

56. HRVATSKI I	56 th CROATIAN AND
16. MEĐUNARODNI	16 th INTERNATIONAL
SIMPOZIJ	SYMPOSIUM ON
AGRONOMA	AGRICULTURE

5. – 10. rujna 2021. | Vodice | Hrvatska

September 5 – 10, 2021 | Vodice | Croatia

ZBORNIK RADOVA

PROCEEDINGS

Vodice, OLYMPIA Sky

Izdavač | Published by **Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**
Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
University Josip Juraj Strossmayer in Osijek

Za izdavača | Publisher **Krunoslav Zmaić**

Glavni urednici | Editors in Chief **Vlatka Rozman**
Zvonko Antunović

Oblikovanje | Design by **Ras Lužaić**

Tisak | Print by **VIN Grafika**

ISSN **2459-5543**

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Agronomski i prehrambeno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Mostaru, Bosna i Hercegovina

Akademija poljoprivrednih znanosti

Association for European Life Science Universities (ICA)

Balkan Environmental Association (B.EN.A)

Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Slovenija

European Hygienic Engineering&Design Group (EHEDG), Germany

European Society of Agricultural Engineers (EurAgEng)

Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede, Univerza v Mariboru, Slovenija

Hrvatska agronomska komora

Hrvatsko agronomsko društvo

Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Sveučilište u Slavonskom Brodu

Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

pod pokroviteljstvom

Ministarstva znanosti i obrazovanja Republike Hrvatske

Ministarstva poljoprivrede Republike Hrvatske

Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja Republike Hrvatske

u suradnji s

Bc Institutom za oplemenjivanje i proizvodnju bilja, Zagreb

Brodsko-posavskom županijom

Društvom agronoma Osijek

Gradom Osijekom

Gradom Požegom

Gradom Slavonskim Brodom

Gradom Vinkovcima

Gradom Vodicama

Hrvatskim lovačkim savezom, Zagreb

Hrvatskom agencijom za poljoprivredu i hranu, Osijek

Hrvatskom gospodarskom komorom, Zagreb

Hrvatskom poljoprivrednom agencijom, Križevci

Institutom za jadranske kulture i melioraciju krša, Split

Institutom za poljoprivredu i turizam, Poreč

Osječko-baranjskom županijom

Poljoprivrednim institutom Osijek

Sveučilištem u Splitu

Turističkom zajednicom Osječko-baranjske županije

Veleučilištem u Požegi

Visokim gospodarskim učilištem u Križevcima

Vukovarsko-srijemskom županijom

organiziraju

56. hrvatski i 16. međunarodni simpozij agronoma

5. do 10. rujna 2021., Vodice, Hrvatska



**Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
and**

Faculty of Agriculture University of Zagreb

Academy of Agricultural Sciences

Association for European Life Science Universities (ICA)

Balkan Environmental Association (B.EN.A)

Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Slovenia

Croatian Chamber of Agronomists

Croatian Society of Agronomy

European Hygienic Engineering&Design Group (EHEDG), Germany

European Society of Agricultural Engineers (EurAgEng)

Faculty of Agriculture and Food Technology, University of Mostar, Bosnia and Herzegovina

