

Drvni ostatak kao sekundarni nositelj energije

WOOD RESIDUE AS SECONDARY ENERGY AGENCY

Mr. sc. Stjepan Risović
Šumarski fakultet, Zagreb

UDK 630*331+331.1:630*333

Prispjelo: 05. 01. 1995.
Prihvaćeno: 12. 01. 1995.

Pregledni rad

Sažetak

U radu se razmatra mogućnost korištenja drvnoga ostatka u drvoprerađivačkoj industriji kao sekundarnoga nositelja energije. Danas u razvijenim zemljama čovjek troši i do sto puta više energije od one kojom se koristio u početnom razdoblju svoga razvoja (oko 8 MJ dnevno). Osiguranje energije iz fosilnih goriva rezultiralo je smanjenjem zaliha i povećanjem štetnih posljedica u okolišu. Biomasi zasigurno pripada važno mjesto u skupini obnovljivih primarnih nositelja energije. Za njezinu proizvodnju, kao i za proizvodnju drugih energenata treba ostvariti tehnološke, ekološke i druge pretpostavke. Pri svakoj analizi, pa tako i onoj za biomasu, nužno je razlikovati tehnički odnosno teorijski potencijal ostvarivih količina, i to zbog ograničavajućih činitelja.

Drvni ostatak iz furnirskih trupaca u 1992. godini iznosio je 37 544 m² (ostatak od hrasta 48,4%, bukve 41% i jasena 10,6%) ili 26,3 · 10⁶ kg. Od pilanskih trupaca za istu godinu mogući ostvaraj ostatka različitog sadržaja vode u drvu iznosi 481 849 m³ (283 · 10⁶ kg), pri čemu hrastov ostatak sudjeluje sa 23,8%, bukva sa 23,9%, jele i smreke sa 21,2%. Preostalih 31,1% čine ostale četinjače i listače. Ukupni ostatak u drvoprerađivačkoj industriji iz pilanskih i furnirskih trupaca iznosi 309,9 · 10⁶ kg ili 0,1 Mtoe. U nastavku rada analiziraju se osnovne poteškoće u iskorištavanju i pripremi drvnoga ostatka, problemi kod skladištenja i sušenja, ogrjevnost drva kao goriva, a na kraju rada dat je kratak opis postrojenja za korištenje drvnoga ostatka.

Ključne riječi: biomasa, drvni ostaci.

Summary

The author discusses potential exploitation of wood residue in woodworking industry as a secondary energy agency. In developed countries up to one hundred times more energy is used up today than at the beginning of man's development (some 8 MJ per day). Exploitation of fossil fuels as sources of energy has resulted in decreased reserves and increased adverse effects on the environment.

Biomass undoubtedly takes a prominent place among renewable primary energy agencies. its production, just as the production of other energy products, requires that certain technological, ecological and other preconditions be met. Just as in any other forms of analysis, when we do the one for biomass, it is necessary to distinguish the technical and the theoretical potential of feasible quantities because of various limiting factors.

In 1992 veneer log wood residue amounted to 37 544 m² (48,4% from oak, 41% from beech, 10,6% from ash), that is 26,3x10⁶ kg. In the same year the potential amount of saw log residue with varying water content in wood equalad 481,849 m³ (283x10⁶ kg), 23,8% of it being oak, 23,9% beech, 21,2% fir and spruce each). The remaining 31,1% is covered by other softwoods and hardwoods. The overall residue in woodworking industry, from both saw and veneer logs, is 309,9x10⁶ kg that is 0,1 Mtoe.

In the later part of the work main difficulties in exploitation and ? preparation/treatment/processing ? of wood residue are analysed. the work continues to discuss storing and seasoning problems, and calorific value of wood. At the end of the work a wood residue exploitation unit is described.

Key words: biomass, wood residue, wood waste.

1. UVOD

Opskrba je energijom problem koji zaokuplja pozornost stručnjaka i pučanstva. Drvo je sigurno najstariji energent koji je čovjek koristio ponajprije za pripremu hrane i grijanje. Rasvjeta je imala manje značenje. Razdoblje babilonskog carstva (2 500. do 538. godine pr. Krista) prvo je povijesno razdoblje upotrebe sirove nafte i asfalta, a ugljen je iskorištavan samo u Kini oko 1100. godine prije Krista. Iako su se ponegdje upotrebljavala i fosilna goriva, drvo je ostalo glavni energent. U tom su razdoblju

zbog velike potrošnje drva u Indiji potpuno uništene šume.

Za vrijeme tehnološke i preradbene stagnacije (oko 500 godina pr. Krista) javljaju se brojne različite ideje, često i neizvedive.

