

Gordana Dražić, Mario Oprčić  
Univerzitet Singidunum Fakultet za primenjenu ekologiju Futura, Beograd  
Tea Spasojević-Šantić  
Institut IMS a.d. Beograd  
Dragana Milošević  
JP Elektroprivreda Srbije

UDC:662.63:662.81.05

## Energetske karakteristike briketa od biomase Miskantusa

### IZVOD

Cilj ovog rada je uporedna analiza rezultata dobijenih sagorevanjem briketa čiste trske *Miskantusa*, briketa trske pomešane sa Topolom (*Populus nigra*) i čamovinom i mešavine samo Topole i čamovine. Analizom energetske tehničke karakteristike briketa poreklom od hibridne vrste *Miscanthus × giganteus* ustanovljeno je da velika produkcija biomase po jedinici površine (10-30 t/ha/godišnje), može nadomestiti manjkavosti koje se ogledaju u većem sadržaju pepela (3,30 %) i koksa (18,34 %), odnosno nešto niže toplotne moći (16,08 MJ/kg) u odnosu na brikete od drvene biomase. Predlaže se izrada briketa koji su mešavina *Miskantusa* i neke druge vrste biomase, gde bi procentualno *Miskantus* imao veći udeo. Ovim bi se dobili kompaktni briketi, sa niskim procentom vlage, pepela, koksing ostatka i zadovoljavajuće toplotne moći, što je i dokazano mešanjem *Miskantusa* sa Topolom i čamovinom u masenom odnosu 50:25:25. Takođe se može zaključiti da je ekološki i ekonomski isplativije proizvoditi brikete koji imaju veći sadržaj *Miskantusa*, a manji sadržaj drvene biomase čiji je period rasta i razvoja mnogo duži.

**Ključne reči:** bioenergetski usevi, drvena biomasa, žetveni ostaci, briketi.

### ABSTRACT

The aim of this paper is to show a comparative analysis of results obtained by the combustion of pure *Miscanthus* cane briquettes, cane briquettes mixed with poplar (*Populus nigra*) and softwood and a mixture of only poplar and softwood. Through analysis of energy technical characteristics of briquettes originating from the hybrid species *Miscanthus × giganteus*, it was concluded that a large biomass production per unit area of 10-30 t/ha/year can make up for the shortcomings reflected in a higher ash (3.30%) and coke (18.34%) content, and in a somewhat lower calorific value (16.08 MJ/kg) in relation to wood biomass briquettes. A production of briquettes which are a mixture of *Miscanthus* and some other kind of biomass is proposed, in which *Miscanthus* would have a higher percentage. This would ensure compact briquettes with low percentage of moisture, ash and coke residue and a high calorific value, as evidenced by mixing *Miscanthus* with poplar and softwood in a mass ratio of 50:25:25. It can also be concluded that it is ecologically and economically more profitable to produce briquettes that have a higher content of *Miscanthus* and a lower content of wood biomass, whose period of growth and development is much longer.

**Keywords:** bioenergy crops, wood biomass, crop residues, briquettes.

### UVOD

Energetski usevi se za razliku od poljoprivrednih uzgajaju namenski za proizvodnju biogoriva. Pored plodnog zemljišta mogu da uspeavaju na zemljištu koje je nepovoljno za poljoprivredu i proizvodnju hrane kao što su degradirane površine (napušteni kopovi, pepelišta) i područija podložna dugotrajnom

plavljenju i sušnom periodu. Mogućnosti uspešnog uzgajanja energetske biljake na zemljištu koje je okarakterisano kao nepovoljno za potrebe poljoprivrednih useva za proizvodnju hrane proističu prvenstveno iz njihovih osnovnih bioloških karakteristika. Visoka adaptabilnost na nepovoljne uslove staništa i visoki prinosi biomase energetske useva ih čine pogodnim za fitoremedijaciju (Pidlisnuk et al. 2014, Dražić i sar.

2014). Pored svoje široke ekološke valence, energetski usevi poseduju visoku toplotnu moć koja se u proseku kreće od 15–20 MJ/kg suve biomase uz godišnji prinos biomase od 10–30 t/ha. Razmnožavaju se uglavnom iz rizoma što znači da nisu invazivne i ne predstavljaju opasnost za susedne površine i gajene kulture. Njihov životni vek iznosi od 10–20 godina, a maksimalan prinos biomase ostvaruje se posle treće godine.

