

# KARAKTERISTIKE KOTLOVA MALE SNAGE ZA SAGOREVANJE BIOMASE

*Mladen Ilić, Simeon Oka, Borislav Grubor\**

**Ključne reči:** *biomasa, sagorevanje, kotlovi*

## **SAŽETAK:**

Biomasa spada u goriva sa vrlo visokim sadržajem (i preko 80%) gorivih isparljivih materija, tako da je udeo volatila u ukupnoj toplotnoj moći goriva približno u tom odnosu. Iz tog razloga je za takva goriva neophodno obezbediti odgovarajuću konstrukciju ložišta kako bi se ostvarilo efikasno sagorevanje. Efikasnim sagorevanjem se, pored smanjenja emisije štetnih gasova, smanjuje i potrošnja goriva. Kotlovi malih snaga (do 300kW), koji prvenstveno služe za zagrevanje prostorija u domaćinstvima, ako sagorevaju biomasu moraju imati zonu sa visokom temperaturom kako bi se ostvarilo što potpunije sagorevanje. Bez dovoljno visoke temperature ne mogu sagoreti ugljen-monoksid i ugljovodonici.

## **1. UVOD**

Značajna prednost korišćenja biomase kao goriva je u tome što biljke u procesu fotosinteze vezuju CO<sub>2</sub> iz vazduha. Time one uspostavljaju ravnotežu sa emitovanim CO<sub>2</sub> tokom sagorevanja biomase. Ipak, da bi se ostvarili pravi ekološki efekti pri sagorevanju biomase, neophodno je dovesti na što manju meru emisiju štetnih materija koje se javljaju kao proizvodi sagorevanja biomase, kao što su ugljen-monoksid i ugljovodonici.

Kotlovi malih snaga, pod čime se podrazumevaju snage do oko 300kW, koriste se u velikoj meri i u domaćinstvima i u industriji. S obzirom na njihovu snagu, oni najčešće služe za zagrevanje prostorija, pa se stoga koriste uglavnom tokom zimskog perioda. Kotlovi malih snaga su vrlo često na tečno ili gasovito gorivo koja ne iziskuju veliko angažovanje rukovaoca, a zahtevaju veću automatizaciju. S obzirom na to da se tečno i gasovito gorivo u najvećoj meri uvoze za domaće potrebe, radi

---

\* Dr Mladen Ilić, prof. dr Simeon Oka, dr Borislav Grubor  
Institut za nuklearne nauke "Vinča", Laboratorija za termotehniku i energetiku

pouzdanijeg snabdevanja energijom trebalo bi stvoriti uslove da se domaći izvori energije (biomasa) mogu efikasno, ekološki prihvatljivo i ekonomski opravdano koristiti.

Jugoslavija poseduje značajan energetski potencijal biomase. Procenjeno je da se oko 51% mase drveta može tehno-ekonomski opravdano iskoristiti u energetske svrhe [1]. Ako se tom energetskom potencijalu drveta doda energetski potencijal ostataka ratarske proizvodnje, tada ukupni realni energetski potencijal iznosi oko 110 000 TJ/god. Na osnovu tog realnog i tehno-ekonomski opravdanog energetskog potencijala ostataka biomase mogla bi se izgraditi postrojenja ukupnog kapaciteta od oko 6000 MWt.

Da bi se energetski potencijal biomase efikasno i ekološki prihvatljivo iskoristio, neophodno je koristiti uređaje koji odgovaraju karakteristikama biomase kao gorivu.

## 2. BIOMASA KAO GORIVO

Biomasa predstavlja obnovljivi izvor energije. S obzirom na to da biomasa sadrži malu količinu mineralnih materija, da ne sadrži sumpor, ona je sa ekološkog stanovišta prihvatljivija od uglja i tečnog goriva. U Tabeli 1 data je tehnička analiza pojedinih vrsta biomase i nekih ugljeva.