Rimljani su prvi počeli koristiti vodnu snagu (mlijsko kolo). U Velikoj Britaniji ugljen se upotrebljavao prije dolaska Rimljana, a u današnjoj Arizoni indijanska su plemena dvije stotine godina prije dolaska Kolumba iskorištavala ugljen. Otkrićem koksa te zamjenom drvnog ugljena koksom spriječeno je uništenje šuma.

Iako je godine 1627. u državi New York otkriven izvor sirove nafte, smatra se da je industrijsko iskorištavanje nalazišta sirove nafte započelo 1859. godine u Pennsylvaniji. Otkriće parnog stroja 1770. godine (J. Watt) označilo je početak industrijske revolucije. Iskorištavanje tako proizvedene energije, međutim, bilo je moguće samo u neposrednoj blizini stroja. Tek s mogućnošću proizvodnje električne energije koja se relativno jednostavno može pretvoriti u mehaničku, energija se mogla prenositi i na velike udaljenosti. Otkriće parnoga stroja omogućilo je razvoj željezničkog prometa, a konstrukcija motora s unutrašnjim izgaranjem potaknula je brz razvoj cestovnoga i zračnog prometa. Nuklearna fisija novo je poglavlje u razvoju energetike.

2. ENERGIJA U DANAŠNJEM SVIJETU

Raspolaganje energijom koju čovjek ne proizvodi vlastitim tijelom višestruko povećava njegove radne sposobnosti. Pretpostavlja se da je u svom početnom razvoju čovjek trošio onoliko energije koliko je uzimao dnevnim prehranom, dakle oko 8 MJ. Danas čovjek u razvijenim zemljama dnevno troši 800 MJ, dakle sto puta više. Tako velika potrošnja karakteristika je današnjega tehnički razvijenog svijeta. Posljednjih tridesetak godina iskorišteno je više energije nego tijekom cijeloga povijesnog razvoja. Kako navodi Sekulić [9], u svijetu se kao cjelini do 2010. godine očekuje povećanje potražnje primarne energije od 2% godišnje. U tablici 1. dan je pregled utroška primarne energije u svijetu. Razlog je predviđenom povećanju porast broja stanovnika, te razvoj zemalja koje se danas smatraju nerazvijenima ili zemljama u razvoju. Pritom se ne smije zaboraviti očekivani brži porast broja stanovnika u danas manje razvijenim te, poglavito, u nerazvijenim zemljama. Predviđa se da će krajem stoljeća 80% svjetskog stanovništva živjeti u zemljama u razvoju, a 1950. godine živjelo ih je oko 65%. Uobičajena je podjela energijskih resursa na obnovljive i neobnovljive. Pritom treba naglasiti da su neki izvori energije, poput biomase, uvjetno obnovljivi resursi. Biomasa šumskoga podrijetla primarni je oblik energije koji se trajno obnavlja, barem do trenutka dok uporaba ne prelazi znanu graničnu količinu što je određuju uzgojni, uređajni, gospodarski i dr. čimbenici. U proizvodno-

uporabnom energijskom sustavu razlikuju se i sekundarni nositelji energije, npr. od biomase pretvorbom ili preradbom dobiveno usitnjeno drvo, drvni ostatak iz preradbe drva, briketi, tekuće ili plinovito gorivo i dr. Svaki postupak preradbe biomase treba kvalitativno i kvantitativno ocijeniti s gledišta tehničke i gospodarske djelatnosti.

Potrošnja primarne enrgije u svijetu [9], [12]
Primary Energy Consumption in the World [9], [12]

Tablica 1.
Table 1.

	Godina, Year			
	1992	1993	2000	2010
Ugljen, Coal	2 153,3	2 141,1	2 647	3 283
Nafta, Oil	3 145,6	3 121,4	3 558	4 248
Prirodni plin Natural Gas	1 759,3	1 787,1	1 974	2 785
Nuklearna energija Nuclear Energy	540,8	557,2	608	690
Energija vode Hydro Energy	190,2	197,5	252	329
Ukupno Mt _{oe} * Total, Mt _{oe}	7 789,6	7 804,3	0 039	11 335

* Mt_{oe} - Million tonnes oil equivalent (milijun tona ekvivalentne, jednakovrijedne nafte)

3. ENERGIJA U HRVATSKOJ

Od 1988. do 1990. godine ukupna se potražnja energije u našoj republici (tab. 2) smanjivala zbog gospodarske i političke krize u Jugoslaviji i Hrvatskoj. U 1991. godini potrošnja se u usporedbi s 1990. godinom smanjila za 17,6%, što je posljedica rata u drugoj polovici 1991. godine, a pad se nastavlja i u 1992. godini za dodatnih 10,2%. U potrošnji energije najveći udjel ima tekuće gorivo i prirodni plin, koji bilježe porast od 22,1% u 1988. na 28,6% u 1992. godini. U promatranom razdoblju potrošnja ogrjevnog drva smanjivala se 12,9% godišnje.