U grupi lignoceluloznih useva, posebno se izdvaja po kvalitetu biomase višegodišnja rizomatska trava Miskantus (*Miscanthus×giganteus* Greef et Deu.) ili kineska šaš. Kao visokoproduktivna i vrlo visoka C4–trava, Miskantus predstavlja bioenergetski višegodišnji usev podesan za intenzivno gajenje. Zanimanje za Miskantus, kao energetski usev, podstaknuto je njegovim brojnim prednostima: proizvodi veliku količinu biomase (Heaton et al., 2008), redukovana su značajna agronomska ulaganja (Lewandowski et al., 2000), odlikuje se jednostavnim uzgojem i žetvom, velikom efikasnošću iskorišćavanja vode i azota za bioprodukciju, visokim sadržajem celuloze, neinvazivnim karakterom i niskom osetljivošću na bolesti i štetočine (Defra, 2007). Kultivacija Miskantusa u zemljama Evrope se uglavnom bazira na jednoj vrsti, *Miscanthus×giganteus*, triploidnom hibridu stvorenim ukrštanjem dveju vrsta *M. sinensis* (diploid) i *M. sacchariflorus* (tetraploid) (Greef and Deuter, 1993). Uočeno je da prinosi Miskantusa u značajnoj meri variraju zavisno od lokacije i klimatskih uslova. Veliki broj ogleda u polju sprovedenih u poslednjoj deceniji pokazao je značajna variranja prinosa suve mase Miskantusa, u rasponu od 4–25 t/ha u zemljama centralne Evrope do 30–40 t/ha za Južnoevropske zemlje (Lewandowski et al., 1997; Lewandowski et al., 2000; Jorgensen, 1997; Acarogly and Aksoy., 2005). Kada je Srbija u pitanju, istraživanja pokazuju da proizvodnja Miskantusa u našim uslovima može biti profitabilna u meri nekih ratarskih useva (Dražić i sar., 2010).

Valorizacija biomase Miskantusa je najčešće kroz biogorivo (Babović i sar. 2012). Postavlja se pitanje da li je racionalno proizvoditi biomasu za biogorivo kada se za iste svrhe može koristiti samonikla drvena biomasa, poljoprivredne kulture, žetveni ostaci ili otpad iz prerađivačke industrije (Agamuthu, 2007). U cilju da se da prilog razmatranju ovog problema izvršena su eksperimentalna istaživanja sa ciljem uporedne analize tehničkih karakteristika briketa od biomase Miskantusa proizvedene na sopstvenom oglednom polju u odnosu na druge vrste biomase

## MATERIJAL I METODE

### Poreklo, priprema i tretiranje biomase

Biomasa Miskantusa (M) potiče sa oglednog polja zasnovanog 12.04.2014. godine, u Vršcu. Nakon presađivanja busenja starosti 5 godina i uspešne sezone

rasta, obavljena je žetva u decembru 2014. godine. Po završetku žetve, stabljike su transportovane u obližnji objekat gde su ostavljene 2 meseca, kako bi se procenat vlage spustio do nivoa koji je potreban za procese sitnjenja i briketiranja (<15%). Biomasa je sušena prirodnim putem, u zatvorenom objektu, zaštićenom od vlage i svetslosti od decembra 2014. godine do februara 2015. godine, nakon čega je usitnjavana pomoću prekrupača sa monofaznim motorom snage 1.5 kW i transportovana do briketirnice.

Pored biomase Miskantusa korišćen je i otpadni materijal piljevina Topole (T) i čamovine (Č). Odgovarajuća razmera biomase u slučajevima mešanja Miskantusa, Topole i čamovine (50:25:25 i 50:50) postignuta je merenjem odabranih uzoraka pomoću kalibrisane vage.

### Tehničke karakteristike briketirnice

Udarni pritisak klipa prese iznosi 210 bara. Pri presovanju biološkog materijala zapremina se smanjuje oko 10 puta, pri čemu se postiže zapreminska masa briketa 800–1.200 kg/m<sup>3</sup>. Temperatura alata prese iznosi 90°C. Kompaktnost i zbijenost usitnjenih čestica u briketu obezbeđuje se bez vezivnog sredstva termoplastičnim slepljivanjem čestica biljnog materijala. Osim odgovarajuće granulacije (usitnjenosti) polaznog materijala (do 10 mm), pri presovanju biomase značajnu ulogu ima i sadržaj vlage u materijalu. Optimalni sadržaj vlage je oko 15%.

Parametri procesa briketiranja određeni su ručnim podešavanjem i oni su imali optimalne vrednosti od 90°C i 120 bara. Briketi su dimenzija Ø 85mm i dužine 120 mm. Nakon briketiranja, izvršena je separacija briketa, a kasnije i uzorkovanje briketa (po 1 kg od svake kategorije, metodom četvrtanja). Zbirni uzorci su zatim upakovani u polietilensku foliju i obeleženi. Od briketiranja do analize nije prošlo više od mesec dana.

