

UTICAJ MIKROKLIMATSKIH I KLIMATSKIH USLOVA NA PROJEKTOVANJE KOTLOVNICE NA BIOMASU ZA ZAGREVANJA ZAŠTIĆENOG PROSTORA

MICROCLIMATIC AND CLIMATIC FACTORS INFLUENCE ON BOILER PLANT DESIGNING FOR GREENHOUSE HEATING

Dr Mirko BABIĆ, dr Ljiljana BABIĆ,
Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8,

REZIME

U radu je prikazana analiza uticaja tehnoloških parametara (zahtevane mikroklimе) zaštićenog prostora i klimatskih uslova njegove okoline na operativni režim rada kotlovnice. Analiza kotlovnice na biomasu je specifična sa aspekta potrebne fleksibilnosti. Poznato je da pri sagorevanju biomase poseban problem predstavlja teškoća promene toplotnog opterećenja. Kao rezultat analize u radu je dato tehničko rešenje koje zadovoljava zahteve zagrevanja zaštićenog prostora. Taj rezultat analize primenjen je na konkretnom slučaju zagrevanja zaštićenog prostora.

Ključne reči: biomasa, kotlovnica, zaštićeni prostor

SUMMARY

An analysis of the effect of technological parameters (required microclimate) of the greenhouse as well as climate conditions of its surrounding on the operation regime of the boiler plant. The analyze boiler plant using biomass is specific from the aspect of flexibility needed. It is known that at combustion of biomass a special problem presents the difficulty of changing thermal load. As the result of analysis a technical solution was given in the paper that satisfies requirements of heating the greenhouse. That result of analysis was applied in the particular solution of heating the greenhouse.

Key words: biomass, boiler plant, greenhouse

UVOD

Proizvodnja u zaštićenom prostoru je u Srbiji doživljavala velike uspone i padove. Očekivani porast standarda stanovništva je jedan od povoljnih uslova povećanja proizvodnje povrća i cveća. Međutim, imajući u vidu otvaranje tržišta, naročito u regionu (BJR Makednija, Bugarska i Bosna i Hercegovina) ekonomičnost proizvodnje će bitno zavistiti od potrošnje toplotne energije za zagrevanje. S obzirom na protokol iz Kjota (British BioGen, 2001), ali i na raspoložive energetske resurse u poljoprivrednim regionima Srbije potrebno je studiozno razmatranje korišćenja obnovljivih i alternativnih izvora energije. Analize raspoloživih energetske resursa i njihove cene ukazuju na potrebu korišćenja biomase i geotermalnih voda kao goriva u poljoprivredi. Ne treba gubiti iz vida ni činjenicu da su zaštićeni protori pasivni prijemnici Sunčeve energije. Primera radi daje se tabela stanja korišćenja biomase u Danskoj (tab. 1) koja prednjači u Evropi u pogledu primene slame kao energetskeg izvora. Danska agencija za energiju predviđa porast korišćenja biomase i to na 85 PJ u 2005. a potom 145 PJ u 2030.

Potencijali biomase u Srbiji su značajni (Nenić i sar, 1994). Ako se uzme u obzir činjenica da je moguće korišćenje 20-30% ukupne biomase kao energenta, tada se o biomasu mora govoriti kao o strateškom energentu. Geotermalna voda je, takođe, niskopotencijalni energetski izvor koji zasluđuje punu pažnju, s tim što se mora, konačno definisati njen strateški značaj i cena. Pored toga, ona kao energent ima ograničenje u pogledu lokaliteta primene – može se koristiti samo tamo gde je ima. Dakle, sve u svemu, biomasa ima najmanje ograničenja u pogledu obima, načina i lokaliteta korišćenja. Ipak, ona u sebi nosi izvesne specifičnosti, koje utiču na energetske tehničke sisteme.

