

## Primjena digestata i komposta na travnjacima

### Sadržaj

Cilj rada je dati prikaz primjene digestata i komposta u proizvodnji krme na travnjacima. Digestat kao ostatak anaerobne digestije organskih materijala i kompost kao stabilizirani humusni materijal dobiven aerobnim razgradnjom biljnih ostataka i organskog otpada prepoznati su kao gnojiva i poboljšivači tla u poljoprivrednoj proizvodnji. Oba predstavljaju izvor organske tvari (OT) i biljnih hraniva, te povoljno utječu na fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla.

Primjena digestata (anaerobni digestat, AD) i komposta na travnjacima rezultira povećanjem produktivnosti travnjaka bez negativnog utjecaja na kvalitetu voluminozne krme i sa vrlo malim i ograničenim utjecajem na botanički sastav travnjaka. Količine primjene na travnjacima ovise o sadržaju hraniva AD i komposta te o planiranom prinosu. Okvirna količina primjene AD na travnjacima kreće se u rasponu 25-170 t ili  $m^3 ha^{-1}$ , a komposta 60-70 t  $ha^{-1}$ . Tim količinama unosi se samo dio hraniva, odnosno količina koja je u slučaju dušika (N) dovoljna za formiranje prinosa od 1,5-2,5 t ST (AD) i 4-5 t ST  $ha^{-1}$  (kompost). Zbog visokog potencijala gubitaka hraniva, ponajviše kroz emisiju  $NH_3$  i  $N_2O$  te ispiranje nitrata ( $NO_3^-$ ), posebnu pozornost potrebno je obratiti vremenu i metodama primjene AD i komposta na travnjacima. Na taj način smanjuju se gubici hraniva i povećava učinkovitost primjene AD i komposta kao gnojiva u proizvodnji krme na travnjacima.

**Ključne riječi:** organska gnojiva, travnjaci, anaerobna digestija, digestat, kompost

### Uvod

Organska gnojiva (OG) su vrijedni izvori OT kao i većine biljnih hraniva. Njihova uporaba utječe na fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla (Anonymous, 2010) kao i produktivnost poljoprivrednih kultura uključujući i travnjake (Chew i sur., 2019). Većina organskih gnojiva koja se primjenjuju na poljoprivrednim površinama su porijeklom sa farmi (stajska gnojiva) i koriste se u neprerađenom obliku. Međutim, OG mogu biti porijeklom i iz drugih izvora, kao što je to slučaj sa AD i kompostom. Anaerobni digestat je nusprodukt proizvodnje bioplina u procesu anaerobne digestije životinjskog otpada i biljnog materijala (Xu i sur., 2021). Kompostiranje je tehnika konvertiranja organskog i biorazgradivog otpada u stabilnu formu

<sup>1</sup> prof. dr. sc. **Krešimir Bošnjak**, prof. dr. sc. **Marina Vranić**, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska

<sup>2</sup> izv. prof. dr. sc. **Ranko Gantner**, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek

Autor za korespondenciju: kbosnjak@agr.hr

organske tvari koja se može koristiti kao gnojivo i dodatak tlu u poljoprivrednoj proizvodnji (Chew i sur., 2019). Dok je primjena mineralnih i stajskih gnojiva na travnjacima daleko više opisana u znanstvenoj i stručnoj literaturi i predstavlja gotovo uobičajenu praksu u tehnologiji proizvodnje krme na travnjacima, o utjecaju primjene AD i komposta na različite aspekte proizvodnje krme na travnjacima postoji vrlo malo podataka. Cilj ovoga rada je sa stručnog aspekta dati prikaz primjene AD i komposta u proizvodnji krme na travnjacima. Ovaj rad se bavi isključivo AD i kompostima od biljnih ostataka, životinjskog otpada i organskih ostataka koji se mogu primjenjivati kao gnojiva i poboljšivači tla na poljoprivrednom zemljištu za proizvodnju hrane, a nisu obuhvaćeni AD i komposti od sirovina iz pročistača otpadnih voda.

## Anaerobni digestat

Anaerobna digestija je proces razgradnje OT bez prisustva  $O_2$  pri čemu uz bioplin kao primarni produkt, nastaje i AD (Walsh i sur., 2018; Czekala i sur., 2020) koji je bogat biljnim hranjivima i može se koristiti kao organsko gnojivo u poljoprivredi. Iako se može koristiti i u neprerađenoj formi, uobičajeni postupak prerade AD uključuje odvajanje tekuće i krute faze sa ciljem smanjenja volumena digestata i koncentriranja hraniva, što rezultira smanjenim troškovima transporta i primjene (Al Seadi i sur., 2013; Ehmman i sur., 2018).