### Analiza energetskih karakteristika

Ispitivanje uzoraka briketa biomase izvršila je Laboratorija za goriva i sagorevanje Mašinskog Fakulteta u Beogradu, maja 2015. god.

Ispitivane su tri različite kategorije uzorka:

- briket Miskantusa 50% + Topola 25% + čamovina 25%
- briket Topola 50% + čamovina 50%
- briket 100% Miskantus

Pre početka ispitivanja svi uzorci su pripremljeni u skladu sa važećim Evropskim propisom („CEN/TS 14780 – Solid Biofuels – Methods for sample preparation“).

Ispitivanja dostavljenih uzoraka obuhvatila su određivanje podataka tehničke analize metodama: EN 14774-2 (sadržaj ukupne vlage % m/m), CEN/TS 14775 (sadržaj pepela % m/m), EN 15148 (sadržaj gorivih isparljivih materija – volatila i koksnog ostat-

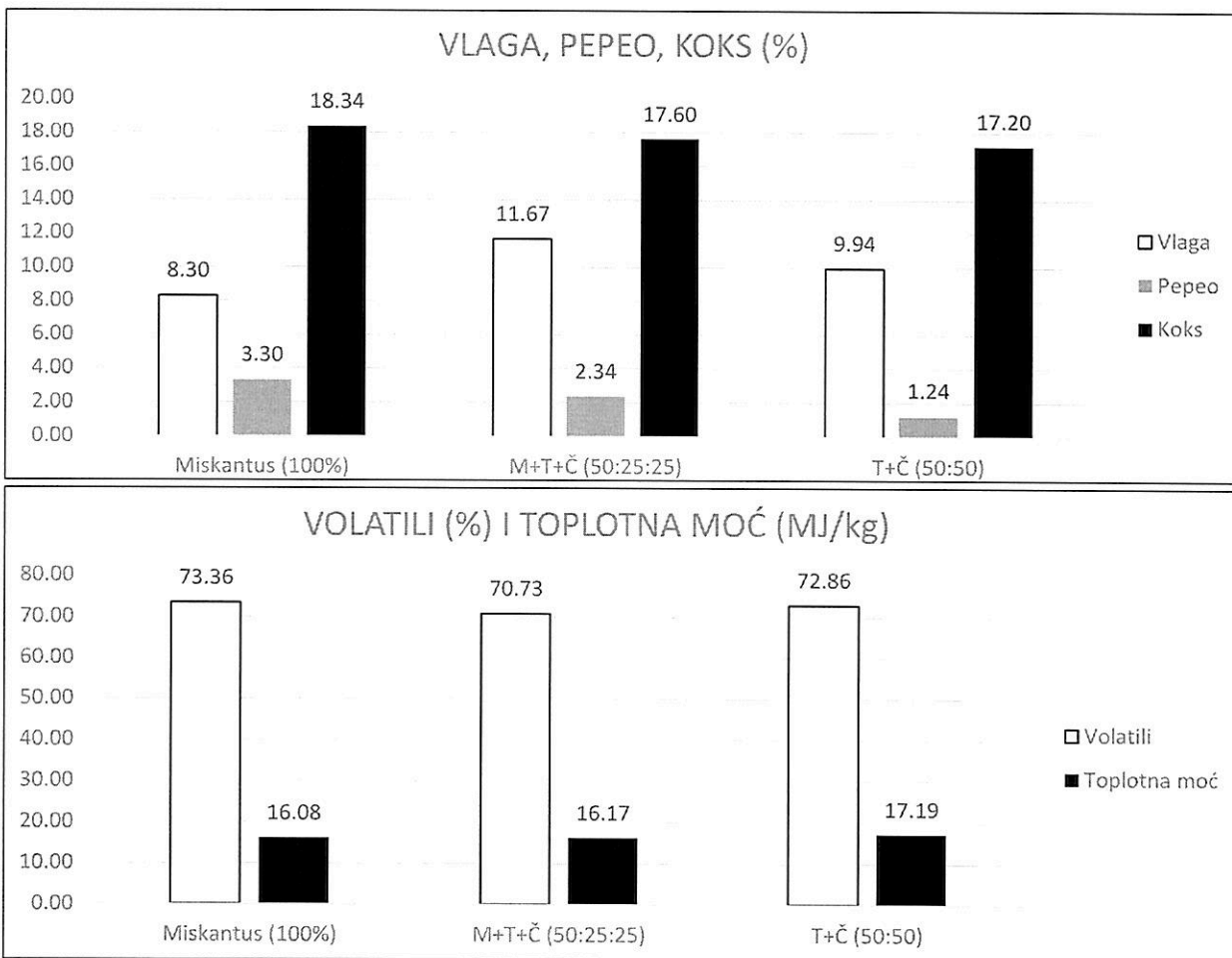
ka % m/m) i CEN/TS 14918 (gornja toplotna moć MJ/kg). Sva ispitivanja su obavljena u skladu sa važećim propisima Evropske Unije (CEN/TC 335). Podaci tehničke analize prikazani su za radnu masu goriva (*as received*).

### REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati tehničke analize briketa od biomase Miskantusa, Topole i čamovine su prikazani na slici 1. Sadržaj vlage u briketima Miskantusa je niži u odnosu na druge ispitivane brikete. Sadržaj pepela je

nešto viši u briketima Miskantusa (3,30%) u odnosu na druge ispitivane brikete. Sadržaj koks i volatila je približan kod sve tri ispitivane vrste briketa. Gornja toplotna moć briketa Miskantusa iznosi 16,08 MJ/kg i manja je u odnosu na brikete proizvedene od drvene biomase Topole i čamovine (17,19 MJ/kg).

Uporedna analiza tehničkih karakteristika biogoriva briketa od drvene biomase i biomase poljoprivrednih ostataka je prikazana na tabelama 1. i 2. (Brkić i sar. 2007). Briketi od stabla Miskantusa sadrže manje vlage od oklasaka kukuruza i piljevine hrasta a više



Slika 1.- Tehničke karakteristike briketa

Tabela 1.- Rezultati tehničke analize briketa poreklom od liščara i četinarara

Vrsta materijala	Vlaga (%)	Pepeo (%)	Koks (%)	Volatili (%)	Toplotna moć (MJ/kg)
Kora i piljevina četinarara	6.92	2.51	21.41	71.67	18.06
Bukova piljevina	7.60	0.62	14.70	77.70	17.57
Iglice četinarara	6.41	2.26	18.25	75.34	19.35
Piljevina četinarara	7.61	1.09	17.67	74.72	17.20

**Tabela 2.**– Rezultati tehničke analize briketa poreklom od ostataka žetvenih i drvno-prerađivačkih radova

Vrsta materijala	Vlaga (%)	Pepeo (%)	Koks (%)	Volatili (%)	Toplotna moć (MJ/kg)	
Pšenična slama	7.21	5.45	22.50	70.29	16.90	
Kukurozovina	7.43	4.49	18.57	74.00	13.89	
Oklasak od kukuruza	9.19	2.18	17.75	73.06	14.18	
Ljuske Suncokreta	7.20	2.93	15.50	77.30	18.12	
Silosna prašina	8.89	3.69	14.01	77.10	15.85	
Strugotina	Hrast	13.01	0.37	14.30	72.65	17.12
	Čamovina	7.80	0.33	14.76	77.35	18.17
	Bagrem	5.50	2.00	20.06	74.60	18.42

od briketa drvene biomase, ali ovo može biti posledica različite pripreme i skladištenja briketa. Sadržaj pepela u briketima Miskantusa je veći nego u briketima od drvene biomase a manji nego kod poljoprivrenih ostataka. Gornja toplotna moć je nešto manja kod Miskantusa u odnosu na drvenu biomasu a viša u odnosu na biomasu poljoprivrednih ostataka.

Standardizacija kvaliteta peleta i briketa u EU nije sasvim usaglašena. U tabeli 3. je prikazana sistematizacija najčešće korišćenih standarda zajedno sa CEN klasifikacijom.

Rezultati naših istraživanja u odnosu na standarde u Nemačkoj i Austriji. su prikazani na tabeli 4. Sadržaj vlage u ispitivanim uzorcima odgovara standardima, dimenzije odgovaraju standard, sadržaj pepela odgovara austrijskom standardu, specifična gustina je u opsegu standard a može se korigovati podešavanjem briketirnice dok je gornja toplotna moć niža nego zahtevi standarda. Treba imati u vidu da direktno poređenje nije sasvim ispravno jer se izmerene vrednosti odnose na radnu masu dok je standard za suhu masu.

