

Skladištenje energetske kulture za potrebe proizvodnje bioplina

Špelić, Karlo; Krička, Tajana; Matin, Ana; Bilandžija, Nikola; Jurišić, Vanja

Source / Izvornik: **Zbornik radova 57. hrvatskog i 17. međunarodnog simpozija agronoma, 2022, 666 - 670**

Conference paper / Rad u zborniku

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:663941>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



Skladištenje energetske kulture za potrebe proizvodnje bioplina

Karlo Špelić, Tajana Krička, Ana Matin, Nikola Bilandžija, Vanja Jurišić

Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska
(kspelic@agr.hr)

Sažetak

Proizvodnja temeljena na održivoj energiji obvezna je od stupanja na snagu Europskih direktiva kojima su zaključeni ciljevi smanjenja emisija štetnih plinova. Poljoprivredni potencijal korištenja biomase kao obnovljivog i održivog izvora energije postavljen je kao jedan od načina dobivanja energije. Radom će se dati pregled negativnog utjecaja korištenja dosadašnjih tehnologija proizvodnje bioplina iz jednogodišnjih poljoprivrednih kultura kao što je kukuruz. Održivost proizvodnje može se postići korištenjem višegodišnjih energetske kulture. Cilj rada je dati pregled mogućnosti skladištenja energetske kulture kako bi se ustanovilo mogu li dosadašnje tehnologije biti primjenjive na energetske kulture.

Ključne riječi: energetske kulture, skladištenje, bioplina, ruralni razvoj

Uvod

Porast zabrinutosti zbog utjecaja energije fosilnog podrijetla na okoliš, ubrzala je razvoj održive i zelene energije na globalnoj razini. Jedna od potencijalnih zamjena energije fosilnih goriva je biomasa iz poljoprivrede budući da predstavlja dugoročno obnovljiv i CO₂ neutralan izvor (Johnson i sur., 2007.). Moguća primjena biomase u proizvodnji energije je putem bioplinskih postrojenja (Špicnagel i sur., 2014.), a najčešće korišteni supstrat u proizvodnji bioplina, uz životinjski otpad, je kukuruz uskladišten u obliku silaže. Prema posljednjim EU smjernicama, takav način korištenja jednogodišnjih kultura nije održiv. Smatra se da prevelika zastupljenost jednogodišnjih kultura poput kukuruza ima negativan utjecaj na tlo te dolazi do povećanja emisija stakleničkih plinova. Uz navedene negativne posljedice korištenja kukuruzne silaže u proizvodnji bioplina, jedna od najvećih je izravna kompeticija s proizvodnjom hrane jer se kukuruz koristi u dobivanju raznih proizvoda u prehrambenoj industriji za potrebe ljudi, ali i doradi i preradi za potrebe hrane za životinje (Kiesel i Lewandowski, 2014.). Stoga je u proizvodnji bioplina potrebno ubrzano početi koristiti kulture koje neće imati navedene negativne utjecaje.

S namjerom smanjenja negativnog utjecaja korištenja jednogodišnjih konvencionalnih kultura u proizvodnji bioplina održivost bi se mogla postići primjenom višegodišnjih energetske kulture. Višegodišnje energetske kulture poput *Miscanthus x giganteus*, *Panicum virgatum* i *Arundo donax* L. predstavljaju lignoceluloznu sirovinu visokog prinosa nadzemne biomase po jedinici površine (Bilandžija i sur., 2017.). Bioplinski potencijal kukuruzne silaže kreće se oko 6.000 m³ ha⁻¹, dok višegodišnja energetska kultura *Miscanthus x giganteus* može dati i prinose bioplina do 6.150 m³ ha⁻¹. No, da bi se ostvario takav potencijal potrebo je osigurati prinos biomase u rasponu od 19-26 t s. tv. ha⁻¹ (Whittaker i sur., 2016.). *Panicum virgatum*, odnosno divlje proso također predstavlja potencijalnu višegodišnju energetska kultura za korištenje u procesu proizvodnje bioplina. Provedenim istraživanjima postignuti su prinosi i do 25 t s. tv. ha⁻¹ (Collins i sur., 2008.). *Arundo donax* L. je invazivna višegodišnja energetska kultura koja je široko rasprostranjena u Hrvatskoj. Nadzemna stabljika dosegne visinu i do 9 m, a sklop biljke je vrlo gust zbog čega ova kultura može ostvariti prinos biomase i do 30 t s. tv. ha⁻¹ (Riffaldi i sur., 2010.). Kako bi se ostvario