Faculty of Agriculture and Life Sciences, University of Maribor, Slovenia

Faculty of Food Technology Osijek, Croatia

Faculty of Veterinary Medicine University of Zagreb

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

University of Slavonski Brod

under the auspices of the

Ministry of Science and Education of the Republic of Croatia

Ministry of Agriculture of the Republic of Croatia

Ministry of Economy and Sustainable Development of the Republic of Croatia

in collaboration with

Agricultural Institute Osijek

Bc Institute for Breeding and Production of Field Crops, Zagreb

Brod-Posavina County

City of Osijek

City of Požega

City of Slavonski Brod

City of Vinkovci

City of Vodice

College of Agriculture in Križevci

College of Slavonski Brod

Croatian Agency for Agriculture and Food, Osijek

Croatian Agricultural Agency, Križevci

Croatian Chamber of Economy

Croatian Hunting Federation

Institute for Adriatic Crops and Karsts Reclamation, Split

Institute of Agriculture and Tourism, Poreč

Osijek-Baranya County

Polytechnic in Požega

Society of Agronomy, Osijek

University of Split

Vukovar-Srijem County

organize

56th Croatian & 16th International Symposium on Agriculture

September 5 - 10, 2021, Vodice, Croatia



Organizacijski odbor **Organizing Committee**

Predsjednik | Chairman
Krunoslav Zmaić, Croatia

Članovi | Members

Zoran Grgić, Croatia
Ivan Ostojić, Bosnia and Herzegovina
Franjo Tomić, Croatia
Arthur Mol, Netherlands
Mariana Golumbeanu, Romania
Nataša Poklar Ulrih, Slovenia
Ludvig Josefsberg, Germany
Peter Groot Koerkamp, Netherlands
Branko Kramberger, Slovenia
Josip Haramija, Croatia
Jurislav Babić, Croatia
Vlado Guberac, Croatia
Ivan Samardžić, Croatia
Nenad Turk, Croatia
Radovan Fuch, Croatia
Marija Vučković, Croatia
Ivica Ikić, Croatia
Danijel Marušić, Croatia
Romeo Jukić, Croatia
Ivan Radić, Croatia
Željko Glavić, Croatia
Mirko Duspara, Croatia
Ivan Bosančić, Croatia
Ante Cukrov, Croatia
Đuro Dečak, Croatia
Darja Sokolić, Croatia
Luka Burilović, Croatia
Katja Žanić, Croatia
Dean Ban, Croatia
Ivan Anušić, Croatia
Zvonimir Zdunić, Croatia
Dragan Ljutić, Croatia
Ivana Jurić, Croatia
Borislav Miličević, Croatia
Marijana Ivanek-Martinčić, Croatia
Damir Dekanić, Croatia

Znanstveni odbor **Scientific Committee**

Predsjednici | Chairmans
Vlatka Rozman, Croatia
Zvonko Antunović, Croatia

Članovi | Members

Nikola Bilandžija, Croatia
Ivica Bošković, Croatia
Anita Bošnjak Mihovilović, Croatia
Mato Drenjančević, Croatia
Jelena Gadže, Croatia
Goran Jukić, Croatia
Željko Jukić, Croatia
Nikolina Kelava Ugarković, Croatia
Dario Iljkić, Croatia
Antonis K. Kokkinakis, Greece
Jelena Kristić, Croatia
Zvezdana Marković, Croatia
Ornella Mikuš, Croatia
Josip Novoselec, Croatia
Aleksandra Perčin, Croatia
Sonja Petrović, Croatia
Maria Popa, Romania
Sanja Radman, Croatia
Irena Rapčan, Croatia
Lidija Svečnjak, Croatia
Tomislav Vinković, Croatia
Vladimir Zebec, Croatia

Tajnik | Secretary
Tihomir Florijančić, Croatia

Energetska svojstva miskantusa nakon primjene mulja iz pročištača otpadnih voda

Jona Šurić, Anamarija Peter, Tajana Krička, Josip Leto, Nikola Bilandžija, Neven Voća

*Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svetošimunska cesta 25, Zagreb, Hrvatska
(jsuric@agr.hr)*

Sažetak

Problem zbrinjavanja mulja iz pročištača otpadnih voda na poljoprivrednim površinama je u ograničenju njegove primjene na površine koje nisu namijenjene proizvodnji hrane. Korištenje mulja u uzgoju energetskih kultura na tlima lošije kvalitete nepogodnima za proizvodnju hrane jedno je od rješenja za zbrinjavanje mulja. Cilj ovog rada je utvrditi razlike u energetske svojstvima miskantusa nakon aplikacije Pravilnikom propisanih 1,66 t ha⁻¹ suhe tvari mulja iz pročištača otpadnih voda. Nakon provedenih analiza gorivih i negorivih tvari te ogrjevnog vrijednosti utvrđeno je kako mulj ne utječe negativno na sastav biomase važnim za energetske iskoristivost.