Tabela 1. Tehnička analiza nekih vrsta biomase i uglja (\*-na suhu osnovu) [2,3,4].

| Gorivo                   | Vlaga (%) | Toplotna moć (MJ/kg) | Pepeo(*) (%) | Volatili(*) (%) | C fix(*) (%) |
|--------------------------|-----------|----------------------|--------------|-----------------|--------------|
| Drvo, piljevina          | 43.3      | 9.5                  | 1.3          | 81.9            | 16.8         |
| kora                     | 59.5      | 6.5                  | 4.3          | 75.6            | 20.1         |
| Oklasak kukuruza         | 8.0       | 15.5                 | 2.6          | 75.1            | 22.3         |
| Slama                    | 8.5       | 15.0                 | 6.6          | 67.0            | 26.4         |
| Lignit Kolubara (sušeni) | 30.8      | 16.5                 | 14.4         | 47.5            | 37.9         |
| Mrki ugalj Resava        | 20.4      | 19.5                 | 20.1         | 40.6            | 39.3         |
| Antracit Vrška Čuka      | 1.8       | 30.8                 | 9.2          | 7.1             | 83.7         |
| NCB -Engleska            | -         | 32.1 (*)             | 8.1          | 23.9            | 68.1         |
| Polish 8, Poljska        | -         | 28.6 (*)             | 9.9          | 28.1            | 61.9         |

Uočava se značajna razlika u vrednostima toplotne moći goriva, koja u velikoj meri zavisi od vlage. Vlaga u najvećoj meri zavisi od vremena i uslova skladištenja. Najznačajnija razlika između navedinih goriva, koja se uglavnom ne menja sa vremenom, je odnos gorivih isparljivih materija-volatila i gorivih neisparljivih materija-Cfix. Taj odnos se kreće od 5 (za piljevinu drveta), preko 2.5 za slamu i 1 za mrki ugalj Resava, do 0.1 za antracit Vrška Čuka. Na osnovu ovih odnosa može se reći da se

lignit Kolubara nalazi na prelazu iz biomase ka kvalitetnijim ugljevima. Pored toga maseni odnos volatila i Cfix pokazuje približno koliki je deo toplotne moći sadržan u isparljivim, a koliki u neisparljivim gorivim materijama.

Radi postizanja efikasnog sagorevanja neophodno je podesiti konstrukciju kotla odgovarajućem gorivu. S obzirom na to da se kod goriva sa značajno različitim odnosom Cfix/volatili proces sagorevanja značajno razlikuje, onda se konstrukcija kotlova za efikasno sagorevanje biomase mora razlikovati od kotlova za efikasno sagorevanje kvalitetnih ugljeva.

### **3. OSNOVNE KARAKTERISTIKE SAGOREVANJA BIOMASE**

Kada komad drveta dospe u ložište prvo dolazi do isparavanja vlage. Na temperaturi od oko 200°C počinje oslobađanje gorivih isparljivih materija-volatila. Osnovni sadržaj gorivih isparljivih materija čine ugljen-monoksid, ugljen-dioksid i ugljovodonici. Temperature paljenja pojedinih komponenti gorivih isparljivih materija se razlikuju, ali je kod svih preko 600°C. Volatili, kao gasna faza, vrlo brzo napuštaju komad goriva iz koga potiču i strujom gasova bivaju odneseni. Da bi efikasnost sagorevanja volatila bila visoka (>90%) potrebno je obezbediti uslove za njihovo sagorevanje. To znači da temperatura prostora kroz koji oni prolaze nakon napuštanja početnog goriva mora biti znatno preko 600°C.

Kokсни ostatak, nastao oslobađanjem volatila, postaje vrlo porozan i lako sagorljiv. Komadi biomase su, a takođe i njihov kokсни ostatak, u kotlovima malih snaga smešteni vrlo blizu jedan drugog, tako da se u zoni sagorevanja koksnog ostatka postiže dovoljno visoka temperatura za njegovo potpuno sagorevanje. Iz tog razloga se pri sagorevanju biomase velika pažnja poklanja rešavanju problema efikasnog sagorevanja volatila.

### **4. KOTLOVI ZA SAGOREVANJE BIOMASE**

Postoje dve osnovne koncepcije kotlova/ložišta malih snaga (Slika 1):

- 1) tok goriva i vazduha je suprotnosmeran;
- 2) tok goriva i vazduha je istosmeran.