Važnost primjene AD kao gnojiva u poljoprivrednoj proizvodnji povećava se sa povećanjem broja i kapaciteta bioplinskih postrojenja, odnosno sa povećanjem proizvodnje AD kao nusprodukta u procesu proizvodnje bioplina. Za ilustraciju, u 2021. godini u RH bilo je ukupno 41 bioplinsko postrojenje sa 53,03 MW ukupne snage (Beuk, 2023), što u usporedbi sa 2017. godinom predstavlja povećanje broja bioplinskih postrojenja za 89 % i ukupne snage za 71 %. U bioplinskim postrojenjima u RH godišnje se proizvede 0,92-2,07 milijuna tona AD (Čoga i sur., 2022; Anonymous, 2024).

Budući da AD predstavlja izvor OT i biljnih hraniva, primjena AD povećava plodnost tla. Upotreba digestata ima pozitivne učinke na fizikalna i kemijska svojstva tla (Nkoa, 2014; Coelho i sur., 2020; Glowacka i sur., 2020) te povećava mikrobnu biomasu i mikrobiološku aktivnosti u tlu (Odlare i sur., 2008; Gielnik i sur., 2019). Osim toga, primjena AD rezultira povećanjem prinosa i kvalitete poljoprivrednih kultura (Xu i sur., 2021) te se učinkovito može koristiti u gnojidbi mnogih ratarskih i povrtlarskih kultura, uključujući i travnjake (Elfstrand i sur., 2007; Barló i sur., 2020; Horta i Carneiro, 2022; Buligon i sur., 2023; Holatko i sur., 2023). Istraživanja ukazuju da se učinkovitost AD kao gnojiva u poljoprivrednoj proizvodnji nalazi između stajskog i mineralnih gnojiva, a u mnogim slučajevima je utjecaj primjene AD bio sličan ili jednak primjeni mineralnih gnojiva (Bougnom i sur., 2012; Nkoa, 2014; Ehmman i sur., 2018).

Sadržaj hraniva AD prikazan je u tablici 1. Kvaliteta i sastav AD ovise o vrsti i sastavu supstrata koji se koristi za proizvodnju bioplina kao i o procesu fermentacije i tehnologiji koja se koristi bioplinskim postrojenjima (Voća i sur., 2005; Guilayn i sur., 2019; Czekala i sur., 2020). Tako za razliku od AD od goveđeg gnoja ili sirovina sa visokim udjelom vlakana i nižim udjelom N (npr. silaža kukuruza), AD od sirovina sa visokom razgrađivosti (žitarije, gnoj peradi i svinja) imaju širi omjer  $NH_4-N$ :ukupnog N i uži C:N odnos (Möller i Müller, 2012). U usporedbi sa nedigestiranim stajskim gnojivima (tablica 1) AD sadrži manje OT uz sličan ili nešto veći sadržaj ukupnog N od kojeg se veći dio nalazi u formi lako pristupačnog biljci ( $NH_4-N$ ) (Möller i Müller, 2012; Glowacka i sur., 2020; Doyeni i sur., 2021). U konačnici to rezultira užim C:N odnosom kod AD u usporedbi sa ulaznim supstratom (Cavalli i sur., 2016), što smanjuje vjerojatnost neto imobilizacije N u tlu.

**Tablica 1:** Sadržaj hraniva u digestatima gnojovki i energetske kulture\*\***Table 1:** The nutrient content in manure and energy crop digestates\*\* (Möller i Müller, 2012)

	Raspon vrijednosti	Usporedba sa nedigestiranim gnojovkom
ST (%)	1,5-13,2	-1,5 do -5,5
OT (% ST)	63,8-75,0	-5 do -15
Nuk (kg t <sup>-1</sup> )	1,2-9,1	≡
NH <sub>4</sub> -N (kg t <sup>-1</sup> )	1,5-6,8	?
Udio NH <sub>4</sub> -N u Nuk (%)	44-81	+10 do +33
C:N odnos	3,0-8,5 : 1	-3 do -5
Ukupni P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg t <sup>-1</sup> )	0,9-6,0	≡
Vodotopivi P (% ukupnog P)	25-45	-20 do -47
Ukupni K <sub>2</sub> O (kg t <sup>-1</sup> )	1,4-13,9	≡
Ukupni Ca (kg t <sup>-1</sup> )	1-2,3	≡
pH	7,9-9,0	+0,5 do +2 pH jedinice

\*\* silažni kukuruz, žitarice, travnjaci, ostale ratarske kulture/ Maize silage, cereals, grasslands, and other field crops; N<sub>uk</sub> – ukupni N/Total nitrogen (N); LDN – lako dostupni N/ readily available N; ST – suha tvar/ dry matter; ? – nema dostupnih podataka/ no data available;

Čvrsti digestat sadrži više P i slične je teksture kao kompost, sa sadržajem ST oko 20 % i širim C:N odnosom. Tekući digestat sadrži 4-6 % ST, manje P i više N i K (Möller i sur., 2010; Möller i Müller, 2012; Al Seadi i sur., 2013). Stoga je kruti digestat kao gnojivo usporediv sa krutim stajskim gnojem (KSG), no sa nešto većim sadržajem biljci dostupnog N i P i većim potencijalom hlapljenja NH<sub>3</sub>, dok je tekući digestat usporediv sa gnojovkom (Möller i Müller, 2012).