Ključne riječi: miskantus, mulj, energetska svojstva biomase

Uvod

Sve veći i nekontrolirani porast broja stanovništva u urbanim sredinama dovodi do povećanja potrošnje i upotrebe vode za svakodnevne ljudske potrebe (Singh i Agrawal, 2011.). Takav porast rezultira stvaranjem velikih količina otpadnih voda, koje prolaskom kroz razne pročištače, dovode do izdvajanja neželjenog nusproizvoda koji se naziva mulj (Vouk i sur., 2011.). Republika Hrvatska se obvezala, zbog Europske strategije gospodarenja otpadom (97/C76/01) koja se temelji na Okvirnoj direktivi o otpadu (74/442/EEC), smanjiti udio biorazgradivog otpada, pa tako i mulja koji se odlaže na komunalna odlagališta, čime zbrinjavanje otpadnog mulja iz pročištača otpadnih voda postaje veliki problem. Naime, zbrinjavanje mulja zahtijeva dodatne procese obrade prije ponovnog korištenja ili uporabe. Mogućnost ponovne upotrebe mulja ovisi u velikoj mjeri o njegovom fizikalnom i kemijskom sastavu, a sastav u značajnoj mjeri ovisi o tehnološkom procesu pročišćavanja vode i obrade mulja. Zbrinjavanje mulja je skup i ekološki osjetljiv postupak, a njegova obrada nije jasno definirana zakonskom regulativom čime je gospodarenje muljom značajno otežano. Postojeće zakonodavstvo orijentirano je prvenstveno na korištenje mulja u poljoprivredi te kao građevni materijal (Vouk i sur., 2011.). Mulj iz pročištača otpadnih voda nije bezvrijedan materijal, jer sadrži oko 70% organske tvari čija se energetska vrijednost može iskoristiti, odnosno uporabiti na razne načine. Jedan od načina je da ga se iskoristi na tlima lošije kvalitete koja uz nepovoljne agroklimatske uvjete ne mogu konkurirati u konvencionalnoj proizvodnji hrane. S obzirom na navedeno, kao optimalni način korištenja mulja nameće se njegova primjena na tlima za uzgoj energetskih kultura. Miskantus je upravo jedna od takvih kultura, koja zbog svojih skromnih gnojidbenih potreba i dobre otpornosti pripada skupini perspektivnih sirovina za proizvodnju biomase.

Cilj ovog rada je istražiti koliko će mulj u količini 1,66 t ha⁻¹ suhe tvari propisan Pravilnikom o gospodarenju muljem iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda kada se mulj koristi u poljoprivredi (NN 38/08), imati utjecaj na energetske svojstva miskantusa.

Materijal i metode

U ovom istraživanju analiziran je energetska sastav biomase miskantusa bez (kontrola) i nakon aplikacije mulja iz pročištača otpadnih voda u koncentraciji propisanoj Pravilnikom o primjeni mulja iz pročištača otpadnih voda u iznosu od $1,66 \text{ t ha}^{-1}$ suhe tvari (NN 38/08). Riječ je o pokusnom polju miskantusa koje je postavljeno početkom svibnja 2011. godine reznicama rizoma na među redni razmak od jednog metra. Aplikacija mulja bila je u travnju 2019. godine na principu split plota u četiri ponavljanja s glavnim faktorom primjenom mulja otpadnih voda u dvije različite količine, kontrola od 0 t ha^{-1} te propisanih $1,66 \text{ t ha}^{-1}$. Korišten je mulj iz zagrebačkog pročištača otpadnih voda koji je stabiliziran na način da su u njemu uništeni patogeni organizmi, potencijalni uzročnici bolesti. Uzorci miskantusa uzeti su u studenom 2019. godine, prilikom jesenske žetve na lokaciji Centar za travnjaštvo na pokušalištu Agronomskog fakulteta na Medvednici. Svi laboratorijski postupci provedeni su u tri ponavljanja, a podaci su iskazani preko srednje vrijednosti suhe tvari. Biomasa je osušena prirodnim putem te usitnjena u laboratorijskom mlinu (IKA, Njemačka) nakon čega je standardnim metodama utvrđen: sadržaj pepela (ISO EN HRN 14775:2009), koksa (ISO EN HRN 15148:2009), fiksiranog ugljika (računski) i hlapivih tvari (ISO EN HRN 15148:2009). Udio dušika, ugljika i vodika (HRN EN ISO 16948:2015) te sumpora (HRN EN ISO 16994:2015) određen je CHNS analizatorom (Analysensysteme GmbH, Njemačka), u skladu s protokolima za određivanje, dok se sadržaj kisika izračunao iz razlike. Ogrjevna vrijednost utvrđena je standardnom metodom (HRN EN 14918:2010) u AC600 kalorimetru (LECO, SAD). Na dobivenim rezultatima provedena je analiza varijance ANOVA, dok su razlike između srednjih vrijednosti testirane t-testom (5%) (SAS Institute, 2018.).