Prilikom razmatranja potrebe produkcije agroenergetskih useva pored tehničkih karakteristika biomase koja se koristi u obliku sečke, peleta ili briketa mora se uzeti u obzir ekološki uticaj. Tehničke karakteristike biogoriva proizvedenih od biomase svakako zavise i od načina pripreme briketa ili peleta. Rezultati koji su dobijeni u ovom ispitivanju su u potpunosti u skladu sa literaturnim podacima (Monti et all. 2008, Foti

et all. 1996, Miguez et all. 2008) i ukazuju da je biomasa stabla Miskantusa pogodna kao biogorivo druge generacije.

Kada se razmatraju ekološki uticaji produkcija Miskantusa ima nekoliko prednosti u odnosu na drvenu biomasu (Davis et all. 2010): sa plantaže Miskantusa se dobija prinos svake godine u količini 10–30 t/ha u zavisnosti od plodnosti zemljišta i vremenskih prilika, prvenstveno padavina za razliku od drvnih kultura kada je najbrža ophodnja 3 godine. Biomasa Miskantusa se brže suši, naročito kada se primenjuje ranoprolećna žetva tako da se izbegava visoka vlažnost koja je česta smetnja kod drvene biomase. Veći sadržaj pepela i niža toplotna moć su nedostaci biomase Miskantusa. Zasnivanjem plantaža Miskantusa bi se u manjoj ili većoj meri izvršila supstitucija drvene biomase koja se tradicionalno koristi a time bi se dao doprinos očuvanju resursa šuma (što indirektno značajno utiče i na ublažavanje posledica klimatskih promena).

U odnosu na poljoprivredne kulture biomasa Miskantusa ima manji sadržaj pepela i veću toplotnu moć (osim kada su u pitanju ljuske semena suncokreta). Može se postaviti pitanje: zašto bi neko proizvedio biomasu kada u iste svrhe može da koristi otpad iz ratarske proizvodnje? Ima smisla samo ako se radi u otpadu prerađivačke industrije (na primer ljuske semena suncokreta koje se koriste u TE TO Sremska Mitrovica). Žetveni ostaci bi trebalo da se vrate na njive radi očuvanja plodnosti zemljišta (Oljača i sar.

**Tabela 3.**– Najčešće korišćeni standardi kvaliteta čvrstih biogoriva

Austrija:	ÖNORM M1735 (briketi i peleti)
Švedska:	SS 187120 (peleti) and SS 187121 (briketi)
Nemačka:	DIN 51731 (briketi i peleti)
Sugestija za klasifikaciju :	CEN/TS 14961 "Annex A" primeri za specifikaciju visokokvalitetnih klasa čvrstih biogoriva preporučenih za upotrebu u domaćinstvu

Tabela 4.– Tehničke karakteristike briketa u odnosu na standarde EU

Specifikacija	Austrija ÖNORM M 1735	Nemačka DIN 51731 Drvni briketi			Izmerene vrednosti	
		5 klasa (po veličini u cm)			M	MTČ
Dimenzije	Briketi: Ø: 40 – 120 mm Max. dužina: 400 mm		Dužina	Ø		
		HP1	>30	>10		
		HP2	15 – 30	6 – 10	8,5 -12 cm	8,5 -12 cm
		HP3	10 – 15	3 – 7	8,5 -12 cm	8,5 -12 cm
		HP4	<10	1 – 4		
		HP5	<5	0,4 – 1		
Specifična gustina	≥1kg/dm <sup>3</sup>	1-1,4 g/cm <sup>3</sup>			0.8-1.2 g/cm <sup>3</sup>	0.8-1.2 g/cm <sup>3</sup>
Sadržaj vlage	≤18%	≤12%			8,30%	11,67
Sadržaj pepela	≤6% *	≤1,5%			3,30%	2,34%
Energetska vrednost	≥18MJ/kg*	17,5MJ/kg–19,5MJ/kg			16,08 MJ/kg	16,17MJ/kg

\* suve osnove, M briketi miskantusa; MTČ briketi Miskantus 50%+ Topola 25%+čamovina 25%

2007). Čak i u ovom slučaju se postavlja ograničenje u distanci između mesta produkcije biomase (otpada) i termoenergetskog objekta jer je stavka koja se odnosi na transport u većini slučajeva ograničavajuća.

Analizom energetske karakteristike briketa poreklom od hibridne vrste *Miscanthus × giganteus* ustanovljeno je da velika produkcija biomase po jedinici površine, u kratkom vremenskom periodu, može nadomestiti manjkavosti koje se ogledaju u većem sadržaju pepela i koks, odnosno nešto niže toplotne moći u odnosu na druge vrste ispitivanih briketa (Dražić i sar 2014).