U strukturi neposredne potrošnje energije (tab. 3) najbrže je opadala potrošnja u industriji, i to prosječno 13,6% godišnje, a u ostala dva područja potrošnje - prometu i općoj potrošnji, smanjivala se približno jednako, i to za 8,7% godišnje.

Ukupna potrošnja energije [5], [13]
Total Primary Energy Supply [5], [13]

Tablica 2.
Table 2.

Godina Year	Ugljen Coal	Ogrjevno drvo Fuel Wood	Tekuća goriva Liquid Fuels	Prirodni plin Natural Gas	Vodna snaga i el. energija Hydro Power and Electricity	Nuklearno gorivo Nuclear Power	Ukupno Total
	PJ						
1988	36,86	23,59	206,80	100,52	69,70	21,07	458,54
1989	36,13	23,11	193,82	105,90	61,94	23,88	444,78
1990	34,07	22,68	192,60	98,22	56,08	23,49	427,14
1991	22,03	15,64	135,40	87,80	65,68	25,23	351,78
1992	17,80	13,58	127,29	90,53	46,61	21,13	315,94

Struktura ukupno utrošene energije (13)
Total Primary Energy Supply by Sectors (13)Tablica 3.
Table 3.

Godina, Year	1988	1989	1990	1991	1992
	PJ				
- Ukupna potrošnja energije - Total Primary Energy Consumption	458,54	444,78	427,14	351,78	315,94
- Neposredna potrošnja energije - Final Energy Consumption	266,15	266,82	257,74	196,99	171,47
- Industrija - Industry	97,27	98,47	88,93	65,37	54,24
- Promet - Transport	58,95	58,66	61,24	43,06	40,91
- Opća potrošnja - Other Sectors	109,93	109,69	107,57	88,56	76,32

Struktura prodaje (ili prodanih) drvnih sortimenata 8 15)
Marketing structure of forest products (15)Tablica 4.
Table 4.

Godina Year	Furinjski trupci Veneer logs	Pilanski trupci Saw logs	Ostalo oblo drvo Other round wood	Industrijsko drvo Industrial wood	Ogrjevno drvo Fuelwood	Ukupno Total
	m ³					
1991	149 000	1 322 000	121 000	404 000	894 000	2 890 000
1992	186 000	1 132 000	134 000	338 000	820 000	2 610 000
1993	169 000	1 100 000	90 000	382 000	711 000	2 452 000

4. ŠUMSKA BIOMASA KAO ENERAGENT

Lukač [4] pod biomasom razumijeva tvar koja je rezultat života živih organizama. Tako definiran pojam biomase omogućuje njezinu široku podjelu.

Biomasa kao nositelj energije i u našoj zemlji dobiva sve veću važnost. Godina 1978. može se smatrati prekretnicom u djelotvornijem iskorištenju šumske biomase u energijske svrhe. Te je godine u suradnji s Međunarodnom agencijom za zaštitu životne sredine pokrenuta akcija u tri smjera:

- proizvodnja i plantažni uzgoj vrsta drveća namijenjena isključivo dobivanju energije,
- razvoj tehnologija sječe, pripreme i usitnjavanja drva,
- pretvorba primarnog oblika biomase u sekundarnog nositelja energije.

Cilj brojnih istraživačkih projekata bilo je nalaženje mogućnosti povećanja udjela drva kao nositelja energije. Kaltschmitt [3] navodi da je biomasa 1992. godine u svijetu činila 12% ukupno proizvedene primarne energije. Razvijene zemlje u svojim planovima veliku važnost pridaju biomasu, poglavito šumskoj. U SAD se planira povećanje udjela drva u ukupnoj potrošnji sa 3,7% na 13,5% [11], Finska planira povećanje udjela drva u strukturi primarne energije s 4,6% u 1977. godini na 10,1% u 2000. godini [2]. U ukupnoj potrošnji energije 1991. godine u Štajerskoj je udio biomase iznosio 14%, iako je nekoliko godina prije toga njezin udjel planiran s visokih 8% u 2000. godini [14].

U dosadašnjim dugoročnim planovima razvoja energijskog sustava Hrvatske predviđeno je u strukturi, kako navodi Potočnik [7], samo 2 do 3% obnovljivih izvora energije. Udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji energije u 1990. godini iznosio je

samo 0,24% ili 1 PJ. Biomasa koju čine drvni ostaci, ostaci iz ratarstva i stočarstva te komunalni kruti ostaci i komunalne vode sudjeluju s 40% u ukupnoj dobivenoj energiji iz obnovljivih izvora. Odnajednih sastavnica biomase za proizvodnju energije jedino su korišteni drvni ostaci [s 0,3 PJ] i ostaci iz ratarstva [s 0,1 PJ].

