

Olga Cvetković<sup>1\*</sup>, Radmila Pivić<sup>2</sup>, Zoran Dinić<sup>2</sup>, Jelena Maksimović<sup>2</sup>, Snežana Trifunović<sup>3</sup>, Željko Dželetović<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Univerziteta u Beogradu, NU Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Beograd, Srbija; <sup>2</sup>Univerzitet u Beogradu, Institut za zemljište, Beograd, Srbija; <sup>3</sup>Univerzitet u Beogradu, Hemijski fakultet, Beograd, Srbija; <sup>4</sup>Univerzitet u Beogradu, Institut za primenu nuklearne energije, Zemun - Beograd, Srbija

Naučni rad

ISSN 0351-9465, E-ISSN 2466-2585

UDC:620.9

doi: 10.5937/ZasMat1603412C



Zastita Materijala 57 (3)  
412 - 417 (2016)

## Hemijska ispitivanja miskantusa gajenog u Srbiji - Potencijalni obnovljiv izvor energije

### IZVOD

*Delimičan odgovor stručne i naučne javnosti na pitanje kako povećati kapacitete energetske izvora je upotreba biomase kao sirovine, kako iz ekonomskih, tako i iz ekoloških razloga. U ovom radu su prikazani rezultati fizičko-hemijskih ispitivanja biomase miskantusa (*Miscanthus x giganteus* Greef et Deu.), gajenog na teritoriji Republike Srbije, oglednom polju Instituta za primenu nuklearne energije, Zemun. Ispitivanjem količine pepela, elementarnog sastava biomase i kalorične vrednosti biomase (donje i gornje), koji su presudni za procenu kvaliteta biogoriva, ukazano je na mogućnost eksploatacije biomase miskantusa kao biogoriva. Prikupljanje uzoraka biljnog materijala za ovo istraživanje izvršeno je u dva žetvena roka: u jesen - vreme maksimuma biološkog prinosa i krajem zime, kada se dobija kvalitetnija biomasa za sagorevanje usled smanjenja sadržaja vlage i remobilizacije makro- i mikrohraniva iz nadzemnih delova rizoma. Vrednosti ispitivanih parametara pokazuju da biomasa ispunjava zahteve "zelene" energije, jer produkti sagorevanja biomase svojom količinom (oksidi N i S) ne bi ugrožavali postojeći kvalitet životne sredine, a količina nastalog ugljenik (IV) - oksida ne bi predstavljala ekološki problem, jer bi se dalje uključila u proces fotosinteze. Rezultati hemijskih analiza argumentovano ukazuju na veliki potencijal upotrebe biomase miskantusa kao biogoriva (obnovljivog izvora energije) u proizvodnji toplotne energije.*

**ključne reči:** fizičko-hemijska analiza biomase, miskantus, biogorivo, Srbija, "zelena" energija.

### 1. UVOD

Biomasa se dobija iz različitih izvora: otpada iz domaćinstva [1], poljoprivrednih proizvoda i ostataka poljoprivredne proizvodnje [2-4], morskih algi [5, 6], drveta kao sirovine ili otpada pri obradi drveta [7-10]. Bez obzira na poreklo, biomasa predstavlja nezaobilazan energetski izvor u budućnosti [11-13]. Iz biomase se hemijskim procesima (termohemijskim ili biohemijskim tretmanima), u zavisnosti od fizičkih i hemijskih parametara tretmana: pritiska, temperature, homogenosti biomase, količine vode i hemijskog sastava biomase, dobijaju različiti proizvodi, kao na primer: aktivni uglj [14,15], bioetanol [16,17], metan [18] i brojne hemikalije [19], biodizel [20-22].

Autor za korespondenciju: Olga Cvetković

E-mail: olgacvet54@gmail.com

Rad primljen: 15. 03. 2016.

Rad prihvaćen: 17. 04. 2016.

Rad je dostupan na sajtu: www.idk.org.rs/casopis

Znatno jednostavniji način upotrebe biomase lignocelulozne strukture je proizvodnja čvrstog biogoriva [23], koji se u mnogim državama decenijama već primenjuje, uz propisane standarde za klasifikaciju biogoriva [24] i standarde za ispitivanje karakteristika proizvedenog biogoriva.

