u osnovi finansijski model u kome partnersku ulogu uzima strana koja pored toplana i nosioca tehnologije u projekat ulaže sredstva i učestvuje u podeli rizika i profita sa projekta.

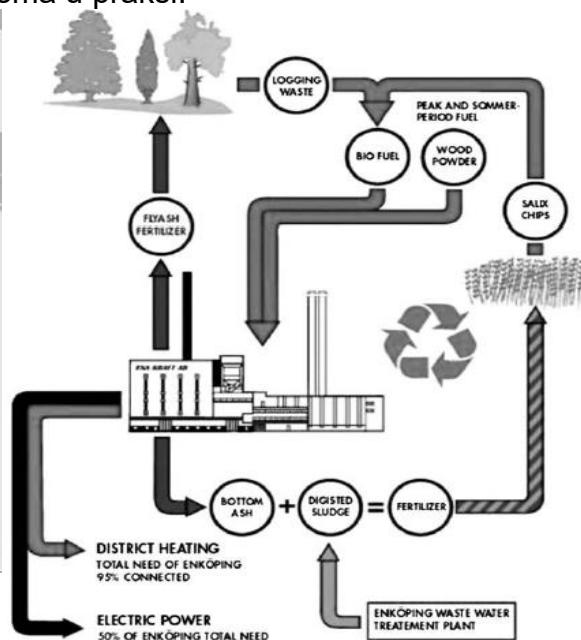
8.3 Primer uspešne primene BES sistema u praksi

Nakon naftne krize 70-tih godina prošlog veka, lokalnoj samoupravi grada Enköpinga je sugerisano od strane vojne kasarne locirane u gradu, da uvezena fosilna goriva zameni domaćim energentima. U decenijama koje su sledile lokalne energetske

kompanije su razvile pionirski bioenergetski sistem (slika 8.3), tako da je ova opština danas primer uspešne primene ovog sistema u praksi.



Slika 8.3. Položaj Enköpinga i šematski prikaz bioenergetskog sistema (desno)



Lokalna samouprava je pokrenula energetsko preduzeće Enkopings Varmeverk 1972. godine koje je 1979. uradilo prve kotlove na drveni čips i sprovodilo eksperimentalna istraživanja sa biomasom podižući nivo znanja i sposobnosti. Položaj Enköpinga kao "najcentralnijeg grada u Švedkoj" (30% stanovništva Švedske živi u krugu od 120km), rast stanovništva i rast energetskih potreba u sprezi sa problemima klimatskih promena i energetske sigurnosti, kao i uvođenje takse (od strane švedske vlade) na emisiju CO₂ iz fosilnih goriva, ohrabrilo je lokalnu samoupravu da unapredi sistem komunalnog grejavnja i snabdevanja strujom - 1994. godine je pušteno u rad kogenerativno postrojenje sa jednim radnim gorivom – biomasom, a 1997. kotao na naftu je rekonstruisan na kotao na biomasu (strugotinu i pelete). Biomasa/bioenergija pokriva sve potrebe komunalnog grejanja grada i obezbeđuje takozvanu "zelenu struju" za Nord Pool market, drugu po veličini elektrodistribuciju u Evropi koja pokriva Švedsku, Norvešku, Dansku i Finsku. ENA Kraft je kompanija formirana da upravlja kogenerativnim postrojenjem na biomasu (kora drveta, piljevina, energetke biljne kulture- salix, drveni čips, peleti, metan...) koje sa 45 MWth pokriva 85% potreba grejanja grada i obezbeđuje 24MWe za Nord Pool market. Preostalih 15% potreba grejanja pokrenuto postrojenje sa kotlom na pelete i strugotinu.

Najveći deo biomase koja se koristi u Enköpingu je iz šumarske i drvne prerade i to 75-80%. Ostatak pokriva poljoprivredni sector i to tako što su lokalna samouprava i lokalna energetska preduzeća stimulisala postavljanje plantaža energetskih biljnih kultura, tačnije salike (vrsta vrbe). Na taj način je izbegnut uvoz i fluktuacija cene biomase i formirano tržište biomase kontrolisano na lokalnom nivou. Sistem snabdevanja počevši od gajenja, sakupljanja, transporta, prerade i skladištenja je dobro organizovan. Biogoriva/biomasa sa malim procentom vlage, poput peleta se može transportovati i na veće daljine jer su u ovom slučaju troškovi pripreme veći od troškova transporta, dok se biomasa sa velikim procentom vlage transportuje samo na male daljine pa su tako plantaže salike u krugu od 20km od kogenerativnog postrojenja. Kompanija Naturbränsle, koju su osnovali vlasnici šuma i strugara u Švedskoj, ima važnu ulogu u sistemu snabdevanja šumskom biomasom. Ova kompanija omogućava efikasano sakupljanje i transport biomase kamionima i

železnicom unutar zemlje i uvoz/izvoz biomase brodovima i na taj način omogućava poslovanje između proizvođača biomase i energetskih preduzeća, uspostavlja i održava bioenergetski sistem. Što se tiče snabdevanja poljoprivrednom biomasom lokalna samouprava i energetske kompanije su planirale uzgoj salike na 1000 ha do 2010. godine. Projekat je definisao nekoliko ciljeva: plantaže moraju biti u krugu od 20 km od CHP postrojenja, minimalna veličina plantaže je 10ha i mešavina pepela iz kogenerativnog postrojenja i digestiranog mulja iz postrojenja za tretman otpadnih voda se koristi kao đubrivo za plantaže salike koje bi se besplatno delilo farmerima. Oklevanje farmera da uzgajaju saliku navele su lokalnu samoupravu i energetske kompanije da nađu alternativno rešenje – angažovana je kompanija Agrobränsle-specijalizovana za uzgajanje energetskih biljnih kultura, koja je rentirala zemlju od farmera na kojoj je postavila plantaže salike. Na ovaj način su farmeri uključenu u bioenergetski sistem samo indirektno preko rentiranog zemljišta.

Literatura

1. The EUBONET II-Efficient trading of biomass fuels and analysis of fuel supply chain and business models-project (EIE/04/065/S07.38628) http://www.ieelibrary.eu/images/all_ieelibrary_docs/ml99%20eubionet.pdf
2. C.N. Hamelinck et al."International bioenergy transport costs and energy balance", Biomass and Bioenergy 29 (2005) 114–134
3. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6V22-4G65C40-2-16&_cdi=5690&_user=7722687&_pii=S096195340500053X&_origin=search&_coverDate=08%2F31%2F2005&_sk=999709997&view=c&wchp=dGLzVzz-zSkzV&md5=c566cf3af7447d8c88748587223e5e46&ie=/sdarticle.pdf
4. Martin Junginger & others, "Developments in international bioenergy trade", BIOMAS S AND B I OENERGY 32 (2008) 717 – 729
5. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6V22-4SM0XDM-1-F&_cdi=5690&_user=7722687&_pii=S0961953408000123&_origin=browse&_zone=rslt_list_item&_coverDate=08%2F31%2F2008&_sk=999679991&wchp=dGLzVtb-zSkzV&md5=76c49799838c3b81a148973b4dc676a7&ie=/sdarticle.pdf
6. EUBONET III 'Biomass trade for the European market' flyer
7. McCormick, K., & Kåberger, T. (2005). "Exploring a Pioneering Bioenergy System: The Case of Enköping in Sweden". Journal of Cleaner Production, 13(10-11), 1003-1014. [http://www.iiiee.lu.se/Publication.nsf/\\$webAll/4E03445A2487F2F2C125736000280D6E/\\$FILE/Thesis_Kes_McCormick.pdf](http://www.iiiee.lu.se/Publication.nsf/$webAll/4E03445A2487F2F2C125736000280D6E/$FILE/Thesis_Kes_McCormick.pdf)
8. REVIEW OF FINISH BIOMASS GASIFICATION TECHNOLOGIES, OPET Report 4, Technical Research Centre of Finland, ESPOO 2002 <http://media.godashboard.com/gti/IEA/OPETReport4gasification.pdf>
9. G. Wiltsee, "Lessons Learned from Existing Biomass Power Plants", February 2000 NREL/SR-570-26946
10. <http://www.nrel.gov/docs/fy00osti/26946.pdf>
11. Warmburg B, Xie B, Hamilton I, de la Houssaye M. Bioenergy implementation in Umbria. Lund:Lund University; 2004.
12. B. Poti, M. Di Fiore, Case 10:Umbria local bioenergy projects, Project co-funded by the European Commission within the Sixth Framework Programme (2002-2006), http://www.createacceptance.net/fileadminr/create-acceptance/user/docs/CASE_10.pdf
13. Nilsson L, Pisarek M, Buriak J, Oniszko-Poplawska A, Bucko P, Ericsson K. Bioenergy policy and strategies for Poland. Proceedings of the world conference on biomass for energy, Industry and Climate Protection, 10–14 May 2004, Rome, Italy
14. GUIDANCE NOTES FOR COMPLETION OF BIOMASS HEAT SUPPLY CONTRACT, CARBON TRUST, www.carbontrust.co.uk/biomass
15. Biomass prices in the UK E4tech, For the Department of Energy and Climate Change, January 2010., http://www.rhincentive.co.uk/library/regulation/100201Biomass_prices.pdf
16. Argus Biomass Markets, Issue 10-40 Wednesday 6.october 2010, http://web04.us.argusmedia.com/ArgusStaticContent//snips/sectors/pdfs/Argus_biomass.pdf
17. <http://www.bifonline.rs/tekstovi.item.260/biomasa-kao-energent-u-srbiji-velika-perspektiva-si%C4%87u%C5%A1nih-peleta.html>