Rezultati i rasprava

Kako bi neka vrsta sirovine postala izvor energije, potrebno je odrediti njenu ogrjevnu vrijednost kao i gorive i negorive komponente kroz sadržaj makroelemenata. U Tablici 1 prikazane su vrijednosti kojima se određuje kvaliteta biomase kroz sadržaj pepela, koksa, fiksiranog ugljika i hlapivih tvari. Pepeo je anorganski negorivi dio koji preostaje nakon izgaranja biomase. Što je sadržaj pepela veći, smanjuje se vrijednost biogoriva (Jurišić i sur., 2017.). Iz Tablice 1 može se vidjeti kako se sadržaj pepela s 2,45% smanjio na 2,29%, što je u slučaju energetske karakteristika biomase poželjan pad. Uspoređujući dobiveni rezultat s miskantusom gnojenim muljem u koncentraciji 0 Mg ST ha^{-1} gdje je sadržaj pepela s 2,33% porastao na 2,43% kod koncentracije 10 Mg ST ha^{-1} , što također nije pokazalo signifikantnu razliku (Kolodziej i sur., 2016.). Može se zaključiti da ukoliko i dođe do povećanja u sadržaju pepela kod primjene mulja, i ukoliko ona nije značajna, kao u navedenim primjerima, mulj i dalje pokazuje dobre karakteristike u gnojidbi energetske usjeva.

Tablica 1. Prikaz srednjih vrijednosti određivanih energetske svojstava miskantusa kontrole i nakon primjene $1,66 \text{ t ha}^{-1}$ mulja

	Pepeo (%)	Koks (%)	Fix C (%)	Hlapive tvari (%)
Kontrola	$2,45 \pm 0,40a$	$12,29 \pm 0,81a$	$9,85 \pm 1,09a$	$80,50 \pm 1,29a$
Mulj $1,66 \text{ t ha}^{-1}$	$2,29 \pm 0,17a$	$11,82 \pm 1,19a$	$9,53 \pm 1,10a$	$79,92 \pm 1,23a$

Koks je tvar koja je poželjna u biomasi, on nastaje kao preostali dio nakon procesa u kojem dolazi do izgaranja gorivih, odnosno hlapivih tvari pod utjecajem vrlo visoke temperature (Voća i sur., 2018.). Promatrajući sadržaj koksa u slučaju ovog istraživanja uočen je pad vrijednosti u iznosu 0,47%, što na kraju neće u velikoj mjeri narušiti kvalitetu biomase. Ako se dobiveni rezultat usporedi s rezultatima dobivenim na miskantusu gnojenim krutim stajskim gnojem, gdje je sadržaj koksa prije gnojidbe iznosio 11,90%, a nakon 10,73%, što je pad od 1,17%, mulj ponovno pokazuje bolje predispozicije za gnojidbu energetske