Tabela 1: Korišćenje biomase u Danskoj u 2000. godini (Izvor: Danska agencija za energiju)

Table 1: Biomass utilization in Denmark in the 2000 (Source: Danish Energy Agency)

Energetski izvor Energy source	Količina energije Quantity of energy PJ (10 ¹⁸ J)
Slama - Straw	13,653
Drveni čips - Woodchips	2,742
Drvo za sagorevanje - Firewood	10,743
Pelete od drveta - Wood pellets	2,257
Šumski otpad - Wood waste	6,816
Biogas	2,912
Ukupno - Total	39,123

Kinetika sagorevanja biomase iz ratarstva je specifična (Babić, M i Babić Ljiljana, 1984). Burno i veoma izraženo nekontinualno sagorevanje uslovljava i specifičnosti konstrukcije postrojenja za sagorevanje. S obzirom na veoma izraženu neravnomernost potrebne količine toplotne energije za održavanje zadatih mikroklimatskih uslova u zaštićenom prostoru tokom dana u zimskom periodu, problem se usloznjava.

MATERIJAL

Problemi, koji uslovljavaju projektovanje postrojenja i način upravljanja proističu iz potrebe za ravnomernim temperaturskim poljem vazduha u zoni rasta biljaka i neravnomernosti toplotnog fluksa (prolaza toplote) kroz granice zaštićenog prostora.

Ravnomerno temperatursko polje vazduha u plasteniku ostvaruje se adekvatnim postavljanjem toplotnih izvora -

toplovodnih cevi ili lokalnih grejača vazduha (Babić, M., i Ljiljana Babić, 2002). Postavljanjem toplovodnih cevi “na” ili “u zemlju” ostvaruje se dobro temperatursko polje vazduha u zoni rasta biljke. To potvrđuju i američki izvori (tab. 2).

Tabela 2: Procena koeficijenta korisnog dejstva za nekoliko načina zagrevanja zaštićenog prostora (Runkel, 2001)

Table 2: Estimated efficiencies of several greenhouse heating systems (Runkel, 2001)

Sistem zagrevanja Heating system	Koeficijent korisnog dejstva (procena) Estimated efficiency
Izolovano podno grejanje Warm insulated floor	90%
Neizolovano podno grejanje Warm uninsulated floor	80%
Toplovodne cevi blizu poda Hot water pipes near floor	85%
Parne cevi blizu poda Steam pipes near floor	80%
Termogeni za vazduh Hot air heaters	60%

Postavljanjem nadzemnih cevi uz granice zaštićenog prostora obezbeđuje se poboljšanje ravnornosti temperature vazduha u horizontalnoj ravni. Potrebno je istaći i problem zadržavanja snega u blok plastenicima i staklenicima na prevojima između “lađa”. Dobro postavljena grejna tela omogućavaju smanjenje negativnih posledica ove pojave.

Toplota iz zaštićenog prostora odlazi u okolinu ili dospeva iz okoline u njega saglasno bilansnoj jednačini:

$$Q = Q_1 + Q_2 - Q_3 \pm Q_4 \quad (1)$$

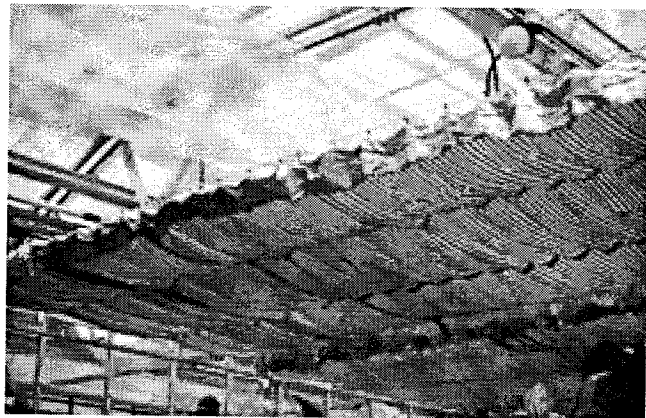
gde je:

- Q (kW) – količina toplote za zagrevanje,
- Q_1 (kW) – količina toplote koja prolazi kroz nadzemne granice zaštićenog prostora,
- Q_2 (kW) – količina toplote koja se razmeni ventilacijom,
- Q_3 (kW) – količina toplote dozračena od Sunca i
- Q_4 (kW) – količina toplote koja prolazi kroz zemlju.

