

# KOTAO ZA ZAGREVANJE FARME SVINJA I SPALJIVANJE UGINULIH ŽIVOTINJA KORIŠĆENJEM BIOMASE I GASA

*Miladin Brkić<sup>1</sup>, Todor Janić<sup>1</sup>, Stojan Galić<sup>2</sup>*

## **SAŽETAK:**

U radu je obrađen vrelovodni (toplovodni) kotao termičke snage 750 kW za zagrevanje farme svinja sagorevanjem biomase, čije je ložište prilagođeno za spaljivanje uginulih životinja i konfiskata korišćenjem naftnog tečnog gasa kao dopunskog goriva. Biomasa koja se koristi kao biogorivo za pogon kotla je sojina ili pšenična slama. Upotrebom slame kao obnovljivog i alternativnog goriva postižu se značajne uštede konvencionalnog goriva (tečnog gasa i električne energije), koje se sada troši za zagrevanje Farme svinja “Mitrosrem” u Velikim Radincima kod Sremske Mitrovice. Proizvodni kapacitet farme je 15.000 tovljenika godišnje. Godišnji utrošak sojine slame je 1.700 t (ili pšenične 1.970 t), sa površine od 565 ha (odnosno 660 ha). Troškovi prikupljanja, transporta i skladištenja slame su oko 1,3 din/kg (ili 1.6 eurocents/kg).

**Ključne reči:** *kotao, ložište na biomasu, zagrevanje farme, spaljivanje uginulih životinja i konfiskata*

## **1. UVOD**

U blizini Farme svinja Veliki Radinci nalazi se 5.000 ha oraničnih površina PD “Mitrosrema” iz Sremske Mitrovice. Na ovim površinama seju se pšenica, kukuruz, soja i druge kulture. Posle ubiranja zrnastih proizvoda na poljima ostaju velike količine biljnih ostataka (biomase). Poljoprivredno dobro odlučilo je da

---

<sup>1</sup> Dr Miladin Brkić, red. prof., dr Todor Janić, doc., Poljoprivredni fakultet, 21000 Novi Sad, Trg D. Obradovića 8, e-mail: mbrki@polj.ns.ac.yu i jtodor@polj.ns.ac.yu

<sup>2</sup> Stojan Galić, dipl.inž. maš, PP “Nigal”, 21000 Novi Sad, Kisačka 3, e-mail: nigal@EUnet.yu

koristi biomasu kao biogorivo za zagrevanje farme svinja u Velikim Radincima, godišnjeg kapaciteta 15.000 tovljenika.

Prinos pšenične slame može da bude od 2 do 5 t/ha, kukuruzne stabljike 4 do 7 t/ha i soje 3 do 5 t/ha. Za proračun potrebne biljne mase (biomase) za proizvodnju toplotne energije usvojene su sledeće vrednosti prinosa: pšenične slame 3,0 t/ha, sojine slame 3,5 t/ha i kukuruzovine 5,0 t/ha.

Toplotna vrednost pšenične slame može da bude 13 do 14 MJ/kg, sojine 15 do 16 MJ/kg i kukuruzovine 13 do 14 MJ/kg. Za proračun, usvojene su donje vrednosti, zbog mogućeg povećanog sadržaja vlage pri ubiranju ili prikupljanju biljne mase.

Ako se uzme da je u zimskom periodu do 6 meseci potrebno obezbediti prosečnu toplotnu snagu kotla od 750 kW za grejanje farme svinja (za uzgoj prasadi  $2 \times 160 = 320$  kW, za reprocentar 190 kW, za ventilaciju tovilista 90 kW, za klanicu 100 kW i upravnu zgradu 50 kW), a leti 300 kW, onda se može izračunati potrebna količina biljne mase. Godišnja potrošnja slame je 1.968 t pšenične slame ili kukuruzovine, odnosno 1.691 t sojine slame.

## **2. TOPLOVODNI (VRELOVODNI) KOTAO TERMIČKE SNAGE 750 kW NA BIOMASU**

Projektovanje, izgradnja i montaža kotlarnica na biomasu ima svojih specifičnosti koje uslovljavaju posebnu konstrukciju ložišta, dimnjače, taložne komore i dimnjaka. Ložište ovog kotla zidano je šamotnom opekam u šamotnom malteru i pojedini delovi ložišta su izrađeni od vatrostalnog betona. Ukupna masa šamotnog materijala i betona je 30 t.