kultura u usporedbi s krutim stajskim gnojem (Geršić, 2016.). Fiksirani ugljik je kruti ostatak nakon gorenja, odnosno nakon otpuštanja hlapivih tvari (Peter i sur., 2019.). Kod važnijih energetske kulture u Hrvatskoj sadržaj fiksnog ugljika iznosi 11,40% (Jurišić i sur., 2017.). Ako se pogleda utjecaj mulja na sadržaj ugljika u miskantusu koji je istraživao u ovom radu, tada se može zaključiti kako je on ipak nešto niži od prosječnih vrijednosti. Iz dosadašnjih istraživanja vidljivo je kako biomasa ima visok udio hlapivih tvari, te se vrijednosti kreću između 75-90% (Voća i sur., 2018.). Hlapive tvari se oslobađaju prilikom djelovanja na biomasu izrazito visokim temperaturama. Kod slučaja miskantusa koji je tretiran muljem, postotak hlapivih tvari nešto je nižih vrijednosti, no i dalje ulazi u prosjek hlapivih tvari biomase važnijih energetske kulture u Hrvatskoj čije se vrijednosti kreću oko 77,58% (Jurišić i sur., 2017.). Ako se uspoređi sadržaj hlapivih tvari kod miskantusa bez primjene NPK mineralnog gnojiva (88,02%) i nakon primjene (89,32%), može se primijetiti rast od 1,31% što u slučaju hlapivih tvari nije poželjna pojava, pa se mulj i kod ovog mjereno parametra pokazao kao bolji izbor (Geršić, 2016.). Nadalje, u Tablici 2 su prikazane donja i gornja ogrjevna vrijednost. Gornja vrijednost izražava količinu energije koja se otpušta prilikom potpunog izgaranja jedinice mase goriva, pri čemu se plinovi hlade na 25°C dok se voda iz njih izlučuje kao kondenzat. Rezultat dobiven prilikom ovog istraživanja pokazuje kako postoji značajna razlika u gornjoj ogrjevnoj vrijednosti kod kontrolnih biljaka i onih gnojnih muljem, točnije kulture bez mulja imale su vrijednost 17,44 MJ kg⁻¹, dok one gnojne 17,73 MJ kg⁻¹. Signifikantna razlika u ogrjevnoj vrijednosti uočena je i kod miskantusa u istraživanju gdje je korišten mulj u koncentraciji 10 Mg ST ha⁻¹ u odnosu na miskantus gdje nije primijenjen mulj. Na kontrolnim poljima gornja ogrjevna vrijednost iznosila je 18,2 MJ kg⁻¹, a na biljkama gdje je korišten mulj 17,9 MJ kg⁻¹ (Kolodziej i sur., 2016.). Kod donje ogrjevnosti, kod plinova odnosno prilikom hlađenja voda tj. vlaga u njima ostaje u plinovitom stanju te toplina kondenzacije vodene pare ostaje neiskorištena. Vrijednosti dobivene prije i nakon primjene mulja iz pročištača otpadnih voda na miskantus u ovom istraživanju, pokazuju kako je razlika značajna te kako je količina mulja utjecala na ogrjevnost miskantusa. Isti rezultat dobili su i znanstvenici u Poljskoj. Kod njih je miskantus gnojen različitim količinama mulja također davao značajnu razliku kod donje ogrjevnosti. Točnije biljke miskantusa koje nisu bile tretirane muljem imale su donju ogrjevnost 5,69 MJ kg⁻¹, dok je miskantus gnojen muljem u koncentraciji 100 kg N ha⁻¹ imao 5,92 MJ kg⁻¹, a onaj gnojen s muljem 160 kg N ha⁻¹ iznosi je 6,01 MJ kg⁻¹ (Dubis i sur., 2020.).

Tablica 2. Prikaz gornje i donje ogrjevnosti miskantusa kontrole i nakon primjene 1,66 t ha⁻¹ mulja

	Gornja ogrjevna vrijednost (MJ kg ⁻¹)	Donja ogrjevna vrijednost (MJ kg ⁻¹)
Kontrola	17,44±0,29a	16,13±0,29a
Mulj 1,66 t ha ⁻¹	17,73±0,21b	16,40±0,21b