18. <http://www.bifonline.rs/tekstovi.item.260/biomasa-kao-energent-u-srbiji-velika-perspektiva-si%C4%87u%C5%A1nih-peleta.html>
19. Energy Saving Group, СТУДИЈА ОПРАВДАНОСТИ КОРИШЋЕЊА ДРВНОГ ОТПАДА У СРБИЈИ,
20. <http://www.scribd.com/doc/13180018/Studija-Opravdanosti-Koriscenja-Drvnog-Otpada-u-Srbiji-0#fullscreen:on>
21. Radovan Pejanović, Vladimir Jelić, Vladislav Zekić, Miladin Brkić :EKONOMSKI POKAZATELJI SAGOREVANJA PELETIRANE BIOMASEECONOMIC INDICATORS OF PELLETED BIOMASS COMBUSTION, Savremena poljoprivredna tehnika Cont. Agr. Engng. Vol. 36, No. 4, 411-419, Novi Sad, October 2010.
<http://www.poljoprivrednatehnika.org.rs/casopisi/pdf/SPT42010/11%20pejanovic%20411%20419.pdf>
22. <http://www.foragrobio.rs/>
23. <http://www.serbio.rs/>
24. AGRO-BIOMASS AND WOODY BIOMASS POTENTIAL AND LOGISTICS STUDY FOR THE CITY OF ŠABAC, GIZ DKTI Programme 'Development of sustainable bioenergy market in Serbia'
25. 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, Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

9 PREPORUKE ZA PROMOCIJU I BOLJU ORGANIZACIJU KORIŠĆENJA DOSTUPNIH RESURSA BIOMASE U SRBIJI

Rezime

Izlaganje je pokušaj poboljšanja upotrebe raspoložive biomase u energetske svrhe. Predstavlja komplikaciju nekoliko radova u domaćim i međunarodnim stručnim naučnim časopisima, kao i diskusija na mnogim konferencijama i javnim forumima, nastalih kao rezultat realizacije dva vrlo uspešna projekta Ministarstva obrazovanja, nauke i tehnološkog razvoja (III42011 i TR33042). Oba projekta imaju konkretne rezultate u razvoju tehnologija za primenu biomase i drugih obnovljivih izvora energije. Prikazane su opšte smernice za usvajanje rešenja za popularizaciju i konkretnu primenu biomase u energetske svrhe.

Naglasak je na tri osnovna razmatrana pitanja koja utiču na sveukupno razmišljanje o tome kako najbolje koristiti resurse biomase, kako ih popularizirati i kako država može pomoći. Ta glavna pitanja su:

- Raspoloživi resursi i izbor tehnologije sagorevanja,
- Konceptacija izgradnje postrojenja,
- Multidisciplinarni pristup problemu
- Promovisanje korišćenja biomase u DHS sistemima.

9.1 Raspoloživi resursi i izbor tehnologije sagorevanja

Prema zvaničnim podacima Ministarstva rudarstva i energetike Republike Srbije najveći potencijal obnovljive energije u Republici Srbiji predstavlja biomasa. Njen potencijal je na nivou od ≈60-63% ukupnog potencijala svih obnovljivih izvora energije. Sa druge strane od ukupno raspoložive biomase ≈60% se odnosi na ostatke poljoprivredne proizvodnje, a preostali deo na šumsku biomasu. Najveći deo te biomase je najpogodniji za primenu u sistemima sa sagorevanjem. Zbog toga se dalja analiza bavi razmatranjem samo primene biomase u sistemima sa sagorevanjem.

Razlika u karakteristikama poljoprivredne i šumske biomase u pogledu primene kao goriva su veoma velike (po mišljenju autora, razlike mogu biti i veće nego razlike između benzina i dizel goriva) i potiču od:

- Mehaničkih svojstava tih biomasa,
- Hemijskog sastava,
- Toplotne moći,
- Prosečnog sadržaja vlage,
- Meljivosti,
- Nasipne težine,
- Količine i sastava pepela,
- Topivosti pepela,
- Načinu sakupljanja, transporta, skladištenja i pripreme za sagorevanje itd.

Sve navedene različitosti direktno utiču na karakteristike sagorevanja, što opet utiče na moguće tehnologije sagorevanja koje se žele primeniti. Primera radi ne može se očekivati da šumska biomasa-drvna sečka sagoreva kao i npr. seckana slama kada

je temperatura sinterovanja pepela šumske biomase $1000\text{-}1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a pšenične slame oko $800\text{ }^{\circ}\text{C}$. Nasipna gustina drvne sečke je $\approx 500\text{ kg/m}^3$, seckane slame $100\text{-}150\text{ kg/m}^3$, tako i da sa te strane teško može da se razmišlja o tome da se u istom kotlu primenjuju tako različita goriva sa stanovišta upotrebe istih sistema doziranja i transporta. Ukoliko se primenjuju različiti sistemi transporta, skladištenja, pripreme i doziranja biomase u jednom kotlu to umnogome komplikuje sam kotao i rad na njemu. Sa smanjivanjem snage kotla na par megavata problemi rastu. I sva ostala slična paralelna poređenja određenih karakteristika različitih biomasa, koja se ovom prilikom ne navode, ukazuju na to da ne bi trebalo koristiti više različitih biomasa u istom sistemu sagorevanja. Ukoliko se predviđa rad sa više vrsta biomasa onda bi te biomase, po svojim navedenim karakteristikama, trebalo da budu što sličnije. **Principijalno - kotlovsко postrojenje treba da koristi onu biomasu za koju je projektovano, a izbor kotla mora da odgovarati resursima biomase u okruženju.**

U razmatranju tehnologija sagorevanja mora se voditi i računa o problemima zaštite životne sredine. Šumska biomasa ima $\approx 1\text{-}1,5\%$ pepela dok poljoprivredna ima višestruko više pepela. Pepeo poljoprivredne biomase lakše izleće iz ložišta od pepela šumske biomase. Znači sistemi za čestično prečišćavanje dimnog gasa nisu isti.