Kao jedan od predloga daje se izrada briketa koji su mešavina Miskantusa i neke druge vrste biomase, gde bi procentualno Miskantus imao veći udeo. Ovim bi se dobili kompaktni briketi, sa niskim procentom vlage, pepela, koksing ostatka i velike toplotne moći, što je i dokazano mešanjem Miskantusa sa Topolom i čamovinom u masenom odnosu 50:25:25. Takođe se može zaključiti da je ekološki i ekonomski isplativije proizvoditi brikete koji imaju veći sadržaj Miskantusa, a manji sadržaj Topole čiji je period rasta i razvoja mnogo duži.

Početni troškovi zasnivanja parcele za produkciju biomase Miskantusa variraju u zavisnosti od tipa zemljišta, mehanizacije, cene naftnih derivata, troškova transporta i početne cene rizoma ili mladica (Dražić i sar. 2010). Ovi troškovi se mogu značajno smanjiti zasnivanjem rasadnika ili sadnjom rizoma tj. mladica koje su poreklom iz nekog rasadnika koji se nalazi u blizini same parcele (Arandjelovic et all. 2014).

U Srbiji postoje realne pretpostavke za ekonomičnu proizvodnju i energetsko korišćenje biomase Miskantusa. Za sada se u Srbiji Miskantus uzgaja eksperimentalno na različitim tipovima zemljišta, na različitim lokacijama u ravnicama i rečnim dolinama

na nižim nadmorskim visinama (Dražić et all. 2015). Pojedini delovi Srbije, zbog male količine padavina su ograničeno pogodne za uzgoj. U prve dve godine gajenja ostvareni prinosi biomase su, u proseku, niži od prinosa koji se dobija u zapadnoevropskim zemljama. Maksimalni prinosi Miskantusa u Srbiji se dobijaju od četvrte godine gajenja i oni su isti ili veći od prinosa koji se dobijaju u zapadnoevropskim zemljama (Dražić i sar. 2010 a). Već od kraja decembra može se dobiti biomasa, koja je po kvalitetu pogodna za energetsko korišćenje.

Istraživanja pokazuju da su aktuelni potencijali za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora u Srbiji povoljni, a energija koja se dobija iz biomase je identifikovana kao jedan od prioritarnih izvora obnovljive energije (Strategija razvoja energetike). Intenzivnim korišćenjem postojećih i odgovarajućih novih bioenergetskih useva može ostvariti njihov veliki potencijal i doprineti relativnoj cenovnoj stabilnosti poljoprivredne proizvodnje, a time i podstaći dugoročni ruralni razvoj u zemljama poput Srbije (Strategija razvoja poljoprivrede). Pored ekonomske koristi, proizvodnja energije gajenjem Miskantusa doprinese i multifunkcionalnosti poljoprivrede (Milovanovic et all. 2012).

## ZAKLJUČAK

Brzorastuća trska *Miscanthus × giganteus* na zemljištu tipa černoze u Vršcu daje prinose koji su uporedivi sa prinosima dobijenim u EU.

Briketi proizvedeni uobičajenim postupkom od stabla Miskantusa, drvene biomase i njihove mešavine imaju karakteristike koje zadovoljavaju standard, osim gornje toplotne moći.

Biomasa Miskantusa se odlikuje nešto višim sadržajem pepela i nešto nižom gornjom toplotnom moći u odnosu na drvenu biomasu ali u odnosu na biomasu poljoprivrednih useva i žetvenih ostataka ima manji

sadržaj pepela i veću toplotnu moć.

Ovakve karakteristike čine Miskantus potencijalno značajnim bioenergetskim usevom čije uvođenje u masovnu proizvodnju može direktno ili indirektno doprineti divesifikaciji poljoprivrede, energetske nezavisnosti i ublažavanju klimatskih promena uz očuvanje zemljišnog resursa.

### Zahvalnica

Ovaj rad podržan je od strane Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije projekat: TR 31078 i Elektroprivrede Srbije.