U svim vrstama goriva, pa tako i u biogorivima ugljik je najvažniji element. Njegov sadržaj određuje kvalitetu goriva i sukladno tome što je više ugljika to je kvaliteta goriva bolja (Vassilev i sur., 2010.). Odmah poslije ugljika, prema važnosti makroelemenata dolazi vodik. Oba navedena elementa prilikom oksidacije pripadaju egzotermnim reakcijama, što znači da oslobađaju toplinu čime se povećava ogrjevna vrijednost biomase (Paniagua i sur., 2017.). U Španjolskoj su muljem iz pročištača otpadnih voda gnojili topolu *Populus x*, a potom analizirali njegov utjecaj na energetske karakteristike kulture. Kod topole sadržaj ugljika prije korištenja mulja iznosio je 49,5%, a nakon 49,6%, dok je sadržaj vodika porastao s 5,80% na 5,95% (Paniagua i sur., 2017.). Ako se ti rezultati usporede s

miskantusom promatranim u ovom istraživanju, gdje se sadržaj ugljika povećao za samo 0,43%, jasno je kako mulj nije značajno utjecao na energetska svojstva miskantusa.

Biomasa uobičajeno, u usporedbi s fosilnim gorivima, ima manji sadržaj dušika i sumpora što ujedno znači i manje emisije štetnih plinova (NO_x i SO_2) prilikom izgaranja (Bilandžija, 2017.). Dušik je negorivi element čime se smanjuje ogrjevnost goriva, dok je sumpor najslabije zastupljen element i gotovo se uvijek nalazi samo u tragovima unutar biomase (Matin i sur., 2013.). Iz Tablice 3 vidljivo je kako se sadržaj dušika smanjio za 0,04% prije i nakon aplikacije mulja na miskantusu. Usporedimo li dobiveni postotak sa sadržajem dušika kod miskantusa gnojenim krutim stajskim gnojem, gdje je prije aplikacije gnoja dušika bilo 0,35%, a nakon 0,42%, može se zaključiti kako je kruti stajski gnoj pridonio povećanju koncentracije dušika u biomasi (Geršić, 2016.).

Tablica 3. Prikaz srednjih vrijednosti makroelemenata miskantusa u kontroli i nakon primjene $1,66 \text{ t ha}^{-1}$ mulja

	C (%)	H (%)	N (%)	S (%)	O (%)
Kontrola	$50,46 \pm 0,80a$	$6,01 \pm 0,04a$	$0,30 \pm 0,06b$	$0,06 \pm 0,01a$	$43,16 \pm 0,78a$
Mulj $1,66 \text{ t ha}^{-1}$	$50,89 \pm 0,72a$	$6,09 \pm 0,04b$	$0,26 \pm 0,04a$	$0,06 \pm 0,00a$	$42,70 \pm 0,74a$

Zaključak

Na temelju provedenih fizikalno-kemijskih laboratorijskih analiza može se zaključiti:

1. Razlike u makroelementima i sadržaju pepela, koksa, fiksiranog ugljika, hlapivih stvari i ogrjevnost vrijednosti nakon aplikacije Pravilnikom propisanih $1,66 \text{ t ha}^{-1}$ nisu značajne u ni jednom mjerenom parametru.
2. Ukoliko razlike u mjeranim parametrima nastave imati ovakav trend gdje nema značajnih razlika u vrijednostima, to ostavlja prostor za povećanje koncentracije apliciranog mulja na tlima gdje se uzgajaju energetske kulture.

Napomena

Ovo istraživanje financirala je Hrvatska zaklada za znanost u okviru projekta br. IP-2018-01-7472, "Zbrinjavanje mulja kroz proizvodnju energetskih kultura" u okviru projekta „Projekt razvoja karijera mladih istraživača – izobrazba novih doktora znanosti“ uz sufinanciranje od strane Europske unije, u okviru OP „Učinkoviti ljudski potencijali 2014-2020“ iz sredstava ESF-a.

This research was funded by the Croatian Science Foundation (HRZZ) under project No. IP-2018-01-7472 „Sludge management via energy crops' production“, and within the project “Young Researchers' Career Development Project – Training of Doctoral Students”, co-financed by the European Union, under the OP “Efficient Human Resources 2014-2020” from the ESF funds.