Kada se spominje pepeo poželjno bi bilo pepeo biomasa vraćati u zemlju odakle su biomase i sakupljane. Pepeo je mineralni deo biljke koji ona uzima iz zemljišta tokom svog rasta. Logično je onda taj mineralni deo i vratiti tamo odakle je i potekao, pogotovo što bi se time uticalo i na smanjenje upotrebe veštačkih đubriva. Pepeo se može koristiti i kao stabilizator stajnjaka. Pri povraćaju pepela treba obratiti pažnju na sadržaj teških metala kojih najviše ima u najsitnijim frakcijama pepela. Najsitnije čestice se iz dimnog gasa odvajaju u vrećastim ili elektro filterima. Ukoliko sadržaj teških metala u tom pepelu prelazi dozvoljene granice onda takav pepeo tretirati kao otpad i mora se rešiti njegovo bezbedno odlaganje.

Tabela 9.1. Pregled mogućih tehnologija za sagorevanje biomase

Tehnologija sagorevanja	Forma biomase					
	koma d	sečka	prah	pelet	briket	Slama*
Otvorena vatra	0	-	-	-	0	-
Kućne peći	+	-	-	-	+	-
Automatski gorionici	--	+	-	++	--	+
Sagorevanje u porcijama	0	--	--	--	-	+
Kosa rešetka	--	+	-	+	-	-
Putujuća rešetka	--	++	-	++	-	+
Vibraciona rešetka	--	+	-	+	-	+
Izviruće ložište	--	+	-	+	--	-
Gorionici za prašinu	--	--	+	--	--	-
Cigaretno sagorevanje	--	--	--	--	--	++
Fluidizovana ložišta**	--	++	++	++	--	0

* Pod slamom se podrazumeva sva biomasa sakupljana u formi bala

** Zadnji red u tabeli dodat od autora ovog rada

Oznake prihvatljivosti tehnika sagorevanja iz tabele su:

(--) krajnje nepovoljna, (-) nepovoljna, (0) moguća, (+) povoljna, (++) veoma povoljna.

Sa druge strane mora se posvetiti i pažnja gasovitim produktima sagorevanja. Tehnologije sagorevanja moraju se odabratи tako da i gasoviti produkti sagorevanja zadovoljavaju sve norme o zaštiti životne sredine. Pri tome se mora voditi računa da kod sagorevanja poljoprivredne biomase može doći do povećane koncentracije azotnih oksida u dimnom gasu pa se moraju predvideti sistemi za neutralizaciju tih gasova. Ti problemi se kod poljoprivrednih biomasa javljaju usled bogatog satava agrarne biomase proteinima i upotrebe azotnih đubriva.. Kod primene šumske biomase obično nema problema sa prekomernim koncentracijama azotnih oksida u dimnom gasu.

Sve prethodno pomenuto takođe utiče na izbor sistema za sagorevanje. U jednoj studiji EU Instituta za energiju sa sedištem u Petenu (Holandija) dat je pregled mogućih tehnologija sagorevanja za različite vrste i forme biomase. U tabeli 9.1 koja sledi vidi se taj pregled mogućih tehnologija.

Iz gornje tabele se vidi da ne postoji tehnologija sagorevanja koja je pogodna za sve forme biomase. Na osnovu: do sada iznetih obrazloženja kao i podataka iz gornje tabele preporučuje se da se pri odabiru tehnologije sagorevanja biomasa biraju one tehnologije koje imaju oznaku „++“ (veoma povoljna) za formu biomase koja se želi sagrevati.

Generalno za sve tipove energetskih postrojenja na biomasu nije pogodno često paljenje i gašenje već se preporučuje takva organizacija rada koja omogućava kontinualan rad sa što je moguće manjim i sporijim oscilacijama u snazi.

9.2 Koncepcija izgradnje postrojenja

Pristup izgradnji energetskih postrojenja na biomasu zavisi od mnogih okolnosti kao što su: postojeći resursi u biomasi, ustanovljena potreba za energijom i nosiocem energije, faznoj izgradnji, isplativost investicije, svojinskim odnosima (uključivanje javno privatnog partnerstva itd.)

9.2.1 Koncepcija izgradnje prema resursima

Ova koncepcija zavisi od tipa biomase i može biti na:

- šumsku biomasu,
- poljoprivrednu biomasu i
- ona koja koriste više vrsta biomase.

U ranijim razmatranjima je rečeno da se sagoreva ona biomasa koje ima najviše u okruženju i one forme biomase koje zahtevaju najmanju pripremu za sagorevanje. To automatski znači i najveću, sveukupnu, energetsku efikasnost. Pored toga rečeno je da treba izbegavati, u što većoj meri, rad sa više vrsta i formi biomase u jednom postrojenju. Pri razmatranju korišćenja biomase kao goriva mora se voditi računa o dopremi i skladištenju. Skladišta za šumsku biomasu mogu biti znatno manja po kapacitetu od onih za poljoprivrednu. Razlog tome je što se poljoprivredna biomasa sakuplja u znatno kraćem vremenskom preiodu, odnosno u vreme žetve ili berbe. Ukoliko se poljoprivredna biomasa sakuplja u formi bala mora se voditi računa o vlazi i mogućnosti samozapaljenja. Zbog toga se preporučuju manja skladišta te biomase uz samo postrojenje i više skladišta u blizini mesta sakupljanja. Na taj način se mogu umanjiti posledice samozapaljenja i rasteretiti angažovanje mehanizacije u vreme žetve, onda kad je najpotrebnija. Drvna biomasa se može sakupljati gotovo cele

godine, ukoliko nema velikih snežnih padavina. Skladišta za tu biomasu zato mogu biti manja. Kod te biomase i mogućnosti samozapaljenja su manje.

9.2.2 Koncepcija prema potrebi za energijom

Ova koncepcija podrazumeva:

- toplotna i
- kogenerativna postrojenja.

Toplotna postrojenja proizvode samo toplotu koja se može prenositi, vrelim dimnim gasovima, toplim vazduhom, topлом ili vrelom vodom, parom (suvozasićena, pregrijana) ili vrelim uljem. Toplotna postrojenja se mogu koristiti za grejanje nekih prostora ili u industriji. Kod onih sistema koji se koriste samo za grejanje zna se da je prosečno angažovana snaga grejanja za naše podneblje oko 45% projektne i to 18 h na dan, u grejnoj sezoni. Zbog toga treba voditi računa pri projektovanju o optimizaciji postrojenja i mogućnostima regulacije snage. Upotreba akumulatora toplote umnogome pomaže u izboru optimalnih rešenja. Veoma je povoljno, ako je moguće, usaglašavati rad postrojenja za grejanje sa potrebama u industriji. Dobrim usaglašavanjem rada može se produžiti vreme eksploracije postrojenja u jednoj godini što sigurno povoljno utiče na vreme otplate investicije.

Toplotna postrojenja namenjena za industrijske potrebe su obično specijalizovana i rade tokom cele godine. U većini slučajeva akumulatori toplote za ta postrojenja nisu potrebni, ili su znatno manji nego u postrojenjima samo za grejanje.

Kogenerativna postrojenja mogu biti atraktivna investitorima jer je Republika Srbija uvela povlašćenu cenu električne energije proizvedenu iz obnovljivih izvora pa i biomase. Zadatak svih investitora je da preispita isplativost ovakvih postrojenja i na osnovu toga doneše odluke o njihovoј izgradnji. Ono u čemu „Država“ treba da odlučuje je da spreči izgradnju takvih postrojenja koja nemaju obezbeđenu potrošnju „otpadne“ toplotne energije za svo vreme rada takvih postrojenja. Ukoliko takva postrojenja npr. leti samo proizvode el. energiju onda to znači da se 75-85% unete energije biomasom na neki način baca. Mišljenja smo da je u takvim slučajevima bolje ostavljati biomasu na poljima i da tamo trune. Mislimo da bi se sa ovim našim stavom složili i pedolozi. Mislimo, takođe, da u ovakvim slučajevima novac (eventualna zarada investitora) ne sme biti odlučujući faktor.