Ova jednačina ukazuje na složenost razmene toplote. Pored toga, tokom dana, pojedine količine toplote iz jednačine (j.1) veoma se značajno menjaju. Tokom noći i u ranim jutarnjim satima, količina toplote Q biće najveća, dok se tokom dana može desiti da postoji veći dotok toplote u zaštićeni prostor Q_2 od ostalih protoka pa je potrebno ventilisati ili zasenjivati prostor, kako nebi došlo do prekomernog povišenja temperature vazduha. Dakle, tokom 24 sata potrebna količina toplote Q može varirati od nule do neke određene vrednosti. U Srbiji ne postoji praksa postavljanja mobilne toplotne izolacije koja sprečava prolaz toplote iz zaštićenog prostora noću, kada nema dozračivanja Sunčeve energije. Latimer (2001) navodi veoma velike uštede potrošnje toplotne energije primenom mobilne toplotne izolacije (sl. 1). Primena ove tehnike je značajna u domenu smanjenja potrošnje goriva, ali i u domenu smanjenja troškova investicije, ako se zna da je cena kotlovnice zavisna od njene veličine.

Dobar projekt i adekvatno upravljanje kotlovnicom može obezbediti zahtevanu promeljivost predaje toplote zaštićenom prostoru.

Neravnornost potrebne količine toplote tokom sezone izaziva potrebu fleksibilnosti kotlovnice u smislu postizavanja nominalnih toplotnih učinaka pojedinačnih kotlova.



Sl. 1. Primena mobilne toplotne izolacije u zaštićenom prostoru (Latimer, 2001)

Fig. 1. Application of mobile thermal insulation in the greenhouse (Latimer, 2001)

Kada se koristi toplotni izvor zasnovan na sagorevanju biomase treba imati na umu, već pomenutu, nekontinualnost sagorevanja biomase. Ovaj problem uslovljava specifično rešavanje regulisanja opterećenja termoenergetskog sistema. Neki konstruktori još uvek pokušavaju da promenom dodavanja vazduha u ložište reše problem promene termičkog opterećenja. Međutim, odavno je poznato da se u slučaju sagorevanja biomase, uglavnom koriste dva principa regulisanja promene opterećenja. Prvi princip zasnovan je na promeni količine goriva koje se dozira u ložište, a drugi princip zasnovan je na akumulaciji viška energije u odnosu na trenutne potrebe. U domaćim uslovima loženja biomase postoji i jedno i drugo iskustvo. Prvi princip primenjen je na vodogrejnim kotlovima sa automatskim dodavanjem bala slame (200 i 400 kW) i na svim većim ložištima (preko 1000 MW). Drugi princip je veoma rasprostranjen na takozvanim malim i srednjim kotlovima (do 500 kW). U ovom slučaju kotao, uglavnom “radi” na nominalnom opterećenju (visok stepen korisnog dejstva) dok se ne akumuliraju dovoljna količina energije. Akumulacija energije se obavlja zagrevanjem proračunate količine vode do maksimalne temperature (na primer, u slučaju toplovodnog sistema 90/70°C ta temperatura iznosi do 90°C). Ako je dnevna potreba za količinom toplotne energije manja ta temperatura može biti i niža.

DISKUSIJA

Pri projektovanju sistema zagrevanja zaštićenog prostora, treba imati na umu sve prethodno navedene činjenice, kako bi se postigao optimalan ili povoljan režim sa aspekta kriterijuma najveće energetske efikasnosti, odnosno ekonomičnosti.