Literatura

- Bilandžija N., Jurišić V., Voća N., Leto J., Matin A., Grubor M., Krička T. (2017). Energy Valorization Of *M. giganteus* Biomass: A Case Study In Croatia. Journal of processing and energy in agriculture. 21, 32-36.
- Dubis B., Jankowski K. J., Zaluski D., Sokolski M. (2020). The effect of sewage sludge fertilization on the biomass yield of giant miscanthus and the energy balance of the production process. Energy. 206 (2020), 118189.

- Geršić A. (2016). Energetske karakteristike trave *M. giganteus* ovisno o gnojidbenom tretmanu i roku žetve. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.
- Jurišić V., Voća N., Bilandžija N., Krička T., Antonović A., Grubor M., Matin A., Kontek M. (2017). Pirolitička svojstva važnijih energetskih kultura u RH. 52. Hrvatski i 12. Međunarodni simpozij agronoma, Vila i Antunović (eds.), 651-655. Dubrovnik, Hrvatska. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku.
- Kolodziej B., Antonkiewicz J., Sugier D. (2016). *Miscanthus x giganteus* as a biomass feedstock grown on municipal sewage sludge. *Industrial Crops and Products*. 81, 72-81.
- Matin A., Krička T., Jurišić V., Bilandžija N., Voća N., Mrkšić J. (2013). Energetska iskoristivost ljuške oraha i lješnjaka. 48 Hrvatski i 8. Međunarodni simpozij agronoma, Marić i Lončarić (eds.), 836-840. Dubrovnik, Hrvatska. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku.
- Paniagua S., Escudero L., Coimbra R.N., Escapa C., Otero M., Calvo L.F. (2017). Effect of Applying Organic Amendments on the Pyrolytic Behavior of a Poplar Energy Crop. *Waste and Biomass Valorization*. 9(8), 1435-1449.
- Peter A., Dujmović Purgar D., Bukarica I., Grubor M., Voća N. (2019). Korištenje biomase invazivne biljne vrste cigansko perje (*Asclepias syriaca* L.) u proizvodnji energije. 54. Hrvatski i 14. Međunarodni simpozij agronoma, Bioč i Širić (eds.), 593-597. Vodice, Hrvatska. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb, Hrvatska.
- SAS Institute 2018. SAS/STAT Software: Changes and enhancements through Rel. 6.12. Sas Inst., Cary, NC, USA.
- Singh R. P. and Agrawal M. (2011). Use of sewage sludge as fertiliser supplement for *Abelmoschus esculentus* plants: physiological, biochemical and growth responses. *International Journal of Environment and Waste Management*. 3(1-2), 91-106.
- Vassilev S. V., Baxter D., Vassileva C. G., Andersen L. K. (2010). An overview of the chemical composition of biomass. *Fuel*. 89, 913-933.
- Zakon o otpadu (»Narodne novine« broj 178/04 i 111/06), Pravilnik o gospodarenju muljem iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda kada se mulj koristi u poljoprivredi (NN 38/2008). Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva. 2.4.2008.
- Voća N., Krička T., Peter A., Grubor M., Matin A., Jurišić V. (2018). Energetska iskoristivost kore i sjemenke nara. 53. Hrvatski i 13. Međunarodni simpozij agronoma, Rozman i Antunović (eds.), 535-539. Vodice, Hrvatska. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta J.J. Strossmayera u Osijeku.
- Vouk D., Malus D., Tedeschi S. (2011). Muljevi s komunalnih uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. *Građevinar*. 63(4), 341-349.

Energy composition of *Miscanthus* after application of mud from wastewater treatment plant

Summary

The problem of mud disposal from wastewater treatment plants on agricultural soil is in limiting application to soil which is not intended for food production. The use of mud in the farming of energy crops to take advantage of soils with bad quality is one of the solutions for mud disposal. The aim of this paper is to determine the differences in the energy value of *miscanthus* after the application of the prescribed 1.66 t/ha of sludge. Analyses of combustible and non-combustible substances, calorific value, with monitoring of biomass income were performed. After the research, no significant differences in values important for the energy efficiency of biomass were observed.