Upotrebom biogoriva dobijenog iz biomase se ostvaruje supstitucija fosilnih goriva kao obnovljivih izvora energije i u isto vreme garantuje znatno manje narušavanje kvaliteta životne sredine, u poređenju sa efektima koje izaziva upotreba fosilnih goriva [25]. Naime, zbog znatno manje količine N i S u biomasi, količine kiselih gasovitih proizvoda nastale sagorevanjem biomase znatno su manje, a količina oslobođenog ugljenik (IV)-oksida može se hipotetički posmatrati kao količina koja ulazi u novi ciklus proizvodnje biomase - fotosintezu nove biomase. Iz tih razloga su biogoriva i deklarirana kao „green“ energija. Pri sagorevanju biomase dobija se i znatno manja količina ostatka sagorevanja – pepela, no pri sagorevanju mineralnih čvrstih goriva (uglja), što je sa ekološkog aspekta znatno

prihvatljivije. Osim ovih očiglednih prednosti, biomasa je obnovljivi izvor energije u poređenju sa izvorima fosilnih goriva, prirodnog gasa, uglja ili nafte, koji se neuporedivo brže troše no što je potrebno vreme za njihovo nastajanje. Prema podacima za 2012., u Srbiji biomasa kao obnovljivi izvor energije učestvuje sa 61 %, pri čemu je učešće drvene mase 66,7 % i skoro zanemarljivi udeo mase iz poljoprivrede, oko 2 % [26].

Za procenu kvaliteta proizvoda sagorevanja bilo kog biogoriva neophodno je određivanje hemijskog sastava biomase, kao prvog faktora, koji u isto vreme određuje i upotrebnu vrednost biomase. Hemijski sastav preliminarno pruža informaciju o redu veličine kalorične vrednosti ispitivane biomase. U svetu se već decenijama eksploatišu alternativni izvori energije i postoje pozitivna iskustva koja mogu u potpunosti ili delimično da se preuzmu i primene u Srbiji. U Evropi su uspostavljeni standardi za ispitivanje fizičko – hemijskih karakteristika biogoriva – peleta i briketa, sa odabirom i opreme na kojoj ispitivanja bitnih karakterika mogu da se sprovode. U okviru projekta finansiranog od Evropske Unije, koji je trajao u periodu 2007- 2009 - projekat Pyudades [27] propisane su granične vrednosti za količine sumpora (EN 15289) i azota (EN 15104) za proizvode koji se dobijaju hemijskim tretiranjem biomase ili biomase kojoj se za dobijanje biogoriva dodaju aditivi.

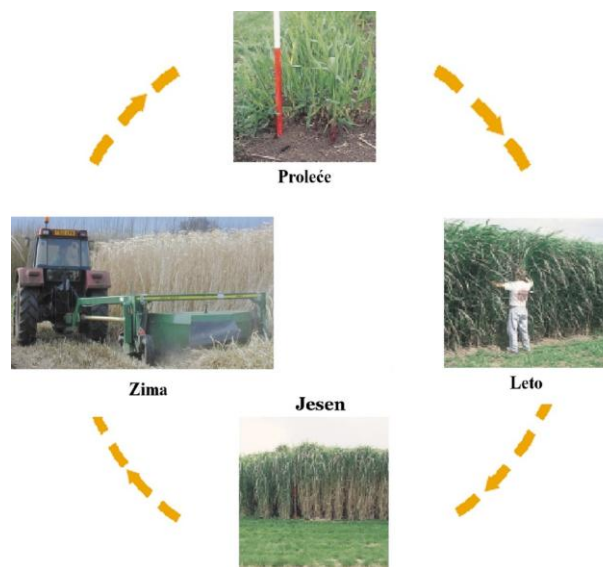
Miskantus (*Miscanthus x giganteus* Greef et Deu.) je identifikovan kao jedan od najboljih izbora, uz niska ulaganja za proizvodnju bioenergije u Evropi i u SAD [7,23]. Ova biljna vrsta je C<sub>4</sub> dugovečna trava (period gajenja 15-20 godina), koja se žanje jednom godišnje i veoma je visokog potencijalnog prinosa, što i predstavlja osnovni preduslov za ekonomičnu bioenergetsku proizvodnju [28]. U Srbiji postoje relativno povoljni agroekološki uslovi za gajenje miskantusa [29]. Zbog efikasne proizvodnje biomase ova trava može imati značajnu ulogu u održivoj poljoprivrednoj proizvodnji gorivne biomase u bliskoj budućnosti.