Dobro projektovanje podrazumeva sveobuhvatnu analizu i aktivnost projektanta u pravcu komponovanja fleksibilne kotlovnice, koja će odgovoriti na zahteve promeljivog toplotnog opterećenja tokom dana i na promenjive potrebe za toplotnom energijom tokom sezone. Energetski izvor (gorivo) mora biti odabrano tako da obezbedi proizvodnju koja će se valorizovati na tržištu. Dakle, to mora biti energetski izvor niske cene. Sa druge strane, projektant mora da se bavi tehničkim i konstrukcionim problemima smanjenja potrošnje energije. Na kraju, mora se veoma dobro projektovati raspored grejnih tela, kako bi se obezbedilo ravnornom temperatursko polje vazduha u zaštićenom prostoru, u zoni razvoja biljaka.

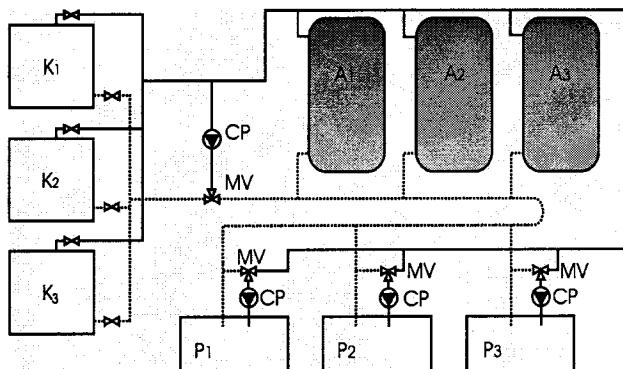
Vrsta goriva

Na primeru modelovanja proizvodnje u plasteniku u “Dijamant agraru” u Zrenjaninu (Babić, 2002), predviđena je kotlovnica na biomasu. Polazeći od raspoloživih sopstvenih resursa biomase zaključeno je da je najpovoljnija slama soje

uz, eventualno korišćenje slame strnih žita, što će zavisiti od drugih potreba za slamom u okviru preduzeća. Za modelovanu proizvodnju (toploljubive kulture-hladnoljubive kulture-toploljubive kulture) potrebno je godišnje oko 25.000 GJ toplotne energije, što se može prikupiti sa oko 750 ha (Babić, 2002). Ova količina može biti smanjena primenom mobilne toplotne izolacije za oko 30%.

Fleksibilnost kotlovnice

Osnovna fleksibilnost kotlovnice obezbeđuje se ugradnjom tri kotla sa po 520 kW toplotnog učinka. Ponekad će tokom sezone raditi jedan, ponekad dva, a u najhladnijim danima (sa najvećim zahtevom za Δt) radiće tri kotla. Na ovaj način obezbediće se povoljno eksploatisanje kotlova sa aspekta koeficijenta korisnog dejstva, a samim tim ekonomičnija proizvodnja. Time je postignuta fleksibilnost sistema u toku sezone. Kada je reč o zahtevu za fleksibilnost termoenergetskog sistema u toku dana (toplotno opterećenje od nule do maksimalnog za taj dan) predviđa se akumulisanje energije u toplotno izolovanim rezervoarima sa vodom (akumulatori energije). Izbor veličine rezervoara za akumulisanje toplotne energije zavisi od zahteva za potrebnom diskontinualnošću rada kotlovnice, odnosno planiranim dnevnim opsluživanjem kotlovnice. Sa druge strane povećani broj kotlova smanjuje potrebno akumulisanje toplotne energije. Za obezbeđivanje petočasnog rada u kritičnom opterećenju potrebno je akumulirati oko 9 GJ energije što se postiže sa tri rezervoara za toplu vodu od po 20 m³. U skladu sa osnovnim zaključcima prethodne analize predlaže se kotlovnica, čija opšta šema ima izgled prikazan na slici (sl. 2).