Prema [15] Republika rasplaze s 2 457 648 ha šumskog zemljišta što pokriva 43,5% ukupnog njezina teritorija i iznosi 0,51 ha šumskog zemljišta po stanovniku. Šumom obraslo šumsko zemljište zauzima 83,9%, neobraslo 13,5%, a neplodno se šumsko zemljište prostire na 2,6% površine. Drvna zalihna u hrvatskim šumama doseže 298 411 000 m³, a ukupni godišnji etat iznosi 6 181 000 m³ [8]. Struktura prodanih drvnih sortimenata kojima gospodare "Hrvatske šume" (tab. 4) može biti osnova za izračunavanje šumske biomase i ostatka pri preradbi u drvnjoj industriji.

5. NEKA SVOJSTVA DRVNOG OSTATKA

5.1. Opće napomene

Osnovna poteškoća u iskorištavanju drvnog ostatka jest njegova raznorodnost, koju čini smjesa drva (30 do 40%), kore (do 20%) i tzv. zelenog dijela (do 40%), pri čemu je svaka od tih sastavnica različitoga kemijskog sastava, ogrjevnosti (toplinske vrijednosti), temperature zapaljenja i gorenja, fizikalnih svojstava koja utječu na ogrjevnost - gustoće, mokrine i dr. Dio drvne tvari u pilanskoj preradbi, proizvodnji furnira, izradbi namještaja i sl. ostaje kao otpad - ostatak za energijske potrebe. Kako je riječ o preradbi drva u sklopu drvnoindustrijskih poduzeća, pretvorbom ostatka u toplinsku ili neku drugu ener-

giju povećava se iskorištenje drya za energijske potrebe. U pilanskoj preradbi od 1 m³ piljenica ostatak kod četinjača iznosi 30% (15% piljevina, 15% odresci), a kod listača 40% (20% piljevina, 20% odresci). Kod izradbe furnira ukupni ostatak iznosi 20%.

5.2. Biomasa četinjača i listača

Kao mogući dio drvne tvari za toplinsku energiju četinjača procijenjuje se na 35%. To je dio drva koji bi se npr. mogao usitniti u iverje i upotrijebiti kao energijski izvor. Proračun je proveden uz pretpostavku uobičajene taksacijske granice od 7 cm, bez udjela drvne tvari korjenskog sustava. Uz jednake pretpostavke izračunan je i sastav cjelokupne šumske biomase za listače. Ustanovljeno je da od ukune drvne tvari za energijske potrebe preostaje 45% mogućeg iverja.

5.3. Ogrjevnost drvnog ostatka

Temeljna veličina za proračun energije iz određene količine ostatka jest njegova ogrjevnost (toplinska vrijednost, ogrjevna moć). Najveći utjecaj na toplinsku vrijednost ima mokrina. Što je ona veća, ogrjevna je vrijednost ostatka manja, kao i moguća ostvariva korisnost kotlovske postrojenja. Naime, za isparavanje 1 kg vode potrebno je utrošiti oko 2500 kJ toplinske energije.

Ogrjevnost se izračunava empirijskim broječanim jednadžbama. Poznati su približni izrazi za izračunavanje donje ogrjevnosti drva.

$$H_d = 2500 \cdot \frac{6,833 - w}{1 + w} \text{ kJ/kg - za listače}$$

$$H_d = 2500 \cdot \frac{7,333 - w}{1 + w} \text{ kJ/kg - za četinjače}$$

pri čemu je w mokrina određena prema apsolutno suhoj drvnoj tvari.

Za okvirno određivanje toplinske vrijednosti organskih tvari poput drvnog ostatka, dostatno je poznavati njihov kemijski sastav (tab. 5).

Poznavajući maseni udio pojedinoga elementa, može se približno izračunati donju ogrjevnost prema formuli:

$$H_d = 33,9 \cdot c + 117,0 \cdot (h - \frac{o}{8}) + 10,5 \cdot s - 2,5 \cdot w \text{ MJ/kg}$$

u kojoj su c (ugljik), h (vodik), s (sumpor), i w (sadržaj vode) maseni udjeli pojedinih elemenata i spojeva.

Za različite vrste gorivog drva s promjenom gustoće mijenja se i ogrjevnost. Pintarić [6] daje toplinsku vrijednost različitih vrsta drva u ovisnosti o njihovoj gustoći (tab. 6).