## 2. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

### 2.1. Materijal i metode

Ogled sa miskantusom zasnovan je 2007., na lokaciji INEP, Zemun (44°51'SGŠ, 20°22'IGD, 82 n.v.), na zemljištu tipa izluženi černozem. Prikupljanje reprezentativnih uzoraka biljnog materijala (slika 1) za ovo istraživanje izvršeno je u dva žetvena roka: u jesen (početkom oktobra) i krajem zime (krajem februara). U vreme maksimuma biološkog prinosa (krajem septembra ili početkom oktobra) usev je zelen i sa visokim sadržajem vlage [30]. Biomasa miskantusa poźnjevena u jesen može se koristiti kao sirovina za biogasnja postrojenja

[31]. Odlaganjem žetve nakon ovog perioda, poboljšava se kvalitet biomase za sagorevanje usled: smanjenja sadržaja vlage i remobilizacije dela makrohranljivih i mikrohranljivih elemenata iz nadzemnih delova useva u rizome (podzemne zadebljale korenove) čime se smanjuje sadržaj neželjenih komponenti u biomasi [7,32]. Međutim, zbog otpadanja lišća i vrhova stabala, biomasa prinosa se od žetvenog roka u oktobru do žetvenog roka u februaru smanji u proseku od 33-38% [33].



Slika 1 - Lokacija (INEP – Zemunu: 44°51'SGŠ, 20°22'IGD, 82 m.n.m.) na kojoj je gajen *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu.

### 2.2. Analiza biomase miskantusa

Biomasa (stablo miskantusa) je osušena na vazduhu i iseckana na sitne komade. Četvrtanjem je od celokupne mase uzorka, iz svakog žetvenog perioda, dobijen srednji uzorak za ispitivanje mase oko jednog kilograma. Na ovakav način odabrani uzorak je usitnjen i pripremljen za hemijsku analizu. Svim uzorcima je određena analitička vlaga sušenjem na 105 °C (SRPS EN 14774-1:2011) u sušnici sa azotom. Ispitivanja sadržaja analitičke vlage kao i svih ostalih parametara sprovedena su u tri probe na istom uzorku, kao obezbeđenje poverenja u kvalitet dobijenih rezultata ispitivanja. Na osnovu količine analitičke vlage vrednost svih ostalih parametara je izražena na uzorak bez analitičke vlage (na suv uzorak). Količina pepela je određena po standardu SRPS EN 14775: 2011, kalorična vrednost po modifikovanoj metodi, prema standardu SRPS EN 14918: 2011, na IKA - calorimeter adiabatic C400. Količina vodonika je određena na Vario EL III CHNS/O Elemental Analyzer systeme GmbH, a količina C, N i S na Vario EL III CNS Elemental Analyzer systeme GmbH. Rezultati ispitivanja prikazani su u Tabeli 1.

