



UDK: 536.7; 628.4.042; 621.43.068; 581.5

ENERGETSKA EFIKASNOST I EMISIJA GASOVA TERMIČKIH POSTROJENJA NA BIOMASU

Miladin Brkić¹, Milan Martinov²

¹ Poljoprivredni fakultet, Departman za polj. tehniku - Novi Sad

² Fakultet tehničkih nauka, Institut za mehanizaciju - Novi Sad
mbrkic@polj.ns.ac.yu, mmartog@uns.ns.ac.yu

Sadržaj: Korišćenje biljnih ostataka kao goriva ima dugu tradiciju u Vojvodini, kao poljoprivrednoj oblasti u Panonskoj niziji. Mnogobrojna termička postrojenja na biomasu bila su izgrađena za vreme osamdesetih godina - između ostalih mala postrojenja za zagrevanje domaćinstava, sa termičkom snagom od 5 do 100 kW, postrojenja srednje veličine za farme i plastenike, sa termičkom snagom od 100 do 1000 kW i velika postrojenja za procesiranje proizvoda u poljoprivrednoj industriji, sa termičkom snagom većom od 1000 kW. Stepenergetske efikasnosti i emisija gasova zagađivača bila je merena samo u nekoliko slučajeva. Nizak stepenergetske efikasnosti i visoka emisija gasova zagađivača utiču na troškove eksploatacije i na zaštitu okoline. Razlog tome je nedostatak nacionalnih propisa u ovoj oblasti i visoki troškovi sprovođenja merenja termičkih postrojenja.

Ključne reči: biomasa, energetska efikasnost, emisija, zakonski propisi.

UVOD

Intenzivno korišćenje biomase u provinciji Vojvodina, kao alternativne vrste goriva, počelo je 1981. god. U to vreme prva termička postrojenja bila su iz uvoza. Sredinom osamdesetih projektovana su i izgrađena prva domaća rešenja termičkih postrojenja za sagorevanje slame, oklaska kukuruza, ljuške suncokreta i otpadaka od zrna žitarica. U primeni su dva osnovna tipa termičkih postrojenja: sa šaržnim i kontinualnim hranjenjem ložišta. Hranjenje ložišta može biti ručno, mehanizovano i automatski. Merenja su pokazala da većina termičkih postrojenja ima nisku energetske efikasnost. Niska energetska efikasnost je signal za visoku emisiju gasova zagađivača. To prouzrokuje finansijske gubitke i probleme zaštite okoline. Nedostaju propisi i tehnička uputstva za minimalne vrednosti energetske efikasnosti i dozvoljene emisije zagađivača. Neselektivna primena propisa iz razvijenih zemelja mogu da prouzrokuju veće troškove izrade opreme i da budu rezultat u smanjenju primene biomase kao alternativnog goriva. Sledeći trend razvoja u svetu i imajući u vidu domaće teškoće sa nedovoljnom količinom energije, potrebno je da se program korišćenja biomase intenzificira.

Cilj rada

Postavljen je cilj da se da ocena o tehničkom nivou, stepenu iskorišćenja i emisiji zagađivača peći i kotlova, kako bi se stekla slika o stanju i definisale mere za unapređenje. To važi za mala postrojenja namenjena za zagrevanje domaćinstava termičke snage 5 do 100 kW, kao i za srednja postrojenja, snage iznad 100 kW, namenjena za rad u poljoprivredi i grupno grejanje.

MATERIJAL I METOD RADA

U tipičnim vojvođanskim selima obavljen je pregled 12 malih peći i kotlova (snage 5 do 100 kW) namenjenih za zagrevanje domaćinstava korišćenjem biomase kao goriva. Pregledom je obuhvaćeno sledeće: proizvođač postrojenja, opis tehničkog rešenja, snaga postrojenja, vrsta ložišta, vrsta promaje, način loženja, regulacija sagorevanja, efikasnost, kvalitet rada i vrsta biomase. Pregledana su tehnička rešenja: tradicionalne panonske peći, poboljšana rešenja od prethodnih – kaljeve peći, industrijske peći za grejanje, peći za kuvanje i kombinovane peći za kuvanje i grejanje – sa mogućnošću zagrevanja vode.