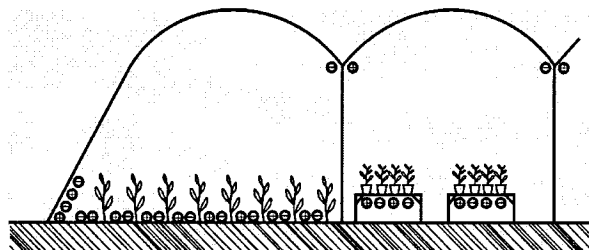
Sl. 2 Opšta šema kotlovnice (K – kotao, CP – cirkulaciona pumpa, A – akumulator toplote, MV – mešni ventil, P – plastenik)

Fig. 2 General scheme of boiler room (K – boiler, CP – circulation pump, A – energy accumulator, MV – mixed valve, P – greenhouse)

Grejni sistem

U zaštićene prostore treba da pristiže energija nižeg nivoa (fluidi nižih temperatura) kako bi se sprečili termički šokovi delova ili celih biljaka, ali i kako bi se obezbedilo što ravnomernije temperaturno polje vazduha u plasteniku. Zbog ove konstatacije predlaže se toplovodni grejni sistem 90/70°C. Analiza prirodnog strujanja vazduha u zaštićenom prostoru (Babić, 2002) ukazuje na potrebu kombinovanja postavljanja toplovodnih cevi iznad zemlje, uz ivice zaštićenog prostora i u zemlju u zoni rasta biljaka. Zbog tehničkih, ekonomskih i praktičnih razloga predlaže se plastične toplovodne cevi (tvrda plastika – "okiten"). Ove cevi će biti neposredni predajnici toplote vazduhu i zemljištu u zaštićenom prostoru. Kako bi se obezbedila jednostavna mogućnost uklanjanja i ponovnog postavljanja plastičnih cevi one će se postaviti na zemlji između redova biljaka koje se uzgajaju ili ispod stolova na kojima je saksijaska ili neka druga slična proizvodnja. Ovakav način postavljanja zadržava prednosti kombinovanog rasporeda toplovodnih cevi (Babić, 2002). Opšti prikaz postavljanja toplovodnih cevi dat je na slici (sl. 3). Na slici se

uočava i rešenje ugradnje cevi za otapanje nakupljenog snega na prevoju lađa. Ove cevi se separatno mogu uključiti ili isključiti u cirkulaciju tople vode po potrebi.



Sl. 3 Raspored grejnih cevi u zaštićenom prostoru

Fig 3 Arrange of heating tube in greenhouse

Treba naglasiti da je predviđen otvoreni ekspanzioni sistem u cilju sprečavanja pojave viših pritisaka zbog korišćenja plastičnih cevi, koje su deklarirane za pritiske fluida od $p = 3,2$ bar. Glavni polazni i povratni vodovi izrađeni su od adekvatnih čeličnih cevi koje su termički izolovane do njihovog ulaska u plastenik.

ZAKLJUČAK

Pri projektovanju termoenergetskog sistema za zagrevanje zaštićenog prostora neophodno je, pored ostalog povesti računa o sledećem:

Izbor energetskog izvora je od veoma velike važnosti za profitabilnu proizvodnju. U primeru, koji je delimično analiziran u ovom radu, izabrana je biomasa iz poljoprivrede kao energent koji obezbeđuje ekonomičnost proizvodnje.

Potrebno je projektovati kotlovnice sa nekoliko manjih kotlovskih jedinica, čime se obezbeđuje fleksibilnost kotlovnice tokom sezone.

Radi omogućavanja rada kotlova na najvišem stepenu korisnog dejstva predlaže se ugradnja akumulatora toplote, koji treba da eliminišu neusaglašenost generisanja toplotne energije i trenutnih potreba za toplotnom energijom tokom dana.

Raspored toplovodnih (grejnih) cevi treba da obezbedi ravnomerno temperaturno polje vazduha u zaštićenom prostoru. U radu je dat primer kombinovanja postavljanja cevi nadzemno uz spoljne granice zaštićenog prostora i na zemlju, između biljaka. U slučaju proizvodnje na stolovima grejne cevi se postavljaju neposredno ispod stola. Na prevojima lađa blok plastenika, postavljaju se posebne grejne ceni koje se po potrebi uključuju radi otapanja nakupljenog snega.