Inače većinom su u upotrebi dva tipa kogenerativnih postrojenja i to: parna sa klasičnim parnim turbinama i takozvani ORC sistemi (Organic Rankine Cycle (ORC)) sa vrelouljnim kotlovima i parnim turbinama koje rade sa parom npr. silikonskog ulja. Oba imaju svoje prednosti i mane. Generalno smo mišljenja da su sistemi sa parnim turbinama bolji za veće sisteme (10-30 MWe i više) dok su ORC sistemi bolji za manja postrojenja.

9.2.3 Koncepcija prema ustanovljenoj potrebi za energijom i nosiocu energije

Potreba za energijom se uvek kombinuje i sa nosiocem energije. Ukoliko se postrojenja grade za proizvodnju toplotne energije mora se voditi računa gde se ta energija troši. U sistemima za grejanje nosilac energije je obično topla (ispod 110°C) ili vrela voda (iznad 110°C). Tamo gde se energija troši i za grejanje i u industrijske potrebe postrojenja se obično prilagođavaju zahtevima industrije. U industriji se može javiti potreba za vrelim gasovima (npr. opekarska industrija), toplim vazduhom (npr.

sušare poljoprivrednih proizvoda), topлом i vrelom vodom i parom (npr. klanična industrija) itd. Uvek treba stremiti ka najjednostavnijim rešenjima koja zadovoljavaju zadate potrebe za energijom. Najjednostavnija rešenja su po pravili najjeftinija i energetski najpovoljnija. Ukoliko su potrebe za nosiocem energije veoma različite (npr. topla i vrela voda, para, topli vazduh) onda su kotlovi u kojima se zagreva termalno ulje možda najpogodniji jer se kasnija razmena toplote između termalnog ulja i prethodno navedenih nosioca energije odvija u veoma jednostavnim razmenjivačima toplote, a kotlovi rade kao i vrelovodni samo sa višim temperaturama radnog fluida - termalno ulje. Slična konstatacija važi i za kogenerativna postrojenja.

9.2.4 Koncepcija prema pristupu izgradnje postrojenja na biomasu

Pristup izgradnje može biti takav da se planira kompletna izgradnja postrojenja koja odgovaraju zahtevima za energijom ili fazna izgradnja. Fazna izgradnja se može odnositi na izgradnju toplotnih i kogenerativnih postrojenja. Šta ona u tom smislu znači?

Ukoliko se govori o faznoj izgradnji toplotnih postrojenja mišljenja smo da je bolje zahteve za energijom zadovoljavati u više faza izgradnjom više manjih nego jednog većeg postrojenja. Za to postoji više razloga. U Republici Srbiji još uvek ne postoji organizovano tržište biomase, pogotovo poljoprivredne. Zato pri radu jednog (prvoizgrađenog) manjeg postrojenja mogu da se steknu iskustva u: radu samog postrojenja, snabdevanju, transportu, skladištenju i pripremi biomase za upotrebu, kao i manipulaciji pepelom i njegovim odlaganjem. U početnom periodu rada prvog postrojenja može se nuditi i organizovati distribucija (prodaja) energije i van grejne sezone, što može veoma povoljno uticati na isplativost izgradnje i privlačenje zainteresovanih koji bi tu energiju koristili u industriji. Nakon stečenih iskustava trebalo bi prići izgradnji drugih postrojenja. Pored toga izgradnja više manjih postrojenja utiče na sigurnost snabdevanja zahtevanom energijom jer je manja verovatnoća da će se dva ili više postrojenja pokvariti u isto vreme. Regulacija snage je takođe lakša i može se vršiti u širem opsegu snage ukoliko imamo više postrojenja. Izgradnja više postrojenja je sigurno skuplja ali kako investicija ne mora da se obezbedi odjedanput onda je i prihvatljivija. Navedene prednosti fazne izgradnje sigurno prevazilaze nedostatak usled povećane investicije.

Predhodno izneta diskusija o faznoj izgradnji toplotnih postrojenja može se odnositi i na faznu izgradnju kogenerativnih postrojenja. Primenom ORC sistema mogućnost fazne izgradnje za kogenerativna postrojenja se povećava, jer se prvo može napraviti toplotno postrojenje (vrelouljni kotao). Ukoliko se naprave prvo vrelouljni kotlovi oni bez ikakvih problema i sa minimalnim energetskim gubicima mogu biti instalirani u sistemima grejanja, industriji ili kombinovano. Vrelouljni kotlovi rade na niskim pritiscima kao i toplovodni samo im je temperatura izlaznog ulja viša od izlazne vode u vodogrejnim kotlovima. Nakon uhodavanja rada vrelouljnih kotlova u toplotnom režimu tim kotlovima bi se veoma lako mogli priključiti delovi za proizvodnju el. energije. Delovi za proizvodnju el. energije bi stizali od isporučioca u obliku „crne kutije“ sa priključcima za ulaz/izlaz: vrelog ulja, tople vode i el. energije. Kako su pritisci u vrelouljnim kotlovima niski, čime je smanjena opasnost od eksplozije, neophodne sigurnosne mere u radu tih kotlova su niže od onih kod parnih kotlova. Nivo obučenosti kadra koji upravlja vrelouljnim kotlom može biti znatno niži od onog koji upravlja parnim kotlom sa visokim parametrima pare (pritisak, temperatura), što nije zanemarljivo, pogotovo ukoliko se postrojenja grade u ruralnim

sredinama. Prisustvo visokostručnog kadra pri radu parnog kotla je obavezno. Fazna izgradnja parnih kogenerativnih postrojenja nije rezonska jer nije razumno parni kotao sa velikim pregrejanjem pare koristiti za zagrevanje vode do npr. $\approx 90^{\circ}\text{S}$.

9.3 Multidisciplinaran pristup problemu

Kako je primena biomase multidisciplinarni problem u razmatranje organizovanog pristupa u korišćenju biomase, kao najvećeg obnovljivog izvora energije u Republici Srbiji, trebalo bi sinhronizovano da se uključe stručnjaci iz više Ministarstava i institucija Republike Srbije i to:

- Ministarstva rudarstva i energetike,
- Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede,
- Ministarstva privrede,
- Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja,
- Ministarsva za rad, zapošljavanje, boračka i socijalna pitanja,
- Ministarstva zaštite životne sredine,
- Kabineta ministra bez portfelja zaduženog za inovacije i tehnološki razvoj,
- Privredne komora Republike Srbije i
- Lokalne samouprave gde bi se gradilo postrojenje na biomasu.

Pošto se govori o upotrebi biomase kao obnovljivog izvora energije uloga **Ministarstva rudarstva i energetike** bi trebalo da bude ključna u onom delu gde se govori o tehnologijama sagorevanja koja bi se primenila i energetskoj efikasnosti, a sve u saglasnosti sa prethodnim razmatranjima. Kada se govori o energetskoj efikasnosti uvek treba razmatrati sveukupnu energetsку efikasnost. Tako na primer ne može se izdvojeno gledati energetska efikasnost postrojenja koja koriste pelet kao gorivo od one količine energije koja se koristi da se npr. od sirovog drveta napravi pelet. Ta količina energije je na nivou od 30-35% ukupnog energetskog potencijala sirovog drveta. Tako gledajući pelet je razumno koristiti u manjim postrojenjima do npr. 100 kW. Razumno snagu do koje se preporučuje upotreba peleta trebalo bi da odredi ovo Ministarstvo. Kod izgradnje kogenerativnih postrojenja na biomasu ovo Ministarstvo se mora protiviti izgradnji kogenerativnih postrojenja na biomasu koja bi npr. tokom leta proizvodila samo el. energiju a toplotu puštala u okolinu korišćenjem npr. kula za hlađenje. U takvim režimima od ukupnog energetskog potencijala biomase koristilo bi se samo 15-25%. U mnogim mestima Republike Srbije, naročito AP Vojvodine, se sprovodi gasifikacija. Smatramo da Ministarstvo rudarstva i energetike, pored gasifikacije treba da podržava i stimuliše toplifikaciju na bazi biomase. Toplifikacija na bazi biomase za sobom automatski može povući i reindustrializaciju Republike Srbije, smanjenje uvoza fosilnih goriva, a sve sa povoljnim uticajem na zaštitu životne sredine. Znači Ministarstvo rudarstva i energetike treba da podrži sve projekte koji su u skladu sa preporukama o izboru tehnologije sagorevanja i maksimalno razumne energetske efikasnosti i da za to propiše kriterijume.