## 3. REZULTATI I DISKUSIJA

U Srbiji se uglavnom kao biomasa koriste žetveni ostaci, drvo višegodišnjih biljaka, kao i otpaci prerade drveta koji se prerađuju u pelete i brikete. Sa gajenjem miskantusa se u Srbiji otpočelo znatno kasnije, 2006. godine [34], u poređenju sa istraživanjima koja su na primer u Velikoj Britaniji, Holandiji, Irskoj, Nemačkoj započeta devedesetih godina prošlog veka [7]. Gajenjem miskantusa na oglednom polju INEP-a, su prvi put detaljno ispitane proizvodne odlike i produktivnost mase gajene biljke. Pokazalo se da u prvoj godini gajenja miskantus proizvodi relativno nizak prinos nadzemne biomase, što su pokazala i dostupna, objavljena istraživanja [33,35]. Maksimalni prinosi biomase miskantusa dobijaju se u agro-ekološkim uslovima šire okoline Beograda od treće godine gajenja. Na oglednom polju INEP-a (slika 1), na zemljištu tipa izluženi černozem, za žetvu izvedenu početkom oktobra ostvareni su prinosi biomase od 27,5 - 37,5 t SM ha<sup>-1</sup>, prosečno 32,0 t SM ha<sup>-1</sup>, a za žetvu izvedenu u februaru 20,2 - 28,3 t SM ha<sup>-1</sup>, prosečno 23,5 t SM ha<sup>-1</sup> [33]. Na zemljištima nešto lošijih produktivnih sposobnosti, kao što je na primer gajnjača (kambisol), dobijaju se i manji prinosi: za žetvu izvedenu početkom oktobra prinos biomase 15,5-25,7 t SM ha<sup>-1</sup>, prosečno 20,8 t SM ha<sup>-1</sup>;

Tabela 1 - Količina analitičke vlage, pepela i elementarni sastav biomase *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu

Broj uzorka	Vlaga (%)	Pepeo (%)	Elementarna analiza (%)			
			C	H	N	S
1S	3,69	2,77	46,83	6,13	0,34	< 0,01
2F	4,14	2,04	47,47	6,18	0,07	< 0,01
3S	4,20	2,65	45,84	6,08	0,57	< 0,01
4F	4,10	1,34	47,78	5,86	0,34	< 0,01
5S	3,84	1,49	47,42	6,11	0,25	0,01
6F	5,42	1,36	47,77	6,13	0,47	< 0,01
7S	3,88	1,65	47,73	6,11	0,45	< 0,01
8F	5,16	1,14	49,36	6,54	0,11	< 0,01
9S	3,94	1,39	46,53	6,11	0,25	0,01
10F	5,55	1,62	48,60	5,94	0,11	< 0,01

Količina pepela ispitivanih uzoraka je u opsegu od 1,34 do 2,77 % i samo za tri uzorka veća od 1,5 %, a kod uzoraka 7-10 je manja od 1,5 %. Na osnovu ovog parametra biomasa miskantusa je pogodna za proizvodnju peleta. Upotreba biomase kao biogoriva ima izuzetno veliku komparativnu vrednost u poređenju sa ugljem slične kalorične vrednosti kao što je, na primer, ugalj kolubarskog basena – polje D, koji sagorevanjem daje od 6,67 % (dva uzorka) do 40,45 % [38] ili kostolačkog basena koji sagorevanjem daje 37,12 % pepela [39]. Rezultati elementarne analize biomase pokazuju da je N u opsegu od 0,07 % do 0,57 %.