Key words: *miscanthus*, mud, energy properties of biomass

Upotreba robota u poljoprivredi

Domagoj Zimmer, Mladen Jurišić, Luka Šumanovac, Pavo Lucić

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, Osijek, Hrvatska (dzimmer@fazos.hr)

Sažetak

Tehnologija razvoja robota svakim danom pomiče granice svoje primjene. Poljoprivreda je pored automobilske industrije jedna od vodećih grana razvoja robotike i njene primjene. U radu je pojašnjen princip rada robota i prikazani su različiti oblici robota koji pomažu poljoprivrednicima u ratarstvu i povrtlarstvu. Osim primjene robota, prikazana je ukupna ušteda u proizvodnji, ušteda kemijskih sredstava za zaštitu bilja i eksploatacijski učinak.

Ključne riječi: roboti, kontroleri, robotski sustavi

Uvod

Poljoprivredni robot je robot koji obavlja određene ili sve poslove u poljoprivredi. Područja primjene robota u poljoprivredi su različita. Glavne odlike primjene robota su manji troškovi proizvodnje i manja potreba za fizički rad ljudi (Oljača i sur., 2014. i Jelovčan i sur., 2020.). Robot obično podrazumijeva elektromehanički stroj koji se može kretati, izvoditi operacije pomoću članka udova, osjećati vanjske podražaje i fizički utjecati na svoju okolinu (Zutven i sur., 2009.). Lapov-Padovan i sur. (2018.) smatraju da je robotika grana inženjerske znanosti i tehnologije. Robotika objedinjuje mehaniku, elektroniku, računarstvo, informacijske sustave i automatiku. Osnovna je podjela robota prema stupnju samostalnosti: industrijski roboti i autonomni mobilni roboti. Crneković (2014.) i Kasać (2015.) navode da su osnovni dijelovi robota kontrolna jedinica, upravljački softver, aktuatori (najčešće elektromotori) i senzori. Upotrebljavajući senzore opremljeni robot omogućuje kreiranje karata u biljnoj proizvodnji (Zimmer i sur., 2020.). Na tržištu već postoje razni roboti koji su programirani i specijalizirani za branje određenih vrsta i usjeva te su uspjeli zamijeniti ljudsku radnu snagu, međutim robotika se mora i dalje usavršavati i unaprjeđivati za obavljanje složenih zadataka. Cilj razvitka robotike je osiguranje podrške ljudskoj radnoj snazi prilikom branja, što u konačnici dovodi do povećane produktivnosti (Stajanko, 2014.). Robotske tvrtke usmjerene su na poljoprivredni rast, obzirom na to da će svjetska populacija do 2050. godine dosegnuti oko 10 milijardi, nužno je prehraniti što više ljudi uz što manju potrošnju resursa, a primjena robota i robotske automatizacije to omogućuje (Beacher i Vigneault, 2016.). Poljoprivredni roboti mogu biti autonomni ili poluautonomni sustavi koji se mogu kretati u različitim tokovima procesa kod obavljanja složenih problema. Roboti u poljoprivredi su integrirani s visokim postotkom uspjeha u izvršavanju, ponavljajućih zadataka kako bi smanjili radno opterećenje ljudi i optimizirali vrijeme i troškove u vezi s pripremom tla (Lapov-Padovan i sur. (2018.), navodnjavanjem, zaštitom bilja (Zimmer i sur., 2020., Yaghoubi i sur., 2013., Adamides i sur., 2017.a, Adamides i sur., 2017.b), rezidbom (Moreno i sur., 2018.), berbom (Oberti i sur., 2013., Akbar i sur., 2016., Bac i sur., 2014., De-An i sur., 2011.), nadzor i kontrolu (Nuske i sur., 2011.a, Nuske i sur., 2011.b, Corollaro i sur., 2014., Donis-González i sur., 2016., Lunadei i sur., 2012., Munera i sur., 2017.) i mapiranje (Pace i sur., 2011.). Dael i sur., 2017. navode da nakon samo godinu dana, uvođenje robota u proizvodne procese je proizvodno i financijski opravdano. Prema (Cheein i sur., 2011., Lukenda 2015., Noguchi i sur., 2014., Schueller 2006.), automatizacija je