Biomasa, generalno, bilo da je poljoprivrednog ili šumskog proekla kao energetska sirovima spada pod resor **Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede**. Ovo Ministarstvo, po prirodi stvari, bi trebalo da vodi računa o tome da svako ko prodaje i distribuira šumsku biomasu, u bilo kom obliku (ogrevno drvo, drvna sečka ili pelet) mora imati i obavezu pošumljavanja. Kriterijume na koliko tona iskorišćenog drveta mora da se pošumi npr. 1 ha zemljišta i kojom vrstom drveta

mora doneti ovo Ministarstvo i u saglasnosti sa tim propisati rigorozne kazne za one koji te mere ne poštuju. Jedino se na taj način može očuvati šumski fond Republike Srbije. Slično tome se moraju postaviti i kriterijumi koji procenat ostataka poljoprivrednih kultura se sme koristiti kao gorivo a koji mora ostati na zemlji da se ne bi zemljište devastiralo. Kod poljoprivredne biomase se ne mora voditi računa o ponovnom zasejavanju (pandan pošumljavanju) jer se ono podrazumeva. Ovo Ministarstvo takođe mora dati i smernice za povraćaj pepela u zemlju.

Izgradnja energetskih postrojenja na biomasu, bilo da su samo toplotna ili kogenerativna, može znatno doprineti reindustrializaciji naše zemlje. Tu ključnu ulogu mora imati **Ministarstvo privrede** jer u sklopu svakog energetskog postrojenja na biomasu može da se izgradi i mala industrijska zona za preradu npr. poljoprivrednih proizvoda, sušenje drveta i slično. Takvom konцепцијом i dobim projektovanjem bi se proizvedena energija mogla koristiti za grejanje, proizvodnju el. energije i industriju. Oprema za te industrijske zone bi se u dobroj meri mogla kod nas proizvoditi. Ovo Ministarstvo može dati smernice u izgradnji takvih postrojenja u smislu da favorizuje ona koja mogu energiju, u bilo kom obliku, proizvoditi i distribuirati tokom cele godine, jer to doprinosi bržoj isplativosti investicije i većoj zaposlenosti.

U okviru **Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja** postojaо je „Nacionalni program energetske efikasnosti“, koji je ukinut. Smatramo da bi taj program trebalo ponovo da oživi. U tom smislu ne bi trebalo puno truda da se uloži u njegovo oživljavanje. Bilo bi dovoljno iskoristiti stara iskustva i po tom principu nastaviti sa radom. U okviru tog Programa formirali su se razvojni projekti koji su se ticali svih segmenata proizvodnje i potrošnje energije pa i korišćenja obnovljivih vidova energije, a u okviru toga i biomase. To bi mnogo pomoglo da razvoj sistema za primenu biomase ide u dobrom pravcu i da rezultate razvoja koristi domaća industrija. Jedan od dobrih primera iz tog doba, na kome su radili autori ovog članka, je razvoj sistema cigaretnog sagorevanja balirane biomase. Na tom patentiranom principu izgrađen je kotao snage 1,5-2 MW, koji radi bez ikakvih problema već 9 godina u Korporaciji PKB. Greje 1 ha plastenika, a svakim danom svog rada štedi od 1000 do 3000 €, u zavisnosti od vremenskih prilika.

Na prvi pogled **Ministarstvo za rad, zapošljavanje, boračka i socijalna pitanja** nema puno veze sa biomasom kao energetskom sirovinom. Međutim to nije tako jer nije svejedno da li se pravi jedno veće ili više manjih postrojenja. Jedno veće postrojenje podrazumeva i veće potrošače što je opet uglavnom vezano za veće urbane sredine, gradove. U suprotnom više manjih postrojenja mogu biti izgrađena po selima i u okviru njih zapošljavati seosku radnu snagu koja bi se bavila doradom poljoprivrednih proizvoda, npr. sušenjem poljoprivrednih proizvoda iz lokala. Svaka dorada povećava cenu osnovne sirovine. Na taj način bi se doprinelo i: zadružnom povezivanju seljaka, uključivanju javno privatnog partnerstva, preživljavanju i onih domaćinstava sa manjim posedima jer bi mogli da gaje kulture koje bez dorade nema smisla gajiti a koje donose znatno veće zarade po hektaru zasejane površine od npr. ratarskih kultura i generalno usporavanju i zaustavljanju odumiranja sela.

Ministarstvo zaštite životne sredine mora voditi računa o tome da izgradnja ovih postrojenja nema negativan uticaj na životnu sredinu tamo gde se gradi (npr. seča šume koja dovodi do erozije tla, klizišta i slično, kao i nedozvoljena emisija štetnih materija bilo čvrstih ili gasovitih). Kontrola produkata sagorevanja se može postići organizovanim merenjima emisija i imisija iz tih postrojenja. Merenja bi morala da rade samo ovlašćene institucije. Takođe bi se morali usaglasiti važeći propisi o

zaštititi životne sredine pri upotrebi biomase kao goriva sa realnostima naše zemlje. Postojeći propisi su uglavnom prepisani od propisa koji važe u visoko razvijenim zemljama. Te zemlje su na taj način praktično zaštitile svoje tržište od plasmana tehnološke opreme iz manje razvijenih zemalja koje svojom tehnologijom ne mogu zadovoljiti te jako stroge kriterijume. Tako npr., po našem mišljenju, mora da se napravi razlika u kriterijumima zaštite životne sredine za postrojenja koja su bliža urbanim sredinama i ona koja se grade u ruralnim područjima daleko od gradova i sela.

Kabinet Ministra bez portfelja zaduženog za inovacije i tehnološki razvoj treba da vodi računa da se podržavaju oni projekti koji koriste biomasu kao gorivo a zasnovani su na primeni novih tehnologija razvijenih u Republici Srbiji. To automatski podrazumeva uključivanje domaće mašinogradnje. Pored toga ovaj Kabinet bi trebalo da pomogne u izgradnji demonstracionih postrojenja za primenu biomase u energetske svrhe baziranih na domaćem razvoju. Smatramo da bi ovaj Kabinet trebalo da preuzme i promociju tih novih tehnologija kako kod nas tako i u svetu jer se neka znanja iz ove oblasti mogu plasirati i u inostranstvu, pogotovo u zemljama na sličnom industrijskom nivou kao što je naš.

Privredna komora Republike Srbije (PKS) može biti posrednik između proizvođača energetske opreme, potencijalnih investitora, lokalnih samouprava i zainteresovanih potrošača energije dobijene iz biomase. U tom posredovanju veoma korisno bi bilo da PKS upućuje sve zainteresovane potrošače energije (sistemi centralnog grejanja, plastenici, prerada i dorada poljoprivrednih proizvoda, sva prehrambena industrija, sušare za drvo, opekarska industrija itd.) na proizvođače energetske opreme iz naše zemlje i potencijalne investitore koji su spremni da ulažu sredstva u energetska postrojenja. Tu bi bilo jako korisno i posredovanje u „javno-privatnom“ partnerstvu. Naše kompanije iz metalskog sektora mogu učestvovati, dobrim delom, u izgradnji novih postrojenja na biomasu, a u primeni tehnologija za iskorišćenje poljoprivredne biomase smo čak i napredniji od inostranih ponuđača. Posredovanje i pomoć može biti i oko izvoza naše tehnologije i opreme i van naše zemlje.