Dostupnost hraniva u prvoj godini nakon primjene AD iznosi 24-41 % ukupnog N (Schroder i sur., 2007), 30-50 % ukupnog P i 70-100 % ukupnog K (Bougnom i sur., 2012).

Kao i u slučaju ostalih organskih gnojiva, kod primjene AD potrebno je voditi računa o sadržaju teških metala i potencijalno toksičnih esencijalnih elemenata u AD (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Mo, As, Co) (NN, 2019).

Prema rezultatima istraživanja u poljskim uvjetima, primjena AD pozitivno utječe na prinos čistih kultura trava (Tilvikieni i sur., 2018; Coelho i sur., 2020; Tilvikieni i sur., 2020; Xu i sur., 2021), djetelinsko-travnih smjesa (DTS) (Tampere i Viiralt, 2014; Walsh i sur., 2018) kao i samoniklih poluprirodnih i trajnih travnjaka (Bougnom i sur., 2012; Eickenscheidt i sur., 2014; Hensgen i sur., 2016; Ehmann i sur., 2018; Holatko i sur., 2023). Štoviše, reakcija travnjaka u produktivnosti na primjenu AD vrlo je slična ili čak veća u usporedbi sa primjenom ekvivalentnih količina mineralnih gnojiva ili nedigestiranih krutih i tekućih stajskih gnojiva. Povećanje produktivnosti travnjaka nakon primjene AD povezuje se sa visokim sadržajem ukupnog N u AD, naročito NH<sub>4</sub>-N, forme N koja je biljci lako dostupna, kao i sadržajem OT i ostalih biljnih hraniva (Tilvikieni i sur., 2018; Coelho i sur., 2020). Međutim, utvrđeno je da primjena AD ima različite učinke na produktivnost kod različitih travnih vrsta (Andrusch-

kewitsch i sur., 2013). Tako se najveće povećanje produktivnosti može očekivati kod travnih vrsta dominantnih u travnjacima sa intenzivnim gospodarenjem (engleski ljulj), dok se kod trava koje dominiraju u travnjacima sa ekstenzivnim managementom može očekivati manja reakcija u produktivnosti (zlatnožuta zobika) ili pak njen potpuni izostanak (crvena vlasulja). Osim toga, rezultati istraživanja ukazuju da, slično ostalim organskim gnojivima, reakcija travnjaka na primjenu AD ovisi o tipu tla. Povećanje produktivnosti travnjaka kao rezultat primjene AD izraženije je na tlima s niskim sadržajem organske tvari, dok na težim tlima reakcija u povećanju prinosa travnjaka može izostati (Persson i sur., 2020).

Iako malobrojna, istraživanja ukazuju da primjena AD ima vrlo mali i ograničen utjecaj na brojnost vrsta i promjenu udjela trava i zeljanica u tratini u usporedbi sa negnojnom kontrolom (Hensgen i sur., 2016), pa čak i u usporedbi sa nedigestiranim KSG (Bougnom i sur., 2012). Međutim, u jednom broju istraživanja (Bougnom i sur., 2012; Walsh i sur., 2018) primjena digestata smanjila je udio mahunarki u biljnoj masi travnjaka.

Što se tiče utjecaja primjene AD na kvalitetu biljne mase, općenito se može reći da se AD može primijeniti na travnjacima bez negativnog utjecaja na pokazatelje kvalitete biljne mase i sigurnosti hrane za životinje (Muller i sur., 2014; Glowacka i sur., 2020; Kolackova i sur., 2022). Primjena digestata uglavnom nema utjecaja (Kováčiková i sur., 2013; Walsh i sur., 2018; Coelho i sur., 2020; Kolackova i sur., 2022) ili rezultira povećanjem (Gunnarsson i sur., 2010; Andruschkewitsch i sur., 2013; Xu i sur., 2021; Holatko i sur., 2023) sadržaja sirovih bjelančevina (SB) u biljnoj masi čistih kultura trava ili samoniklog poluprirodnog travnjaka, kako u usporedbi sa negnojnom kontrolom, tako i sa primjenom mineralnih i nedigestiranih stajskih gnojiva. S druge strane, o utjecaju primjene AD na travnjacima na sadržaj vlakana u biljnoj masi ne može se dati jednoznačan zaključak. U jednom broju studija primjena AD nije utjecala na sadržaj vlakana (Coelho i sur., 2020; Xu i sur., 2021; Holatko i sur., 2023), dok je u drugim istraživanjima primjena AD rezultirala povećanjem (Kováčiková i sur., 2013; Tilvikieni i sur., 2018) ili smanjenjem sadržaja vlakana u biljnoj masi (Holatko i sur., 2023). Primjena AD ne utječe na sadržaj mikotoksina (Kolackova i sur., 2022) i na probavljivost biljne mase sa travnjaka (Walsh i sur., 2018), no utvrđeno je da primjena AD rezultira poboljšanjem hranjive vrijednosti krme sa travnjaka povećanjem sadržaja neto energije za laktaciju (NEL) (Holatko i sur., 2023) u usporedbi sa negnojnom kontrolom.