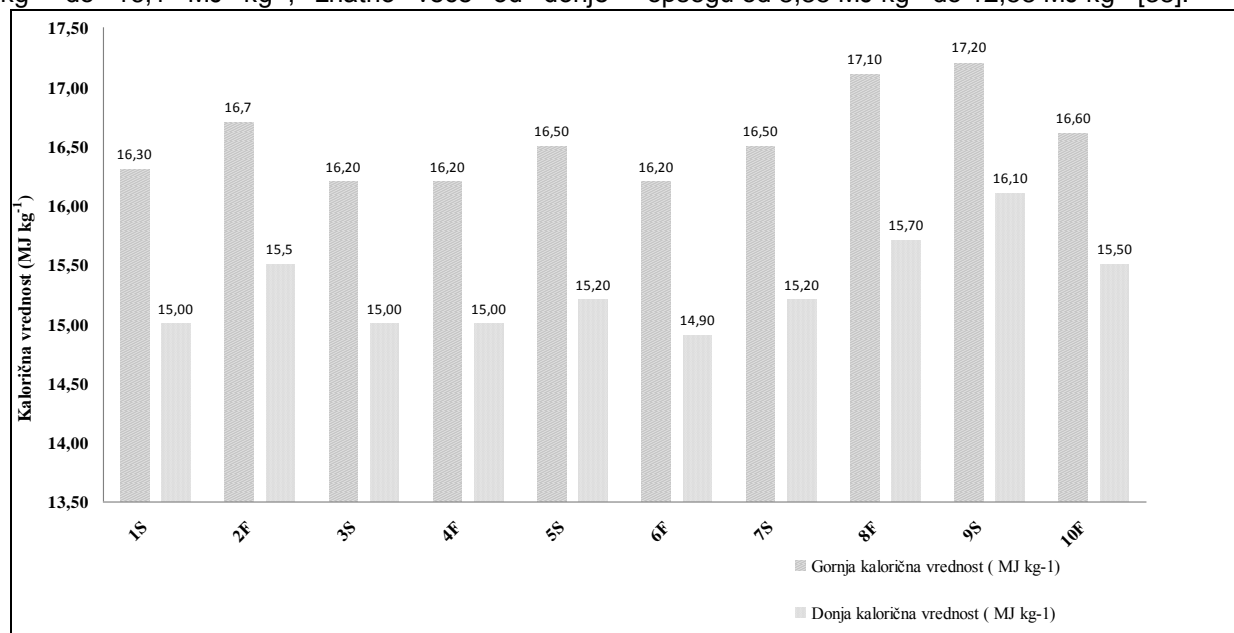
a za žetvu izvedenu u februaru 11,3-18,9 t SM ha<sup>-1</sup>, prosečno 15,2 t SM ha<sup>-1</sup> [33]. Ekonomski isplativom i održivom proizvodnjom se smatra ukoliko je prinos miskantusa >10 t SM ha<sup>-1</sup> [35]. Sezonske razlike u visini prinosa biomase miskantusa uglavnom su posledica vodnog stresa [36].

Ispitivanje fizičko-hemijskih parametara izvršeno je na uzorku biomase pripremljenom od deset stabala miskantusa. Neparnim brojevima su identifikovani uzorci septembarske žetve, a parnim brojevima uzorci februarske žetve. Uzorci 1, 2, 5 i 6 su uzorkovani na parcelama koje su đubrene đubrivom N:P:K u odnosu 15:15:15, dozom 666,66 kg ha<sup>-1</sup>, a uzorci 3, 4, 7 i 8 sa parcela đubrenih đubrivom N:P:K u odnosu 15:15:15, dozom 333,33 kg ha<sup>-1</sup>. U ispitivanim uzorcima biomase miskantusa (tabela 1), osušenih na 105 °C sadržaj apsolutne vlage kretao se u opsegu 3,69 - 5,55 %. Dobijeni podaci korišćeni su za preračunavanje rezultata drugih parametara na suv uzorak. Biomasa miskantusa bi na osnovu ovih rezultata, mogla da se upotrebi za dobijanje peleta, jer je standardom EN 14961 -1:2012 propisano da količina vlage bude manja od 10 %. Svi uzorci žetve u septembru imaju manji sadržaj vlage, što je za očekivati, sa neznatnim odstupanjem kod uzorka 3 i 4.

Zastupljenost S je manja od granice kvantifikacije u najvećem broju uzoraka, osim u uzorku 5 i 9, u kojima je na granici detekcije (< 0,01 %). Ispitane vrednosti za oba elementa su višestruko manje u poređenju sa količinom sumpora u lignitu, koji je po energetske vrednosti uporediv sa ispitivanom biomasom, kao i po količini ugljenika. Međutim, neuporedivi su efekti sagorevanja biomase i bilo kog mineralnog goriva, jer se sagorevanjem biomase dobija ugljenik (IV) - oksid koji se uključuje u proces fotosinteze, hipotetički u rast i razviće maskantusa i tako zatvara kruženje ugljenika bez narušavanja kvaliteta životne sredine. Odredi-

vanjem kalorične vrednosti (slika 2) dobijene su vrednosti: za donju kaloričnu vrednost od 14,9 MJ kg<sup>-1</sup> do 16,1 MJ kg<sup>-1</sup>, znatno veće od donje

kalorične vrednosti lignita kolubarskog basena – polje D koje se eksploatiše, a vrednosti su u opsegu od 8,85 MJ kg<sup>-1</sup> do 12,58 MJ kg<sup>-1</sup> [38].