Lokalne samouprave bi trebalo, na bazi svega prethodno iznesenog, da omogući povoljne uslove za primenu biomase u energetske svrhe na svojim teritorijama i da na taj način privuku potencijalne investitore. Time bi se omogućilo javno privatno partnerstvo i ostvarili uslovi za konkurisanje za dobijanje subvencionisanih kreditnih linija i potencijalnih donatorskih sredstava. Posledica toga bi, verujemo, mogao biti doprinos sveukupnom razvoju lokalnih samouprava.

9.4 Promovisanje upotrebe biomase u sistemima daljinskog grejanja

Korišćenje biomase kao obnovljivog izvora energije je trenutni globalni trend. Tehnologije konverzije biomase se generalno smatraju ekološki prihvatljivim (pošto je biomasa CO₂ neutralna, a emisije zagađivača manje izražene u odnosu na ugaj) i ekonomski zdrave. Međutim, treba napomenuti da masovna i nekontrolisana upotreba ovog goriva, posebno u urbanim sredinama, može izazvati negativne efekte, uključujući one u pogledu emisija NO_x i PM. Stoga je neophodno ograničiti korišćenje biomase za grejanje u individualnim domaćinstvima u urbanim sredinama i uložiti napore da se to gorivo koristi samo u postrojenjima srednjeg i velikog kapaciteta, jer je primena sistema za prečišćavanje dimnih gasova u njima ekonomski isplativa. Treba istaći i koristan efekat daljinskog grejanja (DHS) na lokalni kvalitet vazduha. **Veći i stručno održavani kotlovske objekti sa čišćenjem dimnih**

gasova i sa visokim dimenzijama zamenjuju veliki broj pojedinačnih grejnih instalacija sa niskim dimenzijama i često loše kontrolisanim sagorevanjem i emisijom zagađivača.

9.5 Zaključak

Autori se nadaju da ovaj rad može pomoći u popularizaciji i organizaciji primene biomase u energetske svrhe. Pored toga autori su mišljenja da teze iz rada mogu pomoći i u afirmaciji javno privatnog partnerstva kao i usmeravanju mogućih donacija i podsticajnih sredstava u pravcu koji ovaj rad sugerije. Na kraju napominjemo još jednom da je rad nastao kao rezultat rada na realizaciji projekata Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja na čemu se zahvaljujemo.

Napomena: Autori zadržavaju pravo da stavove iznete u ovom radu prezentuju i u drugim prilikama kada se za to ukaže mogućnost.

Aneks 1: Vrste energetskih postrojenja na biomasu u Republici Srbiji

Vrste energetskih postrojenja na biomasu u Republici Srbiji (na osnovu dole citiranog izvora)

Prema kojoj regulativi	Vrsta 1	Vrsta 2	Vrsta 3
1) Zakon o energetici, (Službeni glasnik RS, Br. 145/2014)	1) Postrojenje za proizvodnju električne energije koristeći biomasu/biogas.	2) Postrojenje za proizvodnju toplotne energije koristeći biomasu/biogas.	/
	1.1 Status povlašćenog proizvođača električne energije.	/	/
	1.2 Status privremenog povlašćenog proizvođača električne energije.	/	/
	1.3 Status proizvođača električne energije iz obnovljivih izvora.	/	/
2) Pravilnik o energetskoj dozvoli, (Službeni glasnik Br. 15/2015).	1) Postrojenje za proizvodnju električne energije snage 1 MW i više.	2) Postrojenje za kombinovanu proizvodnju električne i toplotne energije u termoelektranama / toplanama električne snage 1 MW i više i ukupne toplotne snage 1 MW i više.	3) Postrojenje za proizvodnju toplotne energije snage 1 MW i više.
3) Zakon o planiranju i izgradnji, (Službeni glasnik Br. 72/2009, 81/2009 - ispravka, 64/2010 – Odluka Ustavnog suda, 24/2011, 121/2012, 42/2013, 50/2013, 98/2013)	Ovaj Zakon specificira koje je Ministarstvo ili organ Autonomne pokrajine kompetentno za izdavanje tehničkih uslova i građevinskih dozvola (u zavisnosti od raznovrsnih karakteristika postrojenja i drugih uslova).		
4) Uredba o utvrđivanju Liste projekata za koje je obavezna procena uticaja i Liste projekata za koje se može zahtevati procena uticaja na životnu sredinu, Službeni glasnik RS Br. 114/2008).	1) Postrojenje za koje je obavezna izrada Studije o proceni uticaja (Lista I, kapacitet > 50 MW).	2) Postrojenje za koje se može zahtevati izrada Studije o proceni uticaja (Lista II, kapacitet < 50 MW).	/
Branislava Lepotić Kovacević, Bojan Lazarević: Izgradnja postrojenja i proizvodnja električne/toplotne energije iz biomase u Republici Srbiji - vodič za investiture, treće izdanje, juni 2016, http://biomasa.undp.org.rs/wp-content/uploads/2017/04/BILINGUAL-BRIEF-INVESTOR-GUIDE-BIOMASS-PLANTS-2016.pdf .			

Aneks 2: Uži pregled regulativa Republike Srbije za postrojenja na obnovljive izvore energije

	Regulativa		Službeni glasnik Br. (na engleskom: Official Gazette No.)
	Na srpskom	In English	
1	Zakon o planiranju i izgradnji	Law on Planning and Construction	Official Gazette of the Republic of Serbia No 72/2009, 81/2009 - correction, 64/2010 - Decision of Constitutional Court, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - Decision of CC, 50/2013 - Decision of CC, 98/2013 - Decision of CC, 132/2014 and 145/2014
2	Zakon o energetici	Law on Energy	Official Gazette of the Republic of Serbia No 145/2014
3	Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu	Law on Environmental Impact Assessment	Official Gazette of the Republic of Serbia No 135/2004 and 36/2009
4	Zakon o javno-privatnom partnerstvu i koncesijama	Law on Public-Private Partnerships and Concessions	Official Gazette of the Republic of Serbia No 88/2011 and 15/2016
5	Zakon o privrednim društvima	Law on Companies	Official Gazette of the Republic of Serbia No 36/2011, 99/2011, 83/2014, and 5/2015
6	Zakon o komunalnim delatnostima	Law on Utility Services	Official Gazette of RS No. 88/2011, 104/2016
7	Zakon o javnim preduzećima	Law on Public Companies	Official Gazette of the Republic of Serbia No 15/2016)
8	Zakon o zaštiti životne sredine	Law on Environmental Protection	Official Gazette of the Republic of Serbia No 135/2004, 36/2009, 36/2009; 72/2009; 43/2011 - Decision of CC, and 14/2016
9	Zakon o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu	Law on Strategic Assessment of Environmental Impact	Official Gazette of the Republic of Serbia No 135/2004 and 88/2010
10	Zakon o integrисanom sprečavanju i kontroli zagadživanja životne sredine	Law on Integrated Prevention and Control of Environmental Pollution	Official Gazette of the Republic of Serbia No 135/2004 and 25/2015
11	Uredba o utvrđivanju Liste projekata za koje je obavezna procena uticaja i Liste projekata za koje se može zahtevati procena uticaja na životnu sredinu	Regulation on the types of projects for which environmental impact assessment is obligatory or can be required	Official Gazette of the RS No 114/2008
12	Uredba o lokacijskim uslovima	Regulation on requirements for the location	Official Gazette of the RS No 35/2015, No 114/2008
13	Pravilnik o energetskoj dozvoli	Rule Book on energy permits	Official Gazette of the RS No 15/2015
14	Pravilnik o licencu za obavljanje energetske delatnosti i sertifikaciji	Rulebook on license for carrying out energy activities and certification	Official Gazette of the Republic of Serbia", No. 87/2015
15	Pravilnik o načinu razmene dokumenata i podnesaka elektronskim putem i formi u kojoj se dostavljaju akta u vezi sa objedinjenom procedurom	Rule Book on unified electronic procedure	Official Gazette of the RS No 113/2015
16	Pravilnik o sadržini i načinu izdavanja građevinske dozvole	Rulebook on Content and Method of issuing the Construction Permit	Official Gazette of the RS No 93/2011, No 103/2013 - CC
17	Pravilnik o sadržini, načinu i postupku izrade i način vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekata	Rulebook on Content, Method and Manner of Development and Performing Control of Technical Documentation According to Class and Intended Use of the Structure	Official Gazette of the RS No 23/2015, 77/2015, 58/2016, 96/2016
18	Pravilnik o sadržini i obimu prethodnih radova, prethodne studije opravdanosti i studije	Rulebook on the content and extent of the preliminary work, pre-feasibility study and feasibility study	Official Gazette of the RS, No. 1/2012
19	Pravilnik o postupku sprovođenja objedinjene procedure elektronskim putem	Rulebook on the process of electronic implementation of the integrated procedure	Sl. glasnik RS", br. 113/2015, 96/2016 i 120/2017