potpuni energetska potencijal ovih kultura nakon žetve potrebno ih je pravilno uskladištiti. Stoga, cilj rada je dati pregled mogućnosti skladištenja višegodišnjih energetskih kultura s obzirom na trenutne tehnologije skladištenja.

Skladištenje energetskih kultura

Tehnologija i način skladištenja prvenstveno će ovisiti o načinu žetve energetskih kultura. Za potrebe proizvodnje bioplina preporučuje se žetva u jesen jer se time omogućuje ostvarivanje većih prinosa biomase i bioplinskog potencijala (Lewandowski i Heinz, 2003.). Žetva višegodišnjih energetskih kultura za potrebe bioplina može se provesti korištenjem različitih tehnika košnje usjeva. Krmni kombajni mogu se koristiti za dobivanje silirane mase, odnosno silaže, dok se košnjom i prešanjem u bale dobiva sjenaža (Bilandžija i sur., 2017.).

Skladištenje podrazumijeva posljednju fazu koja prethodi njihovoj daljnjoj doradi i preradi energetskih kultura i proizvodnji bioplina, to jest predstavlja mjesto gdje se biomasa čuva u adekvatnim prostorima, na određeni period (Renko, 2011.; Krička i sur., 2021.). O samoj tehnologiji i načinu skladištenja ovisit će kvaliteta i kvantiteta sirovine što znači da je potrebno obratiti posebnu pozornost na procese skladištenja. Nepravilno skladištenje može utjecati na pojavu određenih gubitaka poput mase, vlage, suhe tvari, ali i bioplinskog potencijala (Emery, 2013.).

Postoji nekoliko mogućnosti skladištenja energetskih kultura s obzirom na njihovu formu i to u obliku bala u otvorenim ili zatvorenim tipovima skladišta, a u obliku silaže u horizontalnim i vertikalnim skladištima, te plastičnim crijevima (Mastilović i sur., 2011.; Assirelli i sur., 2018.; Krička i sur., 2021.).

Skladištenje energetskih kultura u obliku bala

Energetske kulture formirane u obliku bala predstavljaju najjednostavnije rješenje s aspekta njihova skladištenja. Omatanjem bala u plastične folije, postiže se smanjenje gubitaka u masi i sadržaju suhe tvari, ali i stvaranju povoljnih uvjeta za proces anaerobne fermentacije unutar bale čime se dobiva sjenaža. Sirovinom uskladištenom u obliku sjenaže ostvarit će se veći bioplinski potencijal u usporedbi s balama bez omotane folije iz razloga što procesom fermentacije dolazi do djelomične razgradnje biomase te smanjenja udjela teško razgradivih struktura poput lignina. Skladištenje bala u zatvorenom prostoru podrazumijeva sagrađene objekte za skladištenje, dok je skladištenje na otvorenom prostoru najrentabilniji i najčešće korišteni oblik skladištenja. No, potrebno je imati u vidu utjecaj vremenskih prilika, ali i odabir podloge skladišta. Nepovoljan način skladištenja na otvorenom može dovesti do negativnog utjecaja na sirovinu, što može rezultirati stvaranjem gubitaka u vidu mase i suhe tvari. Nastajanje gubitaka u konačnici će dovesti do smanjenog bioplinskog potencijala energetskih kultura. Iz tog razloga, za skladištenje na otvorenom prvenstveno je potrebno koristiti određene tipove podloge (palete, kamen) kako bi se izbjegao kontakt s tlom. Za prekrivanje bala dovoljno je koristiti cerade ili plastične folije kojima će se djelomično umanjiti navedeni gubici (Emery, 2013.; Krička i sur., 2017.; Leto i sur. 2017.).