Od vodogrejnih kotlova pregledani su kotlovi za čvrsto gorivo sa velikom zapreminom ložišta namenjenih za sagorevanje biomase (bala slame). Ložišta su bila uglavnom s ravnom rešetkom, sem u nekim slučajevima bez rešetke (ravan pod od šamota). Sva ložišta imala su prirodnu promaju. Većina peći nisu imale posebno izvedenu regulaciju sagorevanja biogoriva, sem uvlačenjem i izvlačenjem pepeljare, a na nekim otvaranjem ili zatvaranjem vrata. Kod kotlova postoji ugrađena tzv. "Burdonova cev" koja preko temperature vode reguliše otvaranje i zatvaranje vrata pepeljare. Takođe, ocenjivana je i izvedba dimnjaka. Za loženje korišćene su sledeće vrste biogoriva: oklasak kukuruza, bale pšenične ili sojine slame i drvo. Loženje peći i kotlova obavljano je ručno.

Ispitivanje osnovnih termičkih parametara malih i srednjih peći obavljeno je na eksperimentalnim postrojenjima, a vodogrejnih kotlova na postrojenjima u eksploataciji. Metode merenja bile su u skladu sa standardom JUS M.E2. 203 (3), koji je baziran na DIN 1942 (1), a iz iste metodologije izveden je i ISO R889 (2). Metode proračuna preuzete su iz literature, a termofizičke karakteristike vode i gasova iz termodinamičkog priručnika. Merenje dimnih gasova obavljeno je sa analizatorom gasova "Testo 350", protok vode sa ultrazvučnim merilom "Panametric PT 868-2", temperature gasova sa termoparovima NiCr-Ni i kompjuterskim akvizicionim sistemom. Plan i program merenja zasnovan je na jednosatnom merenju svih parametara svakih deset minuta.

REZULTATI ISPITIVANJA I DISKUSIJA

Na osnovu pregleda više malih peći na biomasu može da se konstatuje sledeće: tehnička rešenja peći su zastarela, u nekim pećima nema ni rešetke, peći rade na prirodnu promaju, nedostaju uređaji za regulaciju procesa sagorevanja goriva, nema odvojenog dovodenja primarnog i sekundarnog vazduha, regulacija sagorevanja se vrši s vratima pepeljare ili ložišta, mnogi dimnjaci nisu dobro rešeni, veliki su gubici toplote, nizak je stepen energetske efikasnosti (procenjuje se da je 30 do 50%), visoka je emisija štetnih

gasova u atmosferu, troši se duplo više goriva nego što je potrebno i zagađuje se životna sredina. Peći se ručno lože, uglavnom oklaskom kukuruza. Mnoge peći su sagrađene u samogradnji, bez stručnog nadzora. Masovno se koriste zastarela tehnička rešenja iz razloga što je investiciona vrednost manja. Među naprednim stanovnicima sela postoji zainteresovanost za korišćenje biomase, pod uslovom da se osavremeni rad s pećima (regulacija i automatsko loženje). U tab. 1 prikazani su rezultati ispitivanja malih i srednjih peći na biomasu.

Tabela 1: Energetska efikasnost i emisija gasova malih i srednjih peći na biomasu

Proizvođač/ vrsta goriva	Snaga (kW)	η (%)	λ (-)	CO ₂ (%)	CO (ppm)	NO _x mg/Nm ³
“Plamen 1”, Niš - briket od slame - briket od slame i kreča	4 4	38 - 77 26 - 70	2,8 - 9,0 4,0 - 7,0	1,2 - 3,0 1,3 - 2,7	148 - 5588 1463 - 3115	- -
“Alfa plam”, Vranje - briket od oklaska	11	62 - 84	9,5 - 19	0,9 - 1,9	103 - 241*	2,1-18,5
“Roza”, Vajska - briket od slame (duplo ložište)	10 (20)	48 (70)	4,8 - 5,6	3,5 - 4,3	1000 - 5400	-
Generator toplog vazduha, Novi Sad - cepana drva	53	68 - 74	2,4 - 2,5	8,0 - 9,2	4000 - 5000	-
“Vinča”, Beograd - bale slame	557	-	2,6 - 4,7	6,3-10,5	0 - 820	-