U kotlovima sa suprotnosmernim tokom vazduha i goriva volatili koji se oslobode iz gornjeg hladnijeg sloja mase goriva odmah ulaze u pothlađenu zonu sa razmenjivačima toplote. Na taj način je onemogućeno sagorevanje volatila van zone užarenog čvrstog goriva [2]. Za sagorevanje biomase i drugih goriva sa visokim sadržajem volatila (ligniti), ložišta sa istosmernim tokom goriva i vazduha omogućavaju znatno veći stepen sagorevanja [5]. Razlog za to je što u tom slučaju oslobodeni volatili iz zone hladnijeg goriva prolaze kroz najtopliji deo goriva na rešetki ložišta, čime je omogućeno potpunije sagorevanje volatila.

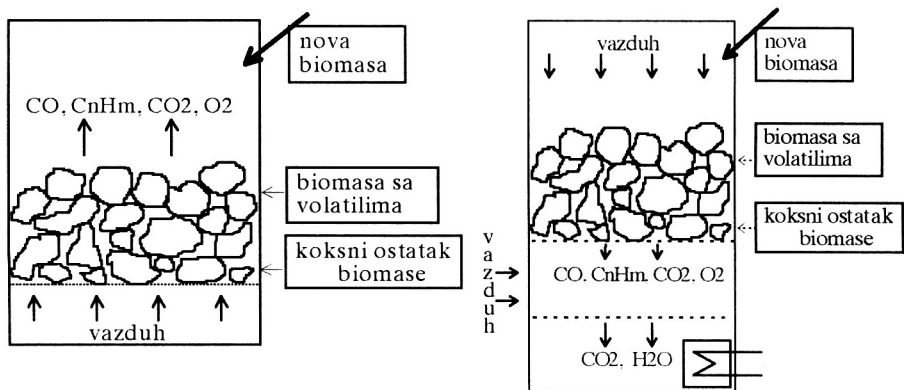
Kod goriva sa visokim sadržajem volatila (biomasa i ligniti), zbog lošeg mešanja sa vazduhom, volatili samo malim delom sagorevaju u neposrednoj blizini

čvrstog goriva. Iz tog razloga je za zonu čvrstog goriva na rešetki dovoljna znatno manja količina vazduha da bi se ostvarilo optimalno sagorevanje u toj zoni. Smanjenjem vazduha u zoni goriva na rešetki povećava se temperatura u toj zoni, čime se najznačajnije utiče na povećanje brzine sagorevanja. Volatilima koji su se u velikoj količini oslobodili iz goriva, a nisu sagoreli u neposrednoj blizini čvrstog goriva, mora se dovesti dopunski - sekundarni vazduh radi njihovog što potpunijeg sagorevanja. Odnos primarnog i sekundarnog vazduha umnogome zavisi od masenog odnosa volatili/Cfix. Za sagorevanje drveta taj odnos primarnog i sekundarnog vazduha se kreće oko 1/3 [6].

Najbolji efekat u dostizanju što većeg stepena sagorelosti isparljivih gorivih materija postiže se povećanjem temperature sagorevanja. Iz tog razloga je za što efikasnije sagorevanje volatila potrebno da u zoni u koju se dovodi sekundarni vazduh bude što viša temperatura. To se postiže time što se zidovi tog prostora izoluju, a razmenjivačke površine kotla se postavljaju izvan te zone (Slika 1b). Pored visoke temperature u toj zoni potrebno je omogućiti da gasovito gorivo (volatili) dovoljno dugo boravi u toj zoni. Na osnovu kinetike sagorevanja osnovnih komponenata volatila, pretpostavljene temperature, sadržaja volatila u gorivu i snage kotla odnosno protoka gasova, dimenzioniše se zona visoke temperature za sagorevanje volatila.

Pravilnim dimenzionisanjem ložišta, povoljinom raspodelom primarnog i sekundarnog vazduha, kontrolom ukupnog viška vazduha tokom sagorevanja moguće je dostići stepen sagorevanja od 90% za kotlove male snage [7].