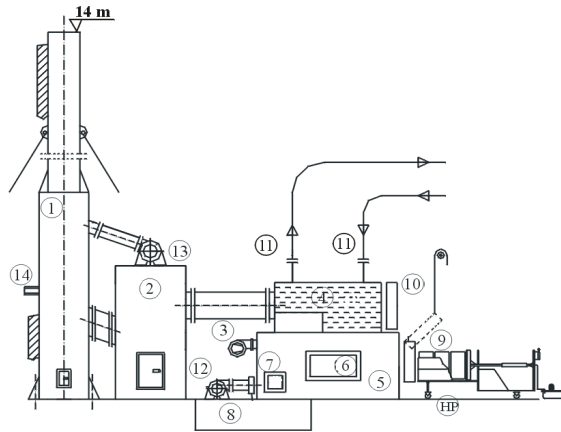
Gorivo balirana slama, šest do deset bala, potiskuje se do ložišta kotla (sl. 1. poz 5). Otvaraju se vrata na ložištu (9) i kroz njih se ubacuje gorivo. Otvaranjem vrata prestaje da radi ventilator (12). Zatvaranjem vrata ventilator se uključuje.

Temperatura na kojoj optimalno sagoreva balirana slama održava se velikom masom šamota. Vrlo visoka temperatura (preko 1200°C) na kojoj potpuno može da sagoreva konfiskat i uginule životinje postiže se gorionikom za TNG. Snaga gorionika dobija se iz uslova najveće količine ubačenog konfiskata u ložište.

## **3. MATERIJAL I METOD RADA**

Metodologija ispitivanja je prilagođena postupku prema JUS M.E2. 203 [1] koji je baziran na DIN 1942 [3], a iz iste metodologije je izveden i ISO R889 [2]. Proračunske osnove preuzete su iz [5], a termofizičke karakteristike vode i pare. [4].

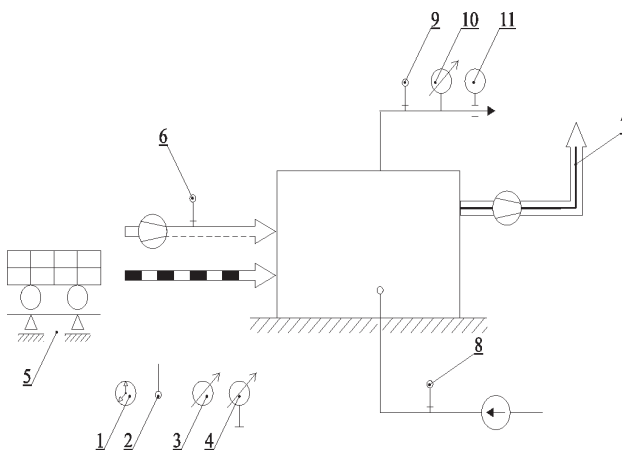
Ispitivanja su obavljena krajem marta 2005. godine. Merenja su vršena sa instrumentima (temperature vode u povratu i potisu, kolska vaga) i delom prema



Slika 1: Toplovodni kotao na biomasi (uginule životinje i konfiskate)

(1 - čelični dimnjak H = 14 m, 2 - taložna komora, 3 - gorionik, 4 - razmenjivač voda - produkti sagorevanja, 5 - šamotno ložište 30 t, 6 - vrata za ubacivanje konfiskata i uginulih životinja, 7 - vrata za pepeo, 8 - vrata za primarni vazduh, 9 - vrata za ubacivanje biogoriva, 10 - vrata za čišćenje cevi razmenjivača, 11 - polaz i povrat vode, 12 - ventilator primarnog vazduha, 13 - ventilator produkata sagorevanja, 14 - otvor za merenje gasova, HP - hidraulični potiskivač bala slame).

baždarenoj opremi Instituta za termotehniku FTN iz Novog Sada (analiza sastava dimnih gasova, temperatura izlaznih gasova iz kotla, protok tople vode i dr.). Stanje okoline je, takođe, mereno instrumentima Instituta za termotehniku. Shema mernih mesta sa oznakama data je na slici 2.