Predlaže se otvoreni ekspanzioni sistem celokupnog termoenergetskog sistema.

LITERATURA

- [1] Babić, Ljiljana, Babić, M: Objedinjavanje relevantnih faktora na energetski bilans zaštićenog prostora zagrevanog niskopotencijalnim radnim fluidom, 5. Jugoslovensko savetovanje Pla – Sta 84, zbornik radova, 1984. s.140-147.
- [2] Babić, M., Babić, Ljiljana: Prilog proučavanju diskontinualnih procesa sagorevanja periodičnog karaktera, Savremena poljoprivredna tehnika, 9(1983)1-2, s.35-40
- [3] Babić, M., Babić Ljiljana: Energetski bilans zaštićenog prostora na bazi zagrevanja biomasom, PTEP - časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, 6(2002)1-2, s.8-10
- [4] Babić, M. Babić, Ljiljana: Energetske pretpostavke povećanja proizvodnje u zaštićenom prostoru individualnog sektora. 5. Jugoslovensko savetovanje Pla – Sta 84, zbornik radova, s. 148-155.
- [5] Babić, M. i sar.: Stanje i mogućnosti korišćenja biomase kao goriva u poljoprivredi, Savremena poljoprivredna tehnika, XX(1994)4, s. 171-178.

- [6] Babić, M., i sar: Pravci razvoja procesne tehnike i energetike Jugoslavije, TOSS 06 Jugoslovensko društvo za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, Novi Sad, 1996. s.15.
- [7] Babić, M. i sar: Program korišćenja biomase kao goriva u Vojvodini, PTEP-časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi, Novi Sad. V(2001)3, s.57-61.
- [8] Fowler, P. A. et al.: Comparison of energy needed to heat and insulated frame buildings used in agriculture, University of Florida, Cooperative Extension service, 1997. CIR 1198, 4.
- [9] Latimer, J. G.: Dealing with the High Cost of energy for greenhouse operations, Virginia cooperative extension, publication 8.2001, p. 430-101
- [10] Nenić, N. i sar: Energetski potencijal biljnih ostataka u Srbiji. Jugoslovensko društvo termičara, Beograd, 1994. s.55.
- [11] Runkel, E.: Michigan State University Greenhouse Alert, Issue 1, Jan. 16, 2001.
- [12] British BioGen: Changing Priorities in Energy Markets. British BioGen - Trade Association to the UK Bioenergy Industry, 2001. www.britishbiogen.co.uk

NAPOMENA: Ovaj rad je deo istraživanja na projektu "Revitalizacija proizvodnje u zaštićenom prostoru korišćenjem alternativnih izvora energije" (2002-2004), koje finasira Ministarstvo za nauku, tehnologije i razvoj Republike Srbije.
Priljeno: 13.9..2002. Prihvaćeno: 16.9.2002

Biblid: 1450-5029 (2002) 6; 3-4, p. 83-87

UDK: 633.11:662.636:531.3

Orgalni naučni rad
Original scientific paper

KINETIKA SAGOREVANJA BALIRANE PŠENIČNE SLAME

KINETICS OF COMBUSTION OF WHEAT STRAW BALES

Dr Todor JANIĆ
Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Trg D. Obradovića 8

REZIME

Ovaj rad predstavlja integralni deo teorijskih i eksperimentalnih istraživanja u cilju iznalaženja matematičkog modela, koji bi na zadovoljavajući način predstavio kinetiku procesa sagorevanja bala pšenične slame na ravnoj horizontalnoj rešetki. Za merodavne faktore na osnovu kojih je istraživanje vršeno usvojeno je: sabijenost bala pšenične slame i količina vazduha u procesu sagorevanja (koeficijent viška vazduha). Analiza rezultata istraživanja potvrdila je polazne hipoteze koje su predstavljene odgovarajućim matematičkim modelima (u analitičkom i grafičkom obliku).