Što se tiče štetnih gasova, za razliku od sagorevanja uglja, pri sagorevanju biomase u malim kotlovima generalno se ne javlja kao probem povećana emisija sumpornih i azotnih oksida. Sumpornih oksida nema pošto biomasa ne sadrži sumpor. Zbog relativno niskih temperatura sagorevanja, a takođe i zbog podstehiometrijskih uslova u pojedinim fazama sagorevanja kada dolazi do redukcije azotnih oksida nastalih od azota iz goriva. Pri sagorevanju biomase emisija azotnih oksida uglavnom je ispod dozvoljenih granica, [5,7].



Slika 1. Šematski prikaz toka goriva i gasova u različitim tipovima ložišta malih snaga.

## 5. ZAKLJUČAK

S obzirom na to da čvrsti deo biomase, odnosno koksni ostatak, sagoreva dovoljno efikasno posebnu pažnju potrebno je posvetiti sagorevanju isparljivih gorivih materija - volatila. Odgovarajućom konstrukcijom ložišta i kotlova malih snaga moguće je efikasno i ekološki prihvatljivo sagorevati biomasu. Neophodni uslovi za efikasno sagorvanje biomase su: dovoljno visoka temperatura za sagorevanje volatila ( $>750^{\circ}\text{C}$ ), dovoljno dugo vreme zadržavanja volatila u zoni visoke temperature, pravilna raspodela primarnog i sekundarnog vazduha i dobro mešanje vazduha i volatila.

Štetni proizvodi pri sagorevanju biomase su rezultat nepotpunog sagorevanja, a to su: ugljen-monoksid, gasoviti ugljovodonici i čađ. Najefikasniji način za eliminaciju ovih štetnih proizvoda sagorevanja biomase je omogućavanje što potpunijeg sagorevanja gorivih materija.

## LITERATURA

- [1] N. Ninić, S. Oka, S. Nikolić, M. Nikolić, J. Mičić, "Energetski potencijal biljnih ostataka u Srbiji", *Jugoslovensko društvo termičara*, Beograd 1994.
- [2] M. Ilić, D. Dakić, B. Grubor, A. Vušanović, "Ispitivanje karakteristika kotla KU-30 snage 30kW pri sagorevanju različitog sortimana lignita Kolubara", *Interni izveštaj Instituta "Vinča"*, NIV-ITE-133, 1998.
- [3] B. Grubor, S. Oka, M. Ilić, "Idejno-tehničko rešenje kotla sa fluidizovanim slojem na drveni otpadak", *Interni izveštaj Instituta "Vinča"*, IBK-ITE-700, 1988.
- [4] M. Ilić, B. Grubor, D. Dakić, S. Oka, "Merenje i analiza rada toplotnog agregata na oklasak kukuruza", *Interni izveštaj Instituta "Vinča"*, NIV-ITE-117, 1995.
- [5] J.Larfeldt, S. Andersson, B. Leckner, M.Axell, L.Gustvsson: "Emissions from commercial small-scale boilers fired with logs of wood - measurements and modelling of gas phase reactions", *Proceedings of 9th Biomass for Energy and Environment*, Copenhagen, 24-27 June 1996., pp.222-227.
- [6] M. Hellwig, "Basic of the Combustion of Wood and Straw", *Proceedings of 3rd Internatinal Conference "Energy from Biomass"*, Venice, Italy, 1985, pp.793-798.
- [7] H. Hofbauer, T. Schiffert, G. Baumgartner, "Wood stoves - Emission Reduction", *Proceedings of 9th Biomass for Energy and Environment*, Copenhagen, 24-27 June 1996., pp.1221-1226.

### CHARACTERISTIC OF SMALL BOILERS FOR COMBUSTION OF BIOMASS

#### ABSTRACT:

Content of volatiles in biomass is very high (can be over 80%). Heating value of volatiles is about in similar ratio to the total heating value of biomass. For that reasons

it is necessary that furnaces and boilers be adapted for efficient combustion of that type of fuels. Efficient combustion reduces emission and fuel consumption also. In small boilers (up to 300kW), which are dominantly used for domestic heating, must exists a zone with high temperature for volatile combustion. With the lack of high temperature zone, volatiles and carbon-monoxide can not be efficiently burnt.