Slika 2 - Kalorična vrednost (gornja i donja) ispitivanih uzoraka *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu

#### 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu su prvi put prikazani eksperimentalni rezultati ispitivanja količine pepela, elementarnog sastava i kalorične vrednosti biomase maskantusa koji je gajen u Republici Srbiji, na oglednom polju INEP-a. Dobijeni rezultati ispitivanja količine pepela, elementarnog sastava, kao ključnih parametara za procenu uticaja na kvalitet životne sredine i kalorične vrednosti (gornje i donje) sa vrednostima od 14,9 MJ kg<sup>-1</sup> do 16,1 MJ kg<sup>-1</sup>, kao ključnog parametra za procenu energetske vrednosti, nedvosmisleno ukazuju da je perspektivno uvesti biomasu miskantusa kao obnovljivi izvor energije za proizvodnju toplotne energije. Uvođenjem biomase miskantusa, bilo kao peleta, briketa ili u nekom drugom obliku, značajno bi se doprinelo usklađivanju sa Direktivom 2009/28/EC po kojoj je izrađen Nacionalni plan za obnovljive izvore energije, kojim je do 2020. predviđeno učestvovanje obnovljivih izvora energije sa 27 % u bruto potrošnji energije.

#### Zahvalnica

Rad je finansiran od strane Ministarstva *prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije* projektom 176006 (2011-2016), *Ministarstva poljoprivrede i zaštite životne sredine Republike Srbije - Uprave za poljoprivredno zemljište (Ugovor br. 401-00-01237/3/2015-14) u okviru projekta: "Potencijal marginalnih zemljišnih površina u Srbiji za gajenje travnih bioenergetskih useva druge generacije"*.

#### 5. LITERATURA

- [1] R.Priambodo, Teng-Chien Chen, Ming-Chun Lu, A.Gedanken, Jiunn-Der Liao, Yao-Hui Huang (2015) Novel technology for bio-diesel production from cooking and waste cooking oil by microwave irradiation, *Energy Procedia*, 75, 84–91.
- [2] L.Yang, Du Wei, L.Deheu (2015) Efficient biodiesel production from phospholipids-containing oil: synchronous catalysis with phospholipase and lipase, *Biochemical Engineering Journal*, 94, 45–49.
- [3] S.H.Harold (2013) Plants oils and Biodiesel – Chapter 5, book *Chemistry of fossil Fuels and Biofuels*, Technip, Paris, p. 53-69.
- [4] S.H.Kong, S.K.Loh, R.T.Bachmann, S.A.Rahim, J.Saliman (2014) Biochar from oil palm biomass: a review of its potential and challenges, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 729–739.
- [5] L.Brennan, P.Owende (2010) Biofuels from microalgae – a review of technologies for production and extractions of biofuels and co-products, *Renew Sust.Energ.Rev.*, 14, 557-577.
- [6] X.Yuan, J.Wang, G.Zeng, H.Huang, X.Pei, Z.Liu (2001) Comparative studies of thermochemical liquefaction characteristics of microalgae using different organic solvents, *Energy*, 36, 6406-6412.
- [7] I.Lewandowski, J.C.Clifton-Brown, J.M.O.Scurlock, W. Huisman (2000) *Miscanthus*: European experience with a novel energy crop, *Biomass Bioenerg.*, 19, 209–227.
- [8] P.McKendry (2002) Energy production from biomass (part 1): overview of biomass, *Bioresour. Technology*, 83 (1), 37–46.