Additional general legislation			
1	Zakon o efikasnom korišćenju energije	Law on Efficient Use of Energy	Official Gazette of the Republic of Serbia No 25/2013
2	Zakon o javnim nabavkama	Law on Public Procurement	Official Gazette of the Republic of Serbia No 124/2012, 14/2015 and 68/2015
3	Zakon o obligacionim odnosima	Law on Obligations	Official Gazette of the Republic of Serbia No 29/78, 39/85, 45/89, 57/89, Official Gazette of SUSM No 31/93, and Official Gazette of State Union of Serbia and Montenegro No 1/2003
4	Zakon o lokalnoj samoupravi	Law on Local Self-Government	Official Gazette of the Republic of Serbia No 129/2007 and 83/2014
Additional legislation in regard to environmental protection and waste management			
1	Uredba o određivanju aktivnosti čije obavljanje utiče na životnu sredinu	Regulation on activities which affect environment	Official Gazette of the RS No 109/2009 and 8/2010
2	Zakon o upravljanju otpadom	Waste Management Law	Official Gazette of the Republic of Serbia No 36/2009, 88/2010 and 14/2016
3	Zakon o šumama	Law on Forests	Official Gazette of the Republic of Serbia No 30/2010, 93/2012 and 89/2015
4	Zakon o reproduktivnom materijalu šumskog drveća	Law on Forest Reproductive Material	Official Gazette of the Republic of Serbia No 35/2004, 8/2005 – amendment, and 41/2009
5	Zakon o zaštiti od požara	Law on Fire Protection	Official Gazette of the Republic of Serbia No 111/2009 and 20/2015
6	Pravilnik o posebnim merama zaštite od požara u poljoprivredi	Rule Book on special fire prevention measures in agriculture	Official Gazette of the RS No 27/1984
7	Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu	Law on Safety and Health on Work	Official Gazette of the Republic of Serbia No 101/2005, 91/2015, 113/2017
Legislation in case electricity production is included			
1	Uredba o merama podsticaja za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i iz visokoefikasne kombinovane proizvodnje električne i toplotne energije	Regulation on incentives for production of electricity of renewable sources and of highly efficient combined production of electricity and heating power	Official Gazette of the RS No 56/2016
2	Uredba o uslovima za sticanje statusa povlašćenog proizvođača električne energije, privremenog povlašćenog proizvođača i proizvođača električne energije iz obnovljivih izvora energije	Regulation on conditions and procedure for acquiring the status of privileged electric energy power producer, temporary privileged producer, and producer of electric power of renewable sources	Official Gazette of the RS No 56/2016
3	Uredba o naknadi za podsticaj povlašćenih proizvođača električne energije	Regulation on incentive of privileged producers of electricity	Official Gazette of the RS No 12/2016
4	Pravilnik o garanciji porekla električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije	Rule Book on guarantees of origin of electricity production of renewable sources	Official Gazette of the RS No 24/2014

Aneks 3: Procedura za izgradnju postrojenja na biomasu za proizvodnju toplote na teritoriji Republike Srbije

**Procedura za izgradnju postrojenja na biomasu za proizvodnju toplote na teritoriji Republike Srbije
(na osnovu dole citiranog izvora)**

KORAK	NAPOMENA	REGULATIVA
I. IZBOR LOKACIJE		
1. Provera da li je u validnom planskom dokumentu predviđena izgradnja energetskog objekta.	Direktno u lokalnoj samoupravi na čijoj teritoriji se planira izgradnja tražiti validna planska dokumenta na uvid.	(a), (b)
2. Zahtev za izdavanje Informacije o lokaciji (mogućnosti i ograničenja).	Podnosi se organu nadležnom za izdavanje lokacijskih uslova.	(a), (b)
II. DOBIJANJE ENERGETSKE DOZVOLE		
1. Izrada studije o Proceni uticaja na okolini (obavezno za kapacitete > 50 MW, može se zahtevati i za kapacitete < 50 MW, nije potrebno za kapacitete < 1 MW).	Podnosi se organu nadležnom za izdavanje građevinske dozvole.	(c), (d), (e), (f), (g)
2. Zahtev za dobijanje energetske dozvole	Podnosi se organu nadležnom za izdavanje građevinske dozvole, obično uz zahtev za dobijanje građevinske dozvole.	(h)
III. PRIBAVLJANJE INTEGRISANE DOZVOLE		
Potrebni su svi dokumenti iz prethodnih koraka.	Dobija se od organa nadležnog za izdavanje građevinske dozvole, potrebno samo za kapacitete > 50 MW.	(i), (j)
IV. PRIBAVLJANJE GRAĐEVINSKE DOZVOLE		
1. Formiranje tehničke dokumentacije: 1) generalni projekat; 2) idejno rešenje; 3) idejni projekat; 4) projekat za građevinsku dozvolu 5) projekat za izvođenje i 6) projekat izvedenog objekta.	Dodatno potrebna dokumentacija: Prethodna studija opravdanosti (koja uključuje generalni projekat) i Studija opravdanosti (koja uključuje idejni projekat).	(a), (k), (l), (m)
2. Tehnička kontrola dokumentacije.	Ako određeno Ministarstvo izdaje građevinsku dozvolu ono formira komisiju, a u drugim slučajevima investitor određuje lice koje vrši tehničku proveru.	(a)
3. Zahtev za dobijanje građevinske dozvole.	Dostavlja se nadležnom Ministarstvu (za kapacitete > 10 MW) ili lokalnoj samoupravi (za kapacitete < 10 MW).	(a), (n)

V. IZVOĐENJE RADOVA

Sve aktivnosti su regulisane Zakonom o planiranju i izgradnji (Službeni glasnik RS, Br. 72/2009).

V. TEHNIČKI PREGLED I DOBIJANJE UPOTREBNE DOZVOLE

1. Podnošenje zahteva za tehnički pregled postrojenja.	Dostavlja se nadležnom Ministarstvu (za kapacitete > 10 MW) ili lokalnoj samoupravi (za kapacitete < 10 MW).	(a)
--	--	-----

VI. PRIKLJUČENJE NA TOPLOVODNU MREŽU

Sve aktivnosti su regulisane Zakonom o energetici (Službeni glasnik RS, Br. 145/2014) i posebnom regulativom na nivou lokalne samouprave.

Posebna procedura za dobijanje prava na proizvodnju toplove iz postrojenja na biomasu.

(A) Poveravanje prava na obavljanje komunalne delatnosti.	Na osnovu odluke skupštine lokalne samouprave ili ugovora o poveravanju.	(o)
(B) Poveravanje prava na obavljanje komunalne delatnosti davanjem koncesije.	Na osnovu ugovora sa odgovarajućim vladinim organom.	(p)
(C) Ulaganje u javno (komunalno) preduzeće, odnosno privredno društvo koje obavlja komunalnu delatnost.	Uz saglasnost osnivača predmetnog preduzeće, odnosno privrednog društva.	(o), (q), (r)
Dobijanje licence za obavljanje energetske delatnosti	Izdaje lokalna samouprava.	(s)

Branislava Lepotić Kovacević, Bojan Lazarević: Izgradnja postrojenja i proizvodnja električne/toplotne energije iz biomase u Republici Srbiji - vodič za investiture, treće izdanje, juni 2016, <http://biomasa.undp.org.rs/wp-content/uploads/2017/04/BILINGUAL-BRIEF-INVESTOR-GUIDE-BIOMASS-PLANTS-2016.pdf>.