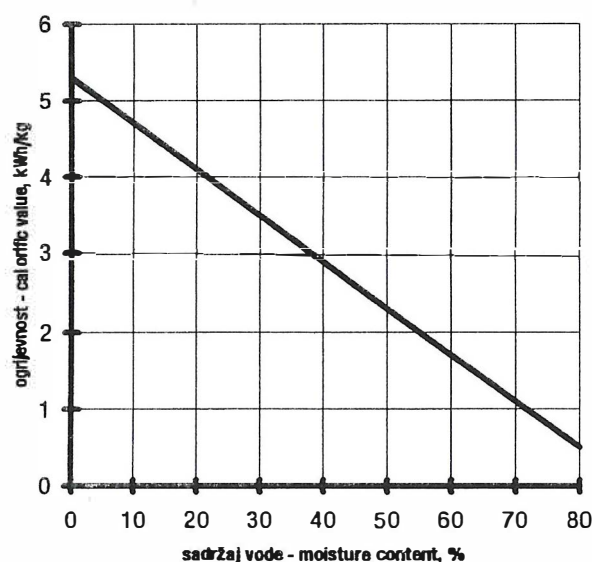
Približan maseni udio elemenata važnijih vrsta drva [6] **Tablica 5.**
Approximate mass share of elements in some wood species [6] **Table 5.**

Vrsta drva Wood Species	Maseni udio elemenata Element share (mass)		
	Carbon C	Hydrogen H	Oxygen O
bukva/beech	0,485	0,063	0,452
hrast/oak	0,494	0,061	0,445
breza/birch	0,486	0,064	0,450
brijest/elm	0,502	0,064	0,433
jela/fir	0,500	0,064	0,436
bor/pine	0,499	0,063	0,438
smreka/spruce	0,496	0,064	0,440

Ogrjevnost različitih vrsta drava u ovisnosti o gustoći [6] **Tablica 6.**
Calorific value of various wood species in relation to density [6] **Table 6.**

Vrsta drva Wood Species	apsolutno suho drvo oven dry wood	Sadržaj vode drva 15% wood moisture content 15%		
		Gustoća (kg/m ³) Density (kg/m ³)	Ogrjevnost t MJ/m ³ Calorific Value MJ/m ³	Ogrjevnost t MJ/t Calorific Value MJ/t
hrast/oak	492	566	6 4400	11 370
bukva/beech	518	596	8 236	13 819
jela/fir	326	375	4 552	12 140
smreka/spruce	343	431	6 135	14 234
ariš/larch	424	408	6 742	13 815

Na slici 1. prikazane su promjene ogrjevnosti drva u ovisnosti o promjeni mokrine.



Slika 1. Ovisnost ogrjevnosti drva o mokrini
Figure 1. Dependence of Calorific value on moisture content

Gustoća, omjer drva prema ukupnom volumenu i ogrjevnost za različite vrste gorivog drva
Density, wood volume/total volume and the heating value at various product type

Tablica 7.

Table 7.

Oblik proizvoda Product Type	Gustoća suhe tvari, kg/m ³ Dry Density, kg/m ³	Omjer obujma drva i ukupnog volumena Wood volume/Total Volume	Ogrjevnost, MJ/m ³ Calorific alue MJ/m ³
komadno drvo Hog fuel	139,4	0,3	285
celulozni iver Pulp chips	116,1	0,25	238
sječka Chunkwood chips	153,3	0,35	314
gorivo drvo Firewood	232,3	0,5	475
pelete Manufactured pellets	608,7	0,54	1 246
oblovinina Roundwood logs	311,3	0,67	637

Neka svojstva drvnog goriva od šumskog i industrijskog ostatka
Some properties of forest and woodworking residues

Tablica 8.

Table 8.

Goriva tvar	Ogrjevnost, kJ/kg Calorific Value, kJ/kg	Sadržaj pepela, % Ash Content, %	Sadržaj vode, % Moisture Content, %	Gustoća, Kg/m ³ Density, Kg/m ³
svježe drvo Green wood	10 500	1,5	37	
zrakom prosušeno drvo Air dry (seasoned) wood	15 500	0,5	10 - 20	
piljevina svježa Saw dust - green	9.600	1,8	45	250
piljevina suha Saw dust - dry	14 700	0,8	14	180
blanjevina iz pilana Sawmill shaving	12 600	1,0	20	90
suha blanjevina Dry shaving	14 700	0,8	12	120
cjepanice Split log	13 800	1,0	18	300
drvna prašina Wood dust (powder)	17 600	0,7	8 - 9	80 - 120
kora Bark	6 500		60 - 80	

5.4. Izradba gorivog drva

Općenito se energija iz drva može koristiti na različite načine. Preradba šumske biomase u oblik po-

godan za izgaranje složen je zadatak. Uz usitnjavanje ili ugušćivanje biomase radnim strojevima, znatno je i njezino rukovanje tijekom procesa: premještanjem, transportom, skladištenjem, sušenjem i dr.