Napomena: η - energetska efikasnost, λ - koeficijent viška vazduha, (*) izraženo u mg/Nm³

Iz tab. 1 može da se vidi da je kod malih i srednjih peći na biomasu još uvek nizak stepen energetske efikasnosti i pored toga što se radilo o kontrolisanom loženju sa upakovanom biomasom (briketama od slame, balama slame i cepanim drvima). Vrednost energetske efikasnosti kreće se u širokim granicama od 26 do 84% ili u proseku 55%. Osnovni problem kod ovih peći je što ne postoji mogućnost fine regulacije procesa sagorevanja. Koeficijent viška vazduha je vrlo visok i iznosio je od 2,6 do 19 ili u proseku 10,8. Visoka vrednost koeficijenta viška vazduha rashlađuje ložište i utiče na lošiji proces sagorevanja, što dovodi do smanjenja energetske efikasnosti i povećanja emisije štetnih gasova u atmosferu. Količina ugljen-dioksida kretala se u širokim granicama od 0,9 do 10,5%, što je posledica visoke vrednosti koeficijenta viška vazduha. Količina ugljenmonoksida iznosila je do 5600 ppm, što nije suviše visoka vrednost kod sagorevanja biomase. Količina azotnih oksida nije merena, sem u jednom slučaju. U principu može se reći da kod procesa sagorevanja biomase ne dobija se velika vrednost ovih oksida zbog nižih temperatura sagorevanje biomase u ložištu (600 do 750° C).

Na selu se koriste industrijski i vodogrejni kotlovi u samogradnji za zagrevanje domaćinstva. Oni rade na prirodnu promaju. Na njima obično postoji mogućnost podešavanja dotoka vazduha najjednostavnijim regulatorom zasnovanim na “Burdonovoj cevi”. Nema mogućnosti dovođenja sekundarnog vazduha. Kotlovi se ručno lože sa prizmatičnim (malim) balama slame. Veliki su gubici toplote i emisija štetnih gasova kroz dimnjak. Procenjuje se da stepen energetske efikasnosti iznosi od 40 do 60%. U tab. 2 prikazani su rezultati ispitivanja kotlova.

Tabela 2: Energetska efikasnost i emisija gasova malih i srednjih kotlova na baliranu slamu

Proizvođač	Nominalna snaga (kW)	Izmerena snaga (kW)	η (%)	λ (-)	CO ₂ (%)	CO (mg/Nm ³)	NO ₂ (mg/Nm ³)	VOC (mg/Nm ³)	Čestice (mg/Nm ³)
“Bratstvo” Subotica	40	41,9	54	2,82 1,7-3,6	5,7-11,6	2280-5910	-	-	-
“Šukom”, Knjaževac	250	171-232	31-67	1,8-8,8	3,1-11,0	1560-9023	34-97	-	-
“Bratstvo” Subotica	360	145-317	64-72	1,3-2,7	2,5-15,5	2,8* 0-4,8*	-	-	-
“Razvoj”, Kula	400 500	249-369 340-685	63 66	2,1-4,8 1,5-5,9	3,1-15,3	2020-5230	21-36	-	-
“Terming” Kula	500	59-170	50-73	1,34-3,54	5,5-14,4	4042-6403	1-7	-	-
“Nigal”, Novi Sad	750	299-530	43-69	2,8-7,9	2,4-6,5	1816-2814	1,7-2,43	180-573	4,7-28,1

Napomena: η - energetska efikasnost, λ - koeficijent viška vazduha, (*) izraženo u %.

Iz tab. 2 vidi se da je kod malih i srednjih kotlova na baliranu slamu nizak stepen energetske efikasnosti. On iznosi od 31 do 73% ili u proseku 52%. Poseban problem kod vodogrejnih kotlova je što ne postoji mogućnost fine regulacije procesa sagorevanja. Vrednost koeficijenta viška vazduha je prilično visoka i iznosila je od 1,3 do 8,8 ili u proseku 5,1. Visoka vrednost koeficijenta viška vazduha utiče na lošiji proces sagorevanja, što dovodi do smanjenja energetske efikasnosti i povećanja emisije štetnih gasova u atmosferu. Količina ugljen-dioksida kretala se u širokim granicama od 2,5 do 15,3%, što je posledica visoke vrednosti koeficijenta viška vazduha. Količina ugljenmonoksida iznosila je do 9023 ppm, što je prilično visoka vrednost kod sagorevanja biomase. Količina azotnih oksida je merena, sem u dva slučaja. U principu može se reći da kod procesa sagorevanja biomase ne dobija se visoka vrednost ovih oksida zbog nižih temperatura sagorevanje biomase. Sadržaj organski vezanog ugljenika i čvrstih čestica u dimnim gasovima nije merena, sem u jednom slučaju.