Skladištenje silaže energetskih kultura

Horizontalni silos najčešći je oblik silosa koji se koristi na trenutnim postrojenjima i gospodarstvima. Na velikim postrojenjima najčešće su smješteni u obliku baterija, odnosno nalaze se jedan kraj drugog, dok su na manjim gospodarstvima građeni kao samostalni objekti. Prostor za skladištenje može biti u obliku silo hrpe ili trenč silosa. Silo hrpa predstavlja oblik horizontalnog silosa bez građenih bočnih stranica, pri čemu se silirana sirovina istovaruje iz transportnih sredstava na jedno mjestu, pri čemu se stvara hrpa. Ipak, u proizvodnji silaže pretežno se koriste trenč silosi koji imaju izgrađene betonske bočne

stranice, čime se kapacitet silosa znatno povećava (Brkić i sur., 2000.). Tehnologija punjenja horizontalnih silosa provodi se traktorima i transportnim sredstvima (prikolicama), koji silažu energetskih kultura istovaruju u prostor horizontalnog silosa. Po završetku istovara, zaprimljenu sirovinu potrebno je sabijati traktorima koji ujedno jednoliko raspodjeljuju silažu duž silosa. Uloga sabijanja silaže može se promatrati u vidu smanjenja volumena sirovine, odnosno s ciljem povećanja kapaciteta silosa, ali i stvaranja anaerobnih uvjeta za povoljnu fermentaciju silaže (Grbeša, 2016.). Lisowski i sur. (2020.) zaključuju kako najveći utjecaj na zbijenost silaže ima sadržaj suhe tvari, veličina čestica silaže, broj prohoda, debljina sloja i pritisak. Stoga je, prilikom sabijanja, potrebno koristiti traktore sa što većim opterećenjem po jedinici površine, pri čemu silaža mora biti dobro usitnjena, a žetva obavljena kada je sadržaj suhe tvari nizak.

Iako znatno manje korišteni, vertikalni silosi predstavljaju jedan od mogućih načina skladištenja energetskih kultura u obliku silaže. Prednost gradnje takvih tipova silosa proizlazi iz njihovog oblika, silo ćelija, promjera 5-8 m i visine do 20 m, koji u prostoru ne zauzimaju puno jedinične površine na postrojenju. No, zbog kompleksnosti izgradnje, cijene, ali i tehnologije punjenja i pražnjenja ovog tipa silosa, mali broj gospodarstava odlučuje se na ovaj tip skladištenja. Punjenje silosa izvodi se putem pneumatskih transportera koji silažu transportiraju na vrh silosa, pri čemu silaža unutar silosa gravitacijskim putem pada na dno. Pražnjenje ćelije može se izvesti putem freza smještenih na dnu, čija je uloga zahvaćanje silaže i transportiranje do mjesta za uporabu (Savoie i sur., 2003.). Takav način izuzimanja smanjuje prodiranje i izravni kontakt zraka sa silažom što znači da će kvarenje biti manje izraženo u usporedbi s horizontalnim silosima. Zbijenost silaže unutar ovog tipa silosa postiže se postavljanjem sustava s rotirajućim betonskim ili metalnim valjcima nakon što je silosna ćelija napunjena. No, zbog toga dolazi do velike neujednačenosti zbijenosti silaže po vertikalnom presjeku ćelije što predstavlja problem pri procesu fermentacije (Adesogan i Newman, 2014.). Za oba načina skladištenja vrlo je bitno ostvarivanje povoljnih uvjeta za proces anaerobne fermentacije. Uspješan proces anaerobne fermentacije podrazumijeva dobivanje kvalitetne silirane sirovine s visokom energetskom vrijednosti, povoljnom za korištenje u bioplinskom postrojenju. Za sam proces fermentacije, najvažnije je postići stabilnost silaže smanjenjem pH vrijednosti sirovine. Smanjenje pH vrijednosti događa se shodno procesu fermentacije, odnosno uslijed djelovanja bakterija mliječne kiseline i ugljikohidrata topivih u vodi, u anaerobnim uvjetima, te proizvodnje organske kiseline. Prema Silva (2017.), čuvanje silaže u stabilnoj fazi gdje nema bioloških aktivnosti može trajati neograničeno, Pakarinen i sur. (2008.) navodi kako nije uočen gubitak bioplinskog potencijala energetskih trava nakon 11 mjeseci skladištenja.