Citirana regulativa			
(a)	Zakon o planiranju i izgradnji	Law on Planning and Construction	Official Gazette of the Republic of Serbia No 72/2009, 81/2009 - correction, 64/2010 – Decision of Constitutional Court, 24/2011, 121/2012, 42/2013 – Decision of CC, 50/2013 - Decision of CC, 98/2013 - Decision of CC, 132/2014 and 145/2014
(b)	Uredba o lokacijskim uslovima	Regulation on requirements for the location	Official Gazette of the RS No 35/2015, No 114/2008
(c)	Zakon o energetici	Law on Energy	Official Gazette of the Republic of Serbia No 145/2014
(d)	Zakon o zaštiti životne sredine	Law on Environmental Protection	Official Gazette of the Republic of Serbia No 135/2004, 36/2009, 36/2009; 72/2009; 43/2011 – Decision of CC, and 14/2016
(e)	Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu	Law on Environmental Impact Assessment	Official Gazette of the Republic of Serbia No 135/2004 and 36/2009
(f)	Zakon o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu	Law on Strategic Assessment of Environmental Impact	Official Gazette of the Republic of Serbia No 135/2004 and 88/2010
(g)	Uredba o utvrđivanju Liste projekata za koje je obavezna procena uticaja i Liste projekata za koje se može zahtevati procena uticaja na životnu sredinu	Regulation on the types of projects for which environmental impact assessment is obligatory or can be required	Official Gazette of the RS No 114/2008
(h)	Pravilnik o energetskoj dozvoli	Rule Book on energy permits	Official Gazette of the RS No 15/2015
(i)	Zakon o integrisanim sprečavanju i kontroli zagadživanja životne sredine	Law on Integrated Prevention and Control of Environmental Pollution	Official Gazette of the Republic of Serbia No 135/2004 and 25/2015
(j)	Pravilnik o postupku sprovođenja objedinjene procedure elektronskim putem	Rulebook on the process of electronic implementation of the integrated procedure	Sl. glasnik RS", br. 113/2015, 96/2016 i 120/2017
(k)	Pravilnik o sadržini, načinu i postupku izrade i način vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekata	Rulebook on Content, Method and Manner of Development and Performing Control of Technical Documentation According to Class and Intended Use of the Structure	Official Gazette of the RS No 23/2015, 77/2015, 58/2016, 96/2016
(l)	Pravilnik o sadržini i obimu prethodnih radova, prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti	Rulebook on the content and extent of the preliminary work, pre-feasibility study and feasibility study	Official Gazette of the RS, No. 1/2012
(m)	Pravilnik o načinu razmene dokumenata i podnesaka elektronskim putem i formi u kojoj se dostavljaju akta u vezi sa objedinjenom procedurom	Rule Book on unified electronic procedure	Official Gazette of the RS No 113/2015
(n)	Pravilnik o sadržini i načinu izдавanja građevinske dozvole	Rulebook on Content and Method of issuing the Construction Permit	Official Gazette of the RS No 93/2011, No 103/2013 - CC
(o)	Zakon o komunalnim delatnostima	Law on Utility Services	Official Gazette of RS No. 88/2011, 104/2016
(p)	Zakon o javno-privatnom partnerstvu i koncesijama	Law on Public-Private Partnerships and Concessions	Official Gazette of the Republic of Serbia No 88/2011 and 15/2016
(q)	Zakon o javnim preduzećima	Law on Public Companies	Official Gazette of the Republic of Serbia No 15/2016)
(r)	Zakon o privrednim društvima	Law on Companies	Official Gazette of the Republic of Serbia No 36/2011, 99/2011, 83/2014, and 5/2015
(s)	Pravilnik o licenci za obavljanje energetske delatnosti i sertifikaciji	Rulebook on license for carrying out energy activities and certification	Official Gazette of the Republic of Serbia", No. 87/2015

Aneks 4: Potrebna tehnička dokumentacija za izgradnju postrojenja na obnovljive izvore energije

Tehnička dokumentacija				
Dokument		Osnovni cilj	Osnovna regulativa	Osnovni sadržaj
A	GENERALNI PROJEKAT	Za potrebe izrade prethodne studije opravdanosti	(a), (b), (c)	- sagledavanje resursnih i prostornih mogućnosti, - dispozicija i generalna koncepcija, - osnovne funkcionalne, - tehnološko-tehničke karakteristike, - uslovi eksploatacije i osnove za ekonomsku analizu, - analiza varijantnih rešenja i izbor optimalne
B	IDEJNO REŠENJE	Za potrebe pribavljanja lokacijskih uslova i kao deo urbanističkog projekta za potrebe urbanističko-arhitektonskе razrade lokacije	(a), (b), (d)	- prikaz planirane koncepcije - neophodni podaci za utvrđivanje lokacijskih uslova
C	IDEJNI PROJEKAT	Za potrebe izrade studije opravdanosti i za potrebe pribavljanja Rešenja o odobrenju za izvođenje radova	(a), (b), (c), (d), (e)	- skup međusobno usaglašenih projekata, - podaci o nameni, položaju, obliku, kapacitetu i dr., - tehnološko-tehničke karakteristike, - okvirno dokazivanje ispunjenosti osnovnih zahteva projekta
D	PROJEKAT ZA GRAĐEVINSKU DOZVOLU	Za potrebe pribavljanja građevinske dozvole	(a), (b)	- skup međusobno usaglašenih projekata, Dodatni elementi (Generalnom i Idejnom projektu): - dimenzionisanje glavnih elemenata, - načelni izbor materijala, instalacija i opreme, - okvirno dokazivanje ispunjenosti osnovnih zahteva projekta
E	PROJEKAT ZA IZVOĐENJE	Za potrebe građenja objekta i izvođenja radova	(a), (b)	- skup međusobno usaglašenih projekata neophodnih za izvođenje radova svih vrsta, Dodatni elementi (Projektu za građevinsku dozvolu): - investiciona vrednost objekta i uslovim održavanja, - razrađeni svi detalji
F	PROJEKAT IZVEDENOG OBJEKTA	Za potrebe pribavljanja upotrebnе dozvole, korišćenja i održavanja objekta	(a), (b)	Istovetna struktura i sadržaj kao u Projektu za izvođenje, ali prema izvedenom stanju.

Citirana regulativa			
(a)	Zakon o planiranju i izgradnji	Law on Planning and Construction	Službeni glasnik RS Br. 72/2009, 81/2009 - ispravka 64/2010 – Odluka Ustavnog suda 24/2011, 121/2012, 42/2013, 50/2013, 98/2013, 132/2014, 145/2014
(b)	Pravilnik o sadržini, načinu i postupku izrade i način vršenja kontrole tehničke dokumentacije prema klasi i nameni objekata	Rulebook on Content, Method and Manner of Development and Performing Control of Technical Documentation According to Class and Intended Use of the Structure	Službeni glasnik RS Br. 23/2015, 77/2015, 58/2016, 96/2016
(c)	Pravilnik o sadržini i obimu prethodnih radova, prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti	Rulebook on the content and extent of the preliminary work, pre-feasibility study and feasibility study	Službeni glasnik RS Br. 1/2012
(d)	Pravilnik o načinu razmene dokumenata i podnesaka elektronskim putem i formi u kojoj se dostavljaju akta u vezi sa objedinjenom procedurom	Rule Book on unified electronic procedure	Službeni glasnik RS Br. 113/2015
(e)	Uredba o lokacijskim uslovima	Regulation on requirements for the location	Službeni glasnik RS Br. 35/2015, Br. 114/2008