Rezultati ispitivanja izgrađenih termičkih postrojenja pokazuju činjenice da stvarne vrednosti parametara termičkih postrojenja zavise od više faktora: vrste biogoriva, usitnjenosti, sadržaja vlage, doziranja biomase (ručno, mehanizovano ili automatsko), vrste i tipa ložišta, načina dopremanja vadauha (sa i bez ventilatora), mesta ubacivanja vazduha (ispod rešetke i/ili iznad sloja biogoriva, paralelno rešetki i dr.), regulacije protoka vazduha u procesu sagorevanja (sa ili bez zasuna, klapne), temperature ložišta, pritiska gasova u ložištu, temperature produkata sagorevanja u dimnjaku, količine fizički i hemijski nesagorelog biogoriva, gubitaka toplotne energije u okolinu, itd.

Na bazi analize rezultata ispitivanja i literaturnih podataka utvrđen je predlog za minimalnu vrednost energetske efikasnosti i maksimalne vrednosti emisije zagađivača različitih termičkih postrojenja. Preporučuju se minimalne vrednosti energetske efikasnosti termičkih postrojenja koje bi važile u narednih 6 godina. Za male peći i kotlove snage 5 do 100 kW preporučuje se energetske efikasnosti veći od 60%, a za srednje 100 do 1000 kW preko 65%. Posle ovog perioda visoki zahtevi EU zemalja u pogledu energetske efikasnosti i emisije gasova zagađivača treba da obuhvati i vrednosti: PAH, PCDD/F i HCl (4). Ima više mogućnosti za poboljšanje efikasnosti energetskih postrojenja koja se koriste za sagorevanje biomase (8):

U našoj zemlji nije propisana dozvoljena emisija gasova iz produkata sagorevanja (CO, SO₂ i NO_x) za ložišta na biomasu toplotne snage do 1 MW. Za postrojenja preko 1 MW emisija gasova regulisana je Pravilnikom (Sl. glasnik RS, 30/1997(7)). Dozvoljena emisija letećeg pepela za male toplotne jedinice je do 500 mg/Nm³ za ložišta na biomasu (JUS M.E6.110 (5)). Dimni broj treba da je manji od 30 (JUS M.R4.020 (6)).

Preporučuje se za domaću regulativu da maksimalna emisija čvrstih čestica iz postrojenja ne sme da pređe vrednost od 600 mg/Nm³, CO manja od 8000 mg/Nm³, VOC do 50 mg/Nm³, NO_x manja od 300 mg/Nm³ i SO₂ do 50 mg/Nm³, pri 10 % O₂ (vol.) i nominalnom opterećenju. Temperatura produkata sagorevanja goriva na izlazu iz dimnjače treba da bude niža od 300° C.

Dimnokatranski broj treba da iznosi do 30. Predložene vrednosti treba da budu uvedene u domaće propise i da se koriste do 2012. godine. Posle ovog perioda, visoki zahtevi zemalja EU u pogledu efikasnosti i emisije zagađivača treba da se ponovo elaboriraju i prihvate.

Ekonomski, socijalni i uslovi zaštite životne sredine u regionu Južne Evrope su specifični i različiti od uslova u EU. Zbog toga je veoma važno da novi domaći zakonski propisi respektuju navedene uslove.