Skladištenje u plastična crijeva

Silaža energetskih kultura u horizontalno postavljena plastična crijeva predstavlja način skladištenja koje nije vezano uz stalni gospodarski objekt i određenu površinu za skladištenje. Dužina crijeva može se odrediti proizvoljno, što znači da bi jedno napunjeno crijevo moglo odgovarati dnevnim potrebama bioplinskog postrojenja. Na taj način onemogućili bi se već spomenuti gubitci zbog utjecaja prodora zraka unutar silosa. Za punjenje plastičnih crijeva, silažu je potrebno transportirati do mjesta za punjenje, silo-preše, koja utiskuje silažu u plastična crijeva. Takav sustav skladištenja dovodi do smanjenja ulaganja u usporedbi s klasičnim horizontalnim silosima jer za potrebe izrade iste količine sirovine potrebno je uložiti 8 % manje energije što dovodi do smanjenja troškova za 7 %. Nedostatak ovog načina skladištenja može se gledati kroz velike potrebe za plastičnom folijom, koja služi za omatanje silaže u oblik crijeva, ali i problematičnom izuzimanju. Stoga, u posljednje vrijeme, provode se istraživanja na različitim tehnikama izuzimanja s

posebnim naglaskom na silažu energetskih kultura s ciljem promicanja korištenja skladištenja u formi crijeva (Zimmer, 2009.; Assirelli i sur., 2018.).

Zaključak

Klimatske promjene koje se događaju utječu na pojavu ekstremnih temperatura koje posljedično utječu na sušu, smanjenje prinosa te genetske promjene na pojedinim kulturama. Jedna od najznačajnijih kultura u svijetu koja se našla pod utjecajem klimatskih promjena je kukuruz koji se koristi za hranu i dobivanje energije. Vodeći se spomenutim, upotreba sirovina višegodišnjih energetskih kultura u obliku silaže ili sjenaže moguća je za dobivanje energije na bioplinskim postrojenjima. Pri tome je važno istaknuti kako nije potrebno razvijati nove tehnike i tehnologije skladištenja. Moguće je koristiti dosadašnje skladišne objekte, što znači da nisu potrebna nova ulaganja na već izgrađenim postrojenjima za proizvodnju bioplina. Svi navedeni oblici skladišta mogu se koristiti za potrebe skladištenja energetskih kultura, no potrebno je dodatno istražiti utjecaj skladištenja na bioplinski potencijal energetskih kultura.

Napomena

Ovo istraživanje financirano je putem OP Konkurentnost i kohezija 2014-2020, projekta KK.01.1.1.07.0078 „Održiva proizvodnja bioplina zamjenom kukuruzne silaže poljoprivrednim energetskim kulturama“.

Literatura

- Adesogan A.T., Newman Y.T., (2014). Silage Harvesting, Storing, and Feeding. University of Florida.
- Assirelli A., Santangelo E. (2018). An extractor for unloading the wet biomass stored in silo bag. *Industrial Crops and Products*. 123: 128-134.
- Bilandžija N., Leto J., Fabijanić G., Sito S., Smiljanović I. (2017). Tehnike žetve poljoprivrednih energetskih kultura. *Glasnik zaštite bilja*. 40(4): 112-119.
- Brkić D., Vujčić M., Šumanovac L., Jurišić, M. (2000). Strojevi i uređaji za spremanje silaže, Vinkovci. Poljoprivredni fakultet Osijek.
- Collins H.P., Fransen S., Hang A., Boydston R.A., Kruger C. (2008). Biomass production and nutrient removal by switchgrass (*Panicum virgatum*) under irrigation. In: The American Society of Agronomy, the Crop Science Society of America, and the Soil Science Society of America *International annual meetings abstract*, Houston.
- Emery I.R. (2013). Direct and indirect greenhouse emissions from biomass storage: Implications for life cycle assessment of biofuels. Purde University.
- Grbeša D. (2016). Hranidbena svojstva kukuruza. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
- Johnson J.M.F., Franzluebbbers A.J., Weyers S.L., Reicosky D.C. (2007). Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions. *Environmental Pollution*. 150: 107–24.
- Kiesel A., Lewandowski I. (2014). Miscanthus as biogas substrate. *ETA-Florence Renewable Energies*.
- Krička T., Leto J., Bilandžija N., Grubor, M., Jurišić V., Matin A., Voća N., Dović D., Horvat I. (2017). Priručnik: Tehnologija uzgoja, dorade i skladištenja energetske kulture *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby. Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.
- Krička T., Matin A., Grubor M. (2021). Utjecaj skladištenja na higroskopsnost sječke *Sida hermaphrodite*. *Agricultural Technics*. Agronomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu.
- Leto J., Bilandžija N., Voća N., Grgić Z., Jurišić V. (2017). Uzgoj i korištenje miskantusa (*Miscanthus* sp.). Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet.