Sever [10] dijeli usitnjeno drvo u sljedeće grupe: goriva sječka (fuel chips), smrvljeno drvo (hogged wood), komadno drvo (chunk wood), gorivo drvo (fire wood), ugušćeno drvo (densified wood) i šumski ostatak, npr. briketi (briquets), granulati (pellets) i slični oblici, gnječeno vlažno drvo tzv. Rool-split-terom (Rool-crushing machine).

5.5. Skladištenje i sušenje

Drvni ostatak zauzima znatni prostor. Jedan m³ sadrži prema krupnoći svega 200-350 kg drvene tvari, dakle, za jednu je tonu potrebno osigurati za skladištenje obujam od 3 do 5 m³. Malu gustoću drvnog ostatka treba posebno razmatrati pri organiziranju njegova korištenja za energetske potrebe, napose pri organizaciji transporta, sušenja za vrijeme uskladištenja, mogućeg napada gljivica itd.

Drvna industrija najčešće rješava takve probleme uskladištenjem ostatka uz kotlovnice gdje natkrivene hrpe osiguravaju djelomično presušavanje.

Sadržaj energije pokrivenoga i nepokrivenog iverja i komadnog drva prvenstveno ovisi o promjeni mokrine i količine suhe tvari.

Uskladišteni drvni ostatak, osim promjene sadržaja energije, podložan je i napadu gljivica, promjeni kemijskog sastava, porastu temperature i dr.

Rast gljivica u uskoj je vezi sa sadržajem vode u drvu. Optimum za njihov rast je između 20 i 35% mokrine, a ispod ili iznad toga postotka rast gljivica opada ili se zaustavlja.

Sušenje drvnog ostatka predmet je mnogih istraživanja. Značenje sušenja ostatka prije korištenja neophodno je opravdati proračunom, bilo da se provodi u svrhu povećanja toplinske vrijednosti ili sprječavanja rasta gljivica.

5.6. Postrojenje za korištenje drvnog ostatka

Da bi se osiguralo potpuno sagorjevanje drvnog ostatka potrebno je, pored procesa sagorjevanja u kotlu, imati još pripremu i skladištenje goriva, doziranje otprašivanje i odstranjivanje pepela. Sastavni su elementi toga postrojenja:

- silos za skladištenje sipkog materijala,
- uređaja za izuzimanje drvnog ostatka,
- transportni ventilator,
- kotao s komandnim i regulacijskim uređajima,
- uređaj za otprašivanje,
- ventilator za odsisavanje,
- dimnjak,

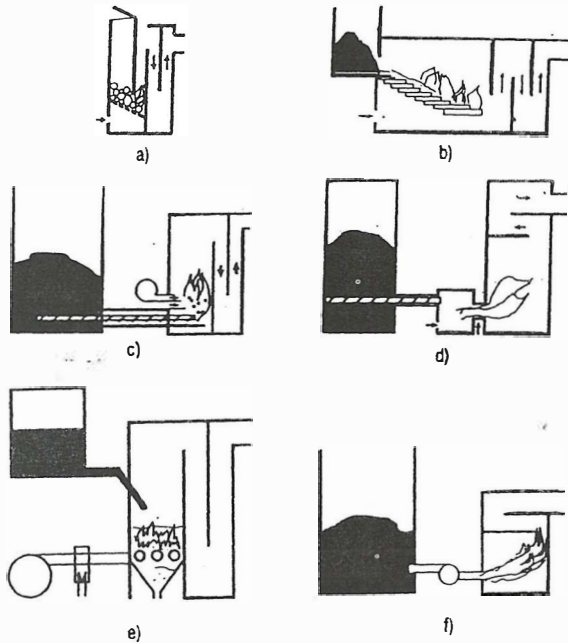
a općenito obuhvaća i mnoštvo elemenata za ekonomično i sigurno djelovanje cijelog postrojenja. Konstrukcija elemenata postrojenja i cjelokupno postrojenje za izgaranje drvnog ostatka uvjetovani su rezultatima

analize gorive tvari u određenoj drvnj industriji. Način skladištenja, transport ostataka i konstrukcija ložišta kotla (generatora pare) ovise o drvnom ostatku koji se razlikuje veličinom, oblikom, kvalitetom i mokrinom. U drvnj se industriji obično pojavljuje više vrsta goriva, komadno drvo različite veličine, drvena prašina, piljevina, blanjevina itd.

Mokrina goriva mjenja se s obzirom na vrstu goriva, godišnje doba preradbe i transporta.