- [9] P.McKendry (2002) Energy production from biomass (part 2): conversion technologies, *Bioresource Technology*, 83 (1), 47–54.
- [10] E.Grieco, G.Baldi (2011) Analysis and modelling of wood pyrolysis, *Chemical Engineering Science*, 66 (4), 650–660.
- [11] S. van Wim, K.Sascha (2014) Global Potential and Markets – Chapter 2, book *Biomass Power for the World*, Pan Stanford, Eds. Win van Swaaij, Sasch Kersten, Wolfgang Palz, p. 120-137.
- [12] S.Habets, J.P. De Wild, J.J.W.Huijgen, H.R.E.Van Eck (2013) The influence of thermochemical treatments on the lignocellulosic structure of wheat straw as studied by natural abundance <sup>13</sup>C NMR, *Bioresource technology*, 146, 585-590.
- [13] J.E.White, W.J.Catallo, B.L.Legendre (2011) Biomass pyrolysis kinetics: A comparative critical review with relevant agricultural residue case studies, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 91 (1), 1–33.
- [14] M.Garima M, K.Jitendra, B.Thallada Bhaskar (2015) Kinetic studies on the pyrolysis of pinewood, *Bioresource Technology*, 182, 282–288.
- [15] D.A.Laird, R.C.Brown, J.E.Amonette, J.Lehmann (2009) Review of the pyrolysis platform for coproducing bio-oil and biochar, *Biofuels Bioproducts & Biorefining-biofpr*, 3 (5), 547–562.
- [16] S.Kumar, N.Singh, R.P.Ram (2010) Anhydrous ethanol: A renewable source of energy, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 1830-1844.
- [17] A.Hansen, Q. Zhang, P.W.Lyne (2005) Ethanol–diesel fuel blends: A review, *Biores. Technol.*, 96, 277–285.
- [18] E.M.Alzate, R.Muñoz, F.Rogalla, F.Fdz-Polanco, I.S.Pérez - Elvira (2014) Biochemical methane potential of microalgae biomass after lipid extraction, *Chem. Eng. J.*, 243, 405–410.
- [19] S. van Wim, K.Sascha (2014) Biomass as a Renewable Resource for Chemicals, Fuels, and Other Products – Chapter 2, book *Biomass Power for the World*, Pan Stanford, Eds. Win van Swaaij, Sasch Kersten, Wolfgang Palz, p. 289-320.
- [20] M.Dinesh, P.U.Charles, S.H.Philip (2006) Pyrolysis of wood/Biomass for Bio-oil: A critical Review, *Energy Fuels*, 20 (3), 848–889.
- [21] A.Demirbas (2007) Progress and recent trends in biofuels, *Progress in Energy and Combustion Science*, 33, 1–18.
- [22] R.French, S.Czernik (2010) Catalytic pyrolysis of biomass for biofuels production, *Fuel Processing Technology*, 91 (1), 25–32.
- [23] M.Khanna, B.Dhungana, J.Clifton-Brown (2008). Costs of producing miscanthus and switchgrass for bioenergy in Illinois, *Biomass and Bioenergy*, 32 (6), 482-493.
- [24] EN 14961(2009) Solid biofuels - Fuel specifications and classes, multipart standard.
- [25] B.Seshadri, N.S.Bolan, R.Naidu, K.Brodie (2010) The role of coal combustion products in managing the bioavailability of nutrients and heavy metals in soils, *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 10 (3), 378-398.
- [26] Strategija: Razvoj energetike Republike Srbije do 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine, Beograd.
- [27] www.phydades.info (23. 02. 2016)
- [28] Ž.S.Dželetović, G.Z.Andrejić, I.B.Živanović, R.N.Pivić, A.S.Simić, J.S.Maksimović (2014) Zaštita, uređenje i održivo korišćenje poljoprivrednog zemljišta na teritoriji Republike Srbije gajenjem bioenergetske trave *Miscanthus x giganteus*. INEP – Institut za primenu nuklearne energije, str. 113.
- [29] Ž.Dželetović, N.Mihailović, I.Živanović (2013) Prospects of using bioenergy crop *Miscanthus x giganteus* in Serbia. In: *Materials and processes for energy: communicating current research and technological developments* (Ed. Méndez-Vilas A.), Formatex Research Center, Badajoz, Spain, p. 360-370.
- [30] Ž.S.Dželetović (2012) Miskantus (*Miscanthus x giganteus* Greef et Deu.) - proizvodne odlike i produktivnost biomase, *Zadužbina Andrejević*, Beograd.
- [31] F.Dragoni, G.Ragolini, N.Nassi o di Nasso, C.Tozzini, E.Bonari (2011) Suitability of giant reed and miscanthus for biogas: Preliminary investigations on harvest time and ensiling, *Aspects of Applied Biology*, 112, 291-296.
- [32] Ž.Dželetović, N.Mihailović, Đ.Glamočlija, G.Dražić (2009) Odložena žetva *Miscanthus x giganteus* – uticaj na kvalitet i količinu obrazovane biomase, *PTEP – časopis za procesnu tehniku i energetiku u poljoprivredi*, 13 (2), 170-173.
- [33] Ž.Dželetović, J.Maksimović, I.Živanović (2014) Yield of *Miscanthus x giganteus* during crop establishment at two locations in Serbia, *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 18 (2), 62-64.
- [34] Ž.Dželetović, G.Dražić, S.Blagojević, N.Mihailović (2006) Specifični agrotehnički uslovi gajenja miskantusa, *Polj. Teh*, 31, 107–115.
- [35] B.A.Riche, E.N.Yates, G.D.Christian (2008) Performance of 15 different *Miscanthus* species and genotypes over 11 years, *Aspects of Applied Biology*, 90, 207-212.
- [36] U. Mishra, M.S. Torn, K. Fingerman (2013) *Miscanthus* biomass productivity within US croplands and its potential impact on soil organic carbon, *GCB Bioenergy*, 5 (4), 391–399.
- [37] L.Price, M.Bullard, H.Lyons, S.Anthony, P.Nixon (2004): Identifying the yield potential of *Miscanthus x giganteus*: an assessment of the spatial and temporal variability of *M.xgiganteus* biomass productivity across England and Wales, *Biomass and Bioenergy*, 26 (1), 3–13.