ZAKLJUČCI

Na osnovu napred navedenog, mogu da se iznesu sledeći zaključci:

- u poljoprivredi Vojvodine postoji 20-godišnje iskustvo u primeni energije iz biomase,
- u prvih 6 godina energetska postrojenja treba da imaju ograničenja za minimalne vrednosti energetske efikasnosti i maksimalne vrednosti emisije zagađivača. Posle ovog perioda visoki zahtevi u pogledu efikasnosti i emisije zagađivača trebalo bi ponovo elaborirati,
- saglasno tome, prvi korak treba da bude uvođenje zakonskih propisa i obaveza testiranja energetske efikasnosti i emisije zagađivača termičkih postrojenja na bazi harmonizacije sa standardima zemalja EU,
- takođe, potrebno je oformiti laboratoriju za ispitivanje termičkih postrojenja, kao i agenciju za obnovljive izvore energije, koja bi olakšala saradnju između proizvođača i korisnika termičkih postrojenja na biomasu,
- potrebno je nastaviti rad na poboljšanju tehničkih rešenja za primenu obnovljivih vrsta energije u cilju dostizanja visokog nivoa korišćenja postrojenja, nižeg utroška ljudskog rada, tj. mehanizovanog ili automatizovanog rada ovih postrojenja,
- utvrđeno je da primena biomase kao biogoriva manje zagađuje životnu sredinu u odnosu na konvencionalna goriva.

LITERATURA

- [1] DIN 1942, 1979, Abnahmeversuche an Dampferzeugern, (VDI-Dampferzeuger-regeln),
- [2] ISO recommendation R889, 1968, Test code for stationary steam generators of power station type.
- [3] JUS M.E2 203/1980. Kotlovska postrojenja, termotehnička ispitivanja, Pravilnik br. 31-11074/1 od 1980-065-25; Službeni list SFRJ, br.42/80.
- [4] Kubica, K, Paradiz, B, Dilara, P, Klimont, Z, Kakareka, S, Debski, B.: Emission Inventory Guidebook, Source: www.geocities.com/dierer/re/biomas.

- [5] Savezni zavod za standardizaciju, 1987, Granične vrednosti emisija gasova iz ložišta na drvo, drveni briket i otpatke poljoprivrednih kultura toplotne snage do 1 MW, JUS M.E6. 110, Beograd,
- [6] Savezni zavod za standardizaciju, 1987, Granične vrednosti za dimnokatranski broj, JUS M.R.4.020, Beograd,
- [7] Službeni glasnik RS 30/1997. Pravilnik o graničnim vrednostima emisije, načinu i rokovima merenja i evidentiranja podataka, Službeni glasnik Republike Srbije, Beograd, 15.jul 1997.
- [8] The Centre for Biomass Technology, časopis: "Strow for Energy Production, Technology-Environment, Economy", Sorce: www.sh.dk/~cbt.

ZAHVALNOST: Ovaj rad je proistekao iz rezultata rada na projektu energetske efikasnosti NP EE br. 273021 „Unapređenje materijalno-energetskog bilansa i razvoj preduslova za primenu ekološki korektnih energetskih sistema zasnovanih na sopstvenim energetskim resursima (biomasi) u PK „Mitrosrem“ u Sremskoj Mitrovici“, jul 2006., kojeg finansira Ministarstvo nauke i zaštite životne sredine Republike Srbije.

EFFICIENCY AND EMISSION OF GASSIS FROM THERMAL PLANTS ON BIOMASS

Miladin Brkić¹, Milan Martinov²

¹*Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Engineering,
University of Novi Sad, Novi Sad, Srbija, mbrkic@polj.ns.ac.yu*

²*Faculty of Technical Science, Institute of mechanization,
University of Novi Sad, Novi Sad, Srbija, mmartog@uns.ns.ac.yu*

Abstract: Use of crop residues as fuel has a long tradition in Vojvodina, as an agricultural region in the Pannonian plaine. Numerous biomass-fueled facilities were built during the eighties – among those were small facilities for household heating, with thermal powers ranging from 5 to 100 kW, medium-size facilities for farm and foil green-houses, with thermal powers of 100 to 1000 kW, and large facilities for processing in agricultural industry, with thermal powers larger than 1000 kW. Efficiency rate and emission of pollutants were measured only in several cases. Low efficiency rate and high pollutant emission affect both cost-effective exploitation and the environment. This can be ascribed to underdefined national legislation in this area and high costs of measurement termal plants.

Key words: *biomass, efficiency, emission, regulations.*