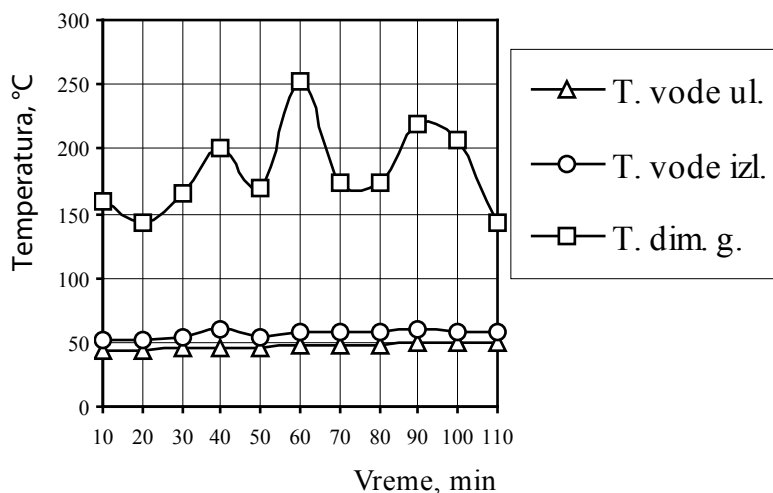
Slika 2: Shema mernih mesta

(1 - vreme, 2 - temperatura spoljnog vazduha, 3 - barometarsko stanje, 4 - relativna vlažnost vazduha, 5 - masa slame, 6 - temperatura ulaznog vazduha, 7 - analiza gasova na izlazu iz kotla, 8 - temperatura vode na ulazu u kotao, 9 - temperatura vode na izlazu iz kotla, 10 - pritisak u kotlu, 11 - protok vode kroz kotao, 6 - temperatura ulaznog vazduha)

Neposredno pre početka ispitivanja kotao je bio u pogonu bez promene opterećenja nekoliko sati. Efektivno ispitivanje je u kontinuitetu trajalo 110 minuta. Sagorevana je isključivo pšenična slama. Maksimalno postignuti intenzitet ubacivanja goriva u ložište je iznosio 6 bala na oko 25 min. (maksimalna brzina sagorevanja).

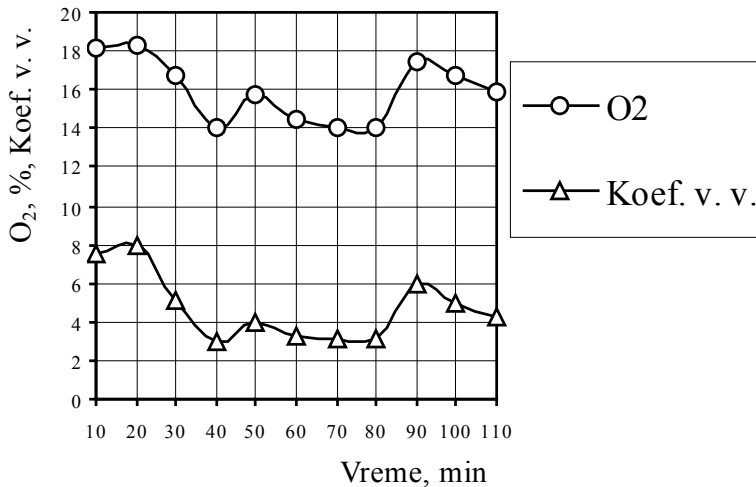
#### 4. REZULTATI ISPITIVANJA I DISKUSIJA

Na slici 3 dat je dijagram promene temperatura ulazne i izlazne vode kotla u toku ispitivanja. Razlika ovih temperatura se kretala u intervalu od 10 do 13 °C u zavisnosti od trenutnog toplotnog opterećenja kotla. Ove razlike u temperaturama vode bi trebale iznositi oko 20 °C prema projektnom maksimalnom opterećenju kotla od 750 kW. Na istom dijagramu prikazan i tok temperatura dimnih gasova u dimnjači na izlazu iz kotla. Srednja vrednost je iznosila 183 °C, što pri preliminarnoj oceni odaje utisak povoljne efikasnosti kotla. Za konačnu analizu potrebno je, međutim, da se uzmu u obzir i sadržaji viška vazduha u dimnim gasovima.