Ključne reči: pšenična slama, sagorevanje, eksperiment, kinetika sagorevanja, matematički model

SUMMARY

The paper presents an integral part of theoretical and experimental studies aiming to find out mathematical model that would present in a satisfactory way kinetics of the combustion process of wheat straw bales on the level horizontal lattice. For the authoritative factors, on the basis of which the study was carried out, were accepted the compression of wheat straw bales and the amount of air in the combustion process (coefficient of the air surplus). The analyses of the results of study confirmed the initial hypotheses which were presented by the respective mathematics models (in analytical and graphic form).

Key words: wheat straw, combustion, experiment, kinetics of combustion, mathematics model

UVOD

Pošto se smatra da je globalna energetska kriza (usled neizbežne iscrpljivosti konvencionalnih izvora energije) relativno blizu, pored eksploatacije tkz. konvencionalnih energenata traže se načini za korišćenje i drugih vidova izvora energije. U tu svrhu bi se mogla u većoj meri upotrebiti i biomasa, tj. sporedni poljoprivredni proizvodi. Takav način korišćenja biomase je vezan za mnoge probleme i nepoznanice. Počev od: dela biomase koji se može upotrebiti kao biogorivo; mesta, načina i podsticajnih mera takvog korišćenja biomase; izbora adekvatnih tehničko-tehnoloških rešenja postrojenja koja će se u tu svrhu koristiti; efekata koji će se pri tome javiti; moralnog i etičkog opravdanja takvog korišćenja biomase u trenutku kada više od polovine svetske populacije ne može normalno da zadovolji svoje potrebe za hranom i drugo.

Iako je u svetu u usponu primena termohemijskih procesa pirolize i gasifikacije kod pretvaranja biomase u energiju u Jugoslaviji su još uvek najrasprostranjeniji procesi sagorevanja biomase na nepokretnoj rešetki. Ova postrojenja za sagorevanje su najjeftinija, jednostavna su za izgradnju i korišćenje i što je veoma važno u njima se mogu sagorevati većina biogoriva koja se javljaju u procesima poljoprivredne proizvodnje.

Ocenjujući prilike u našoj zemlji, napred navedeno se najviše odnosi na sagorevanje balirane pšenične slame na ravnoj nepokretnoj rešetki.

U ovoj oblasti (sagorevanja biomase) su i do sada vršena razna ispitivanja, ali ni izbliza kao kod sagorevanja fosilnih goriva. Problematika u vezi sagorevanja navedenih goriva je slična, ali se pri tome moraju uvažavati i neke specifičnosti koje, pre svega, proizilaze iz termo-fizičkih osobina korišćenih biogoriva. Zbog toga je prvenstveno bilo potrebno da se u tom pogledu definiše biogorivo, da bi se posle toga moglo istraživati i u oblasti sagorevanja i uređaja za sagorevanje. Iako postoji mogućnost teorijskog istraživanja procesa sagorevanja biogoriva mnogo je češće primenjivan metod eksperimentalnog istraživanja.

Tako je i cilj ovog rada bio da se eksperimentalnim istraživanjima pokuša da se u što većoj meri definišu uticaji određenih faktora na proces (kinetiku) sagorevanja balirane pšenične slame. Ideja je bila da se prilikom ispitivanja u potpunosti simuliraju eksploatacioni uslovi sagorevanja, što se prema dostupnoj literaturi do sada nije radilo kako kod nas, tako ni u svetu.

O doprinosu rezultata rada u praksi teško je govoriti, ali je želja bila da se poznavanjem kinetike sagorevanja dođe do većih učinaka u korišćenju procesa sagorevanja biogoriva, jeftinijih konstrukcionih rešenja postrojenja za njihovo sagorevanje, smanjenja potrebnog rada za opsluživanje tih