### LITERATURA

- Acaroglu, M., Aksoy, A. (2005): The cultivation and energy balance of *Miscanthus x giganteus* production in Turkey, *Biomass and Bioenergy* Vol. 29, No. 1: 42-48.
- Agamuthu, P. (2007): Sustainable fuel from biomass: clamour or glamour? In *Waste Management and Research*, Vol. 25 (4), p. 305-306
- Arandjelović, M., Dražić, G., Milovanović, J., Aeksić, S. (2014): Miloproductio of viable *Miscanthus giganteus* rhizomes at fertile and degraded soil. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 20: 1189-1194
- Babović, N., Dražić, G., Đorđević, A. (2012): Mogućnosti korišćenja biomase poreklom od brzorastuće trske *Miscanthus x giganteus*, *Hem. Ind.* Vol. 66 (2), p. 223-233
- Brkić, M., Tešić, M., Furman, T., Martinov, M., Todor, M. (2007): Potencijali i mogućnosti briketiranja i peletiranja otpadne biomase na teritoriji pokrajine Vojvodine, Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine, Republika Srbija Autonomna pokrajina Vojvodina, st. 56
- Defra (2007). *Planting and growing Miscanthus. Best Practice Guidelines (for Applicants to Defra's Energy Crops Scheme)*.
- Davis, S., Parton, W., Dohleman, F., Smith, C., Del Grosso, S., Kent, A., DeLucia E. (2010): Comparative Biogeochemical Cycles of Bioenergy Crops Reveal Nitrogen-Fixation and Low Greenhouse Gas Emissions in a *Miscanthus x giganteus* Agro-Ecosystem, *Ecosystems* 13: 144-156
- Dražić, G., Sekulic, S., Milovanovic, J., Aleksic, J., 2010, Master plan plantaže energetske guseva *Miscanthus x giganteus*. *Energija, ekonomija, ekologija*, ISSN 03548651, UDK 620.9, br. 2. pp. 96-99
- Dražić, G., Milovanovic, J., Ikanovic, J., Glamoclija, Dj., 2010: Uticaj agroekoloških činilaca na produkciju biomase *Miscanthus giganteus*, *Arhiv za poljoprivredne nauke*, vol 71, no 253, pp 81-85. (Sr)
- G. Dražić, A. Vitas, J. Ikanović (2014): „Energetski bilans produkcije agroenergetskog useva *Miscanthus giganteus* na plodnom i degradiranom zemljištu“; *Energija, ekonomija, ekologija* br. 1-2 mart 2014, pp 224-230.
- Dražić, G., Petrović, N., Arandjelović, M., Vitas, A., Radojević, U., Spasić, S. (2014): „Ekoremedijacija degradiranih prostora plantažiranjem miskantusa“, Urednik: Jelena Milovanović, Fakultet za primenjenu ekologiju Futura Univerzitet Singidunum, ISBN 978-86-86859-30-3.
- G. Dražić, M. Arandjelović, J. Milovanović, Z. Jureković, E. Marišová (2015): Potentials for agro-energy crops production: example of *Miscanthus* cultivation in Serbia, *Acta Regionalia et Environmentalica* 2/2015, pp. 29-36. DOI: 10.1515/aree-2015-0007
- Foti, S., Cosentino, S.L., Patane, C., Guarnaccia, P. (1996): Growth and yield of *C<sub>4</sub>* species for biomass production in the Mediterranean environment, biomass for energy and the environment. In: *Biomass for energy and the environment* (Eds. Chartier P, Ferrero GL, Henius UM, Hultberg S, Sachau J and Wiinblad M, Proceedings of the Ninth European Bioenergy Conference, Copenhagen, Denmark, 24-27 June 1996.), Pergamon, New York, p. 616-621.
- Greef, J.M., Deuter, M. (1993): *Syntaxonomy of Miscanthus-X-Giganteus* Greef-Et-Deu, *Angew. Bot.* Vol 67:87-90.
- Heaton, E.A., Dohleman, F.G., Long, S.P. (2008): Meeting US biofuel goals with less land: the potential of *Miscanthus*. *Glob. Chang. Biol.* Vol. 14:2000-2014.
- Jørgensen, U. (1997): Genotypic variation in dry matter accumulation and content of N, K, and Cl in *Miscanthus* in Denmark. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 12, No. 3: 155-169.
- Lewandowski, I., Kicherer, A. (1997): Combustion quality of biomass: practical relevance and experiments to modify the biomass quality of *Miscanthus x giganteus*. *European Journal of Agronomy*, Vol. 6, No. 3-4: 163-177.
- Lewandowski, I., Clifton-Brown, J.C., Scurlock, J.M.O., Huisman, W. (2000): *Miscanthus*: European experience with a novel energy crop. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 19, No. 4: 209-227
- Miguez, F.E., Villamil, M.B., Long, S.P., Bolleiro, G.A. (2008): Meta-analysis of the effects of management factors on *Miscanthus x giganteus* growth and biomass production, In *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. 148 (8-9), p. 1280-1292