Slika 3: Temperatura ulazne i izlazne vode i temperatura dimnih gasova u toku ispitivanja

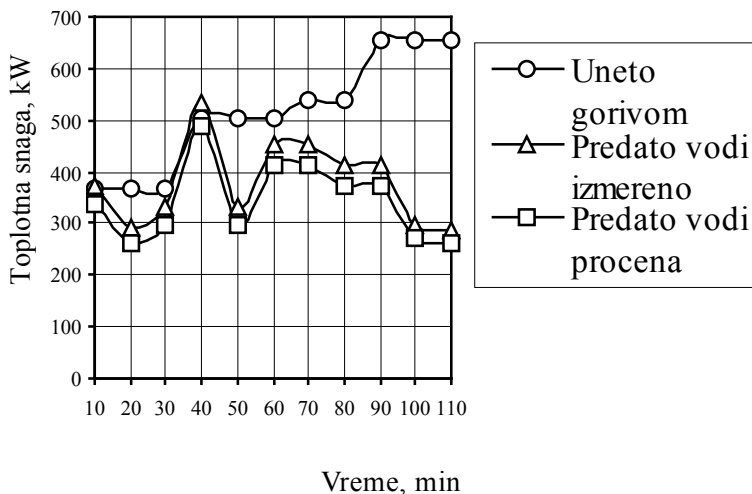
Na slici 4 dato je kretanje sadržaja kiseonika u toku ispitivanja. Nažalost, ovi podaci govore o prevelikim viškovima vazduha i sa tim u vezi povećanim toplotnim gubicima sa izlaznim gasovima i nižom efikasnošću rada kotla. Veliki višak vazduha u produktima utiče na snižavanje temperature dimnih gasova.



Slika 4: Sadržaj kiseonika u izlaznim dimnim gasovima i koeficijent viška vazduha

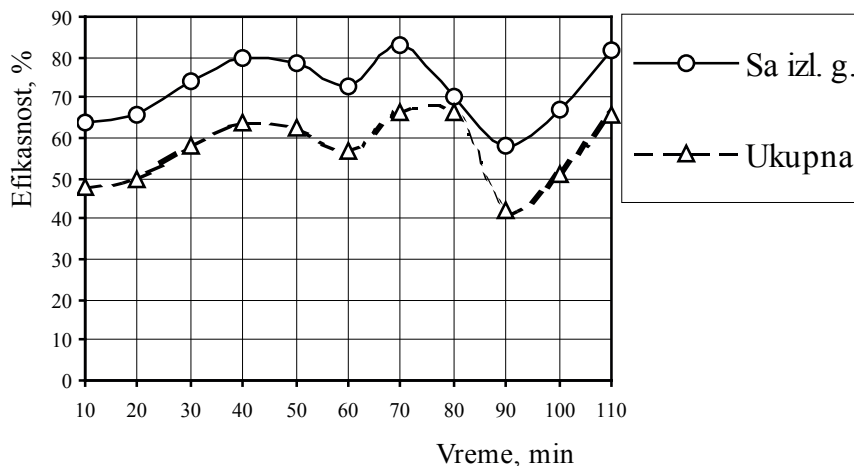
U ukupnom intervalu ispitivanja od 110 min sagorele su 24 bale pšenične slame ukupne mase od 231 kg. Na osnovu vlažnosti slame koja je određena u laboratoriji od 12,5% izračunata je donja toplotna moć radnog goriva od 14130 kJ/kg.

Na slici 5. prikazano je realizovano toplotno opterećenje kotla na osnovu sagorelog goriva tokom vremena. Prosečno toplotno opterećenje kotla, računato preko utrošenog goriva, iznosi 499 kW.



Slika 5: Toplotna snaga uneta u kotao gorivom i izneta zagrejanom vodom

Na slici 6. prikazane su vrednosti efikasnosti rada kotla obračunate po indirektnoj metodi za slučaj kada se uzima u obzir samo gubitak toplote sa izlaznim gasovima i za slučaj kada su uzeti u obzir svi gubici prema [1].



Slika 6: Efikasnost rada kotla (stepen termičke korisnosti)

Protok vode u grejnom sistemu iznosio je:  $D = Q/\Delta t = 750 / (20 \times 4,2) = 8,929$  kg/s.