Da bi gorivo za ložište bilo što kvalitetnije, za vrlo mokri materijal poput piljevine i kore treba predvidjeti silos u kojemu se miješaju mokri i suhi materijal. Miješanje je nužno i onda kad u drvnim ostacima ima mnogo drvene prašine, jer prekomjerne količine prašine mogu izazvati eksplozije u ložištu.

Oblik ložišta prilagođen je spomenutim karakteristikama goriva. Na slici 2 prikazani su različiti oblici ložišta: za izgaranje donjeg sloja (a), s predložištem (b), za doziranje pužnim transporterom (c), s kosom rešetkom (d), s upuhivanjem goriva (e), za vrtložno izgaranje (f).



Slika 2. Oblici ložišta
Figure 2. Fire-room forms

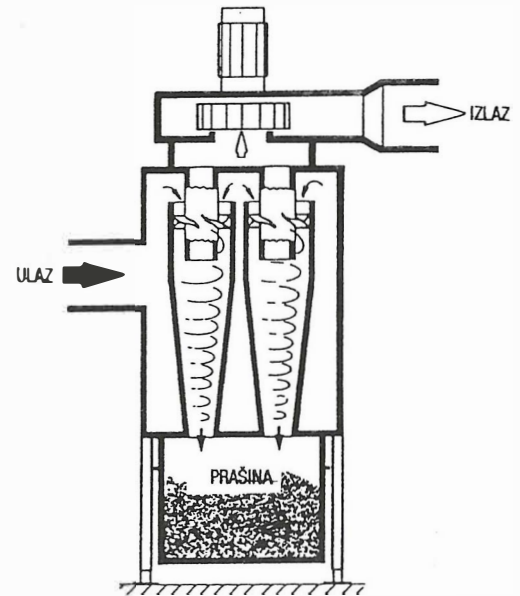
Prije ispuštanja dimnih plinova u atmosferu iz njih se mora ukloniti prašina, koju nazivamo letećom. Dva su česta sustava za otprašivanje plinova izgaranja:

a) mehaničko otprašivanje (ciklonski otprašivači, sl. 3),

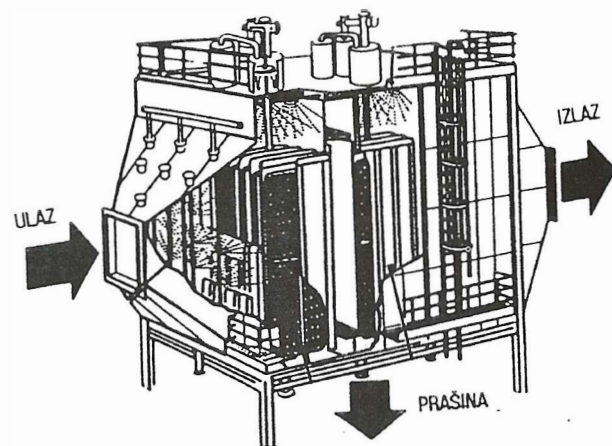
b) otprašivanje električnim filtrom (sl. 4).

U mehaničkim otprašivačima prašina se odjeljuje pomoću gravitacijske ili centrifugalne sile. Da bi gravitacijska sila poslužila za odjeljivanje prašine, plinovi se izgaranja dovode u veliki prostor da im se smanji brzina (1 do 2 m/s), pa čestice zbog svoje težine padaju na dno. Ciklonski otprašivač radi to bolje što je brzina plinova veća. Stoga su gubici tlaka relativno veliki i znatne se količine energije troše za pogon ventilatora.

Električni filter zapravo je kondenzator velikih dimenzija u kojemu između elektroda postoji razlika napona postignuta pomoću ispravljača. Otprašivanje pomoću električnog filtra znatno ovisi o brzini strujanja kojom plinovi prolaze kroz otprašivač. Za uspješan rad brzine su samo 1 do 2,5 m/s. Potrebna energija iznosi 0,08 do 0,17 Wh/m³ (stanje plina 0 °C i 1000 ha).



Slika 3. Ciklonski otprašivač plinova
Figure 3. Dust separating cyclon



Slika 4. Električni filter
Figure 4. Electric dust separator (filter)

Biomasa je nadasve nehomogeno gorivo. Različita mokrina, različite veličine usitnjenog drva i dr. mogu uzrokovati nepotpuno izgaranje. Zato je mnogo teže postići optimalnu regulaciju i izgaranje nego kad je riječ o nafti ili zemnom plinu. Optimalno izgaranje biomase postiže se na temelju točnih mjerenja i analize dimnih plinova u različitim uvjetima. Analizom se mogu obuhvatiti ovi dimni plinovi: ugljikov monoksid i dioksid, kisik, dušikov oksid, sumporov dioksid te voda i

razni ugljikovodici. Radi dobivanja većeg broja informacija i povećanja učinka izgaranja mjeri se prašina, mikroelementi, tlak, temperatura, protok i dr.