20. Milovanović, J., Dražić, G., Ikanović, J., Jurekova, Z., Rajković, S. (2012): Sustainable production of biomass through *Miscanthus giganteus* plantation development. Annals of Faculty Engineering Hunedoara International Journal of Engineering 10 (1) ISSN 1584-2665, pp 79-82.
21. Monti, A., Di Virgilio, N., Venturi, G. (2008): Mineral composition and ash content of six major energy crops. In Biomass and Bioenergy Vol. 32 (3), p. 216-223
22. Oljača, S., Oljača, M., Kovačević, D., Glamočlija, Đ. (2007): Ekološke posledice upotrebe biljaka za dobijanje energije. Poljoprivredna tehnika, Vol. 32 (4), p. 91-97.
23. Pidlisnyuk, V, Stefanovska, T., Lewis, E., Ericsson, L., Davis, L. (2014): Miscanthus as a Productive Biofuel Crop for Phytoremediation, Critical Reviews in Plant Sciences, 33, (1), pp 1-19
24. STRATEGIJA POLJOPRIVREDE I RURALNOG RAZVOJA REPUBLIKE SRBIJE (2014–2024), Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede republike Srbije.
25. STRATEGIJA RAZVOJA ENERGETIKE REPUBLIKE SRBIJE DO 2025. GODINE SA PROJEKCIJAMA DO 2030. GODINE. „Službeni glasnik RS” br. 57/11, 80/11 - ispravka, 93/12 i 124/12)
26. <http://www.solidstandards.eu/standardisation.html>
27. [http://www.biomassenergycentre.org.uk/portal/page?\\_pageid=77,19836&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.biomassenergycentre.org.uk/portal/page?_pageid=77,19836&_dad=portal&_schema=PORTAL)

# Analiza postupka dobijanja toplotne energije iz drvnog otpada u cilju povećanja profita

## REZIME

*U ovom radu je prikazan postupak dobijanja toplotne energije u kotlu za proizvodnju zasićene vodene pare iz drvene biomase. Gorivo koje se koristi za dobijanje toplotne energije je piljevina. Piljevina se u određenim količinama iz silosa dozira u ložište kotla gde se vrši njeno sagorevanje. Piljevina dolazi iz četiri pogona i to: iz pilane, sa drobilice, iz finalne obrade masiva i sa mašinske obrade ploča iverica. Maksimalni pritisak koji kotao može da proizvede je 8 bari, međutim, pritisak proizvedene zasićene pare nikad ne prelazi 5 bari, a u zavisnosti od potreba može se kretati i oko 2-3 bara. Temperatura pare kreće se od 120 do 150°C. Zasićena vodena para sistemom cevovoda dolazi do proizvodnih hala i određenih tehnoloških operacija. Kompletnim procesom automatskog rada kotla upravlja PLC sistem.*

**Ključne reči:** biomasa, piljevina, toplotna energija.

## ANALYSIS PROCEDURE OF OBTAINING THERMAL ENERGY FROM WASTE RESULTING IN FURNITURE PRODUCTION

*This paperwork presents the procedure of obtaining heat in the boiler for the production of saturated steam from biomass. The fuel used to generate heat is sawdust. Sawdust is in certain quantities from the silo fed into the firebox where it performs its combustion. Sawdust comes from four plants, namely: from sawmill, crushers, from the final processing of the mass and the machining particle board. Maximum pressure that boiler can produce is 8 bars, however; the pressure of saturated steam produced never exceeds 5 bars, depending on the needs and can move around 2-3 bars. Steam temperature range from 120 to 150°C. Saturated steam pipeline system comes to industrial halls and certain technological operations. Complete the process of automatic boiler controls the PLC system.*

*There is the result that one ton of steam that get in the steam boiler biomass should spend 260 kg of sawdust. Since the price of steam produced in the steam boiler fuel oil amounts to 32-36 Euro/t, while the price of steam provided by burning wood sawdust and wood chips in the steam boiler Weiss of 20-22 Euro/t, which is about 40% cheaper, leads to the conclusion that the amount of heat consumed by the company saving is very large.*

**Keywords:** biomass, sawdust, thermal energy.

## 1. UVOD

Istraživanje je izvršeno u kotlovskom postrojenju (vidi sliku 1) Kompanije „Simpo“ a.d. Vranje. SIMPO je jedinstven u evropskoj industriji nameštaja po svom konceptu objedinjavanja strateških faza proizvodnog procesa – od repromaterijala do finalnog proizvoda u okviru jedne poslovne grupacije.

Pristup zasnovan na povezanim industrijskim entitetima koji se međusobno dopunjuju čini poslovanje nezavisnim, sigurnim, efikasnim i ekonomičnim. Činjenica da SIMPO sam proizvodi najveći deo materijala koji ulaze u sastav jedne garniture ili bilo kog drugog proizvoda, omogućava potpunu kontrolu nad