Pošto se pri ispitivanjima nije moglo izvršiti realno merenje gubitaka sa hemijski nepotpunim sagorevanjem ( $q_3$ ), kao ni merenje gubitaka usled mehanički nesagorelog goriva ( $q_4$ ), ove vrednosti su procenjene prema literaturnim preporukama [1, 5] ( $q_3 = 1,0\%$ ,  $q_4 = 3,0\%$ ). Ako se dosledno primenu preporuke [1], za opterećenje kotla od približno 50% od maksimalnog, dobija se vrednost ovih gubitaka od  $q_5 = 4,5\%$ . Prosek efikasnosti iskorišćenja goriva u toku ispitivanja ako se ne obuhvataju gubici  $q_3$ ,  $q_4$  i  $q_5$  iznosi 72,4%, a kada se i oni uzmu u račun tada je efikasnost 66,4%.

## 5. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata ispitivanja i diskusije može da se sledeće zaključiti:

- Maksimalna izlazna snaga kotla prema projektnom protoku vode je iznosila 402 kW, dok je prema zbiru protoka izmerenih u pojedinim granama razvodne mreže na farmi iznosila 436 kW. Realna vrednost maksimalne snage kotla iznosi manje za 66,4% od deklarisanе (750 kW).

- Usled potrebe manualnih intervencija (žaranje vatre) višak vazduha u dimnim gasovima je prevelik ( $\lambda = 5$ ), što je uzrok prevelikog gubitka sa izlaznim gasovima (>27%).

– Posebnom konstrukcijom šamotnog ložišta uz dodatno korišćenje TN gasa stvoreni su uslovi za bezbedno spaljivanje konfiskata i uginulih životinja, što je veliki problem, naročito kada farmu zahvati bolest pa su uginuća veća. Spaljivanjem uginulih životinja i konfiskata eliminiše se zakopavanje (što je inače zabranjeno novim evropskim propisima) i ne zagađuje se životna sredina.

## 6. LITERATURA

- [1]. JUS M.E2 203/1980 Kotlovska postrojenja, Termotehnička ispitivanja, Pravilnik br. 31-11074/1 OD 1980-065-25; Službeni list SFRJ, br.42/80.
- [2]. ISO: Recommendation R 889, Test Code for Stationary Steam Generators of the Power Station Type, 1968.
- [3]. DIN 1942: Abnahmeversuche an Dampferzeugern (VDI-Dampferzeuger-regeln), 1979.
- [4]. Kozić, Đ., Bekavac, V., Vasiljević, B.: Priručnik za termodinamiku. Mašinski fakultet, Beograd, 1973.
- [5]. Brkić, Lj., Živanović, T.: Termički proračun kotlova. Mašinski fakultet, Beograd, 1981.
- [6]. Galić, S., Brkić, M., Tojagić, S.: Kotao za zagrevanje farme svinja i spaljivanje uginulih životinja i konfiskata na biomasu i gas. Revija agronomska saznanja (KGHv '05), JNDPT, Novi Sad, br.3 (XV), 2005.

NAPOMENA: Rad je deo istraživanja na projektu »Razvoj i osvajanje kotla sa loženjem na biomasu za zagrevanje stočarske farme i spaljivanje uginulih životinja i konfiskata« (br. I.EE. 608-1025), kojeg finansira Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije.

## BOILER FOR PIG FARM HEATING AND BURNING DEAD ANIMALS BY USING BIOMASS AND GAS

### ABSTRACT:

The paper describes a warm-watered boiler with thermal power of 750 kW for heating a pig farm by combustion biomass with the firebox (burning chamber) adapted for burning dead animals and animal waste using liquefied gas as additional fuel. Biomass which is used as biofuel for the boiler is wheat and soybean straw. By using straw as renewable and alternative fuel significant amount of conventional fuel is saved (liquefied gas and electric energy) which is now used for heating the pig farm in Veliki Radinci near Sremska Mitrovica. Producing capacity of farm is 15,000 fattening pigs per

**year. Yearly consumption of soybean straw is 1,700 t (or wheat straw 1,970 t), at surface of 565 ha (in regard to 660 ha). The necessary amounts of straw, the way of gathering, transporting, storage and dosing into the boiler firebox are set. The expenses of gathering, transporting and storage are about 1.3 din/kg (or 1.6 eurocents/kg).**