6. ZAKLJUČAK

Danas u razvijenim zemljama čovjek troši i do sto puta više energije od one kojom se koristio u početnom razdoblju svoga razvoja (oko 8 MJ dnevno). Tako visoka potrošnja je karakteristika današnje civilizacije. Osiguranje energije iz fosilnih goriva rezultiralo je smanjenjem zaliha i povećanjem štetnih posljedica i okolišu. Pri sagledavanju energijskih potreba gospodarstva Republike Hrvatske treba realno procijeniti energijske zalihe, mogućnost iskorištavanja obnovljivih izvora energije i mnoge druge čimbenike. Biomasi zasigurno pripada važno mjesto u skupini obnovljivih primarnih nositelja energije. Za njezinu proizvodnju, kao i za proizvodnju drugih energenata, treba ostvariti tehnološke, tehničke, ekološke i druge pretpostavke. Pri svakoj analizi, pa tako i onoj za biomasu, nužno je razlikovati tehnički odnosno teorijski potencijal od realno ostvarivih količina, i to zbog svekolikih ograničavajućih činitelja. Do stabilizacije ukupnih prilika hrvatska energetika treba biti otvorena prema svim nositeljima energije koji nisu u suprotnosti sa strateškim odrednicama razvoja. Pritom se misli i na zaštitu okoliša, koja nije samo sastavnica kvalitete življenja, nego i dio strategije gospodarskoga razvoja, što će otvoriti pitanje još naglašenije uporabe biomase kao primarnoga ili sekundarnog nositelja energije.

6. LITERATURA

- [1] Folkema, M.P.: Handbook for small-to-medium size fuel-wood chipping operations. Feric, HB-07, Pointe Claire, 1989, s. 1-48.
- [2] Goglia, V., Sever, S. (1994): Neki problemi korištenja dijela šumske biomase u energetske svrhe. *Mehanizacija šumarstva*, 19, br. 3, str. 193-198, Zagreb
- [3] Kaltschmitt, M., Schutte, A. (1994): *Termische Nutzung von Biomasse - Probleme und zukunfftige Aufgaben*. BWK Bd. 46, Nr. 10, s. 447-450, Dusseldorf
- [4] Lukač, T.: *Komplexne využitie biomasy v lesnom hospodarstve*. Zvolen 1980, s. 1-186.
- [5] Markovčić, B., Busatto, A., Kuzele, P., Puljić, A., Bilićar, N., Spremo, B., Šikić, I., Nadinić, M., Udovičić, B.: *Razvoj elektrifikacije Hrvatske 2. dio*. Institut za elektroprivredu, Zagreb 1987, s. 1-406.
- [6] Pintarić, K.: *Drvni otpaci pri iskorišćivanju šumaa kao izvor energije*. Informacije JPŠC, Beograd, 1987, br. 2, s. 57-74.
- [7] Potočnik, V.: *Projekt RECRO (Regenerativna energija Hrvatske)*. *Energija* 41(1992) 2, s. 89-94.
- [8] Sabadi, R.: *Opće smjernice šumarskog sektora u Republici Hrvatskoj*. *Pregled šumarstva i drvoprerađivačkog sektora u Republici Hrvatskoj*, Ministarstvo poljoprivrede i šumarstva Republike Hrvatske i "Hrvatske šume" p.o., Zagreb, 1994, s. 1-5.
- [9] Sekulić, G.: *Svjetska energetika danas i sutra - tržište, ekologija, gospodarenje, integracija*, EGE, 2(1994)6, s. 20-21.
- [10] Sever, S. (1989): *Iveranje i iverači*. *Skup s priazkom lančanog rada u istraživanju šuma listača uz upotrebu iverača* Bruks za iveranje granjevine, Modruš - Ogulin, 1989, str. 1-7.
- [11] Zerbe, J. I.: *Proceedings from international symposium "Energy options for the year 2000: Contemporary concepts in technology and policy: 1988*, 1.234-1.254
- [12] *BP Statistical Review of World Energy*, June 1994, s. 37.
- [13] *Energija u Hrvatskoj: godišnji energetski pregled 1988- 1992*. Ministarstvo
- [14] *Handbuch Fernwarme Nahwarme aus Biomasse*. Landesenergieverein, Ausgabe Steiermark, Graz, 1992, s. 1-107
- [15] *Poslovno izvješće 1993. "Hrvatske šume"* JP, Zagreb, 1994, s. 1-93.