- [38] D.Životić, K.Stojanović, I.Gržetić, B.Jovančićević, O.Cvetković, A.Šajnović, V.Simić, R. Stojaković, G.Scheeder (2013) Petrological and geochemical composition of lignite from the D field, Kolubara basin (Serbia), *International Journal of Coal Geology*, 111, 5-22.
- [39] G.Jankes, O.Cvetković, N.Milovanović, M. Ercegovac, M.Adžić, M.Stamenić (2009) Rapid pyrolysis of Serbian soft brown coals, *Thermal Science*, 13 (1), 113-126.

## ABSTRACT

### CHEMICAL INVESTIGATION OF *MISCANTHUS x GIGANTEUS* GREEF ET DEU. CULTIVATED IN SERBIA – A POTENTIAL RENEWABLE SOURCE OF ENERGY

*According to scientific community and professional specialists, urging necessity to increase capacity of sources of energy can be partially achieved by using biomass as a raw material. This approach is justified by both economic and ecological reasons. In this paper the results of chemical study of the biomass *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu. cultivated in the Republic of Serbia in the experimental field of the Institute for Application of Nuclear Energy in Zemun were presented. Study of an amount of ashes, elemental analysis of the biomass, and calorific value of the biomass (both higher and lower), which are critical parameters when estimating the quality of a biofuel, points out the possibility of utilization of the miscantus biomass as a fuel. Samples of the plant material for this study were collected during two harvesting periods: in the fall, when the biological yield is the highest, and at the end of the winter, when a highest quality biomass with respect to the combustion is obtained do to a decrease in moisture content and remobilization of the macro- and micronutrients from the above-ground parts of the plants to the rhizomes. Values of the studied parameters indicate that biomass meets the "green" energy requirements because the amounts of oxides of nitrogen and sulphur in the combustion products would not threaten current quality of the environment and the amount of carbon dioxide produced would be consumed in the process of photosynthesis. Results of the chemical analyses strongly suggest to a high potential of utilization of the miscantus biomass as a biofuel (renewable source of energy) to generate thermal energy.*

**Keywords:** *Physical-chemical analysis of biomass, *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu., biofuel, Serbia, "green" energy*

*Scientific paper*

*Paper received: 15. 03. 2016.*

*Paper accepted: 17. 04. 2016.*

*Paper is available on the website: [www.idk.org.rs/journal](http://www.idk.org.rs/journal)*