- Lewandowski I., Heinz A. (2003). Delayed harvest of *Miscanthus* - influences on biomass quantity and quality and environmental impacts of energy production. *European Journal of Agronomy*. 19(1): 45-63.
- Lisowski A., Wójcik J., Klonowski J., Sypuła M., Chlebowski J., Kostyra K., Nowakowski T., Strużyk A., Świętochowski A., Dąbrowska M., Mieszkalski L., Piątek M. (2020). Compaction of chopped material in a mini silo. *Biomass and Bioenergy*. 139.
- Mastilović J., Janić Hajnal E., Torbica A., Pojić M., Živančev D., Kevrešan Ž., Novaković A., Radusin T. (2011). Suvremeni pristup upravljanju skladištem za zrnaste kulture. Univerzitet u Novom Sadu, Institut za prehrambene tehnologije.
- Pakarinen O., Lehtomaki A., Rissanen S., Rintala J. (2008). Storing energy crops for methane production: Effects of solids content and biological additive. *Bioresource Technology*. 99: 7074-7082.
- Renko S., (2011). Poslovna logistika. Skripta, Ekonomski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- Riffaldi R., Saviozzi A., Cardelli R., Bulleri F., and Angelini L. (2010). Comparison of soil organic matter characteristics under the energy crop giant reed cropping sequence and natural grass. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 41: 173-180.
- Savoie P., Jofriet J.C. (2003). Silage storage. *Silage Science and Technology*, American Society of Agronomy, Madison. 1: 405-468.
- Silva T.C., Silva D.L., Santos E.M., Oliveira J.S., Perazzo, A.F. (2017). Importance of the Fermentation to Produce High-Quality Silage. Department of Animal Science, Federal University of Goias, Brazil
- Špicnagel A.M., Puškarić T., Raymaekers F., Driessche J.V., Radočaj M.L.J., Verspecht A. (2014). Potencijal bioplinskih postrojenja u hrvatskom poljoprivrednom sektoru.
- Whittaker C., Hunt J., Misselbrook T., Shield I. (2016). How well does *Miscanthus* ensile for use in an anaerobic digestion plant?. *Biomass and Bioenergy*. 88: 24-34.
- Zimmer R., Pichler S., Košutić S., Jelošek D. (2009). Uzgoj, košnja i uskladištenje silažnog kukuruza u Ag-Bag fleksibilno crijevo. *37. međunarodni simpozij iz područja mehanizacije poljoprivrede*, 195-200. Zagreb. Agronomski fakultet Zagreb.

Storage of energy crops for biogas production

Abstract

Production based on the sustainable energy is promoted and guided by the Europe legislative, with the ultimate goal of reducing GHG emissions. The agricultural potential of providing biomass as a renewable and sustainable energy source has been set as one of the ways to produce energy. This study provides an overview of the negative impact of the use of existing technologies for the production of biogas from annual crops such as corn. Sustainability of the production could be achieved by using perennial energy crops. The aim of this paper is to provide an overview of the possibilities of storing energy crops in order to determine whether the current storage technologies can be applied when storing energy crops.

Key words: energy crops, storage, biogas, rural development