Primjena AD, kao i kod ostalih OG uključuje rizik od gubitka N emisijom  $N_2O$  i  $NH_3$ , kao i gubitke N ispiranjem  $NO_3^-$  (Crolla i sur., 2013; Eickenscheidt i sur., 2014). Štoviše, u usporedbi sa nedigestiranim stajskim gnojivima, AD imaju veći potencijal emisije  $NH_3$  i  $N_2O$ , što kod površinske primijene na koncu rezultira većim gubitcima N. To je posljedica većeg sadržaja ukupnog N kao i većeg sadržaja  $NH_4^-$ -N, te višeg pH AD (Eickenscheidt i sur., 2014; Nkoa, 2014; Nicholson i sur., 2018).

Kako bi se smanjili gubici N i povećala učinkovitost korištenja gnojiva, te ostvarili očekivani efekti na produktivnost travnjaka i kvalitetu biljne mase, pozornost treba obratiti na različite aspekte primjene AD, poput količine, vremena i metode primjene. Generalno govoreći, u konvencionalnom načinu proizvodnje krme na travnjacima, primjena AD treba se zasnivati na principu prema kojem se primjenom AD unosi jedan dio hraniva, a razlika potrebna za formiranje planiranog prinosa namiruje se pojedinačnim ili kompleksnim mineralnim gnojivima. U ekološkoj proizvodnji, primjena AD može se kombinirati sa ostalim dozvoljenim gnojivima. Osnova za primjenu ovakvog pristupa je kemijska analiza AD na sadržaj biljnih hraniva.

Što se tiče količina primjene AD u proizvodnji krme na travnjacima, valja istaknuti da povećanje količine AD rezultira povećanjem produktivnosti čistih kultura trava (Tilvikieni

i sur., 2020), iako ta reakcija ovisi o travnoj vrsti (Andruschkewitsch i sur., 2013). Ovo je u skladu sa općim načelom povećanja produktivnosti travnjaka sa povećanjem primjene N (Enriquez-Hidalgo i sur., 2018).

Prema kemijskom sastavu AD iz tablice 1 i potrebe P za formiranje prinosa travnjaka od 8 t ST ha<sup>-1</sup>, količina digestata kretala bi se od 25 t ili m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> pri minimalnim vrijednostima sadržaja hraniva do 170 t ili m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> u slučaju primjene AD sa maksimalnim vrijednostima sadržaja hraniva (tablica 1). Detaljna bilanca hraniva za prinos travnjaka od 8 t ST ha kod primjene 25 do 170 t ili m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> AD prikazana je u tablici 2.

**Tablica 2:** Bilanca hraniva za prinos travnjaka od 8 t ST ha<sup>-1</sup> kod primjene 25-170 t ili m<sup>3</sup> AD ha<sup>-1</sup>, površinska primjena na tlo ispod tratine / **Table 2:** Nutrient balance for a DM yield of 8 t ha<sup>-1</sup> of established grassland with application of 25-170 t or m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> AD, with trailing shoe application technique (Schroder i sur., 2007; Bougnom i sur., 2012; Möller i Müller, 2012; Anonymous, 2018)

Tip travnjaka/ Grassland type	Primijenjeno hraniva/ nutrients applied			Potencijalni prinos/ yield potential			Nedostaje za prinos od 8 t ST ha <sup>-1</sup> / Missing for a yield of 8 t DM ha <sup>-1</sup>		
	sa primijenjenom količinom*/ with the applied amount						N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	po N	po P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	po K <sub>2</sub> O			
DTS/GCM				1,7-1,9	8,3-8,4	6,2-9,1	-175 do -180	+2 do +3	-50 do +32
Trave /Grasses	49-55	60-61	179-261	2,2-2,4	8,9-9,1	6,9-10,1	-127 do -132	+6 do +7	-27 do +55

DTS-djetelinsko travne smjese; GCM – grass-clover mixtures;

Količine AD primijenjene u poljskim eksperimentima kretale su se od 30-450 t ili m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (Glowacka i sur., 2020; Xu i sur., 2021) ili ekvivalentnim količinama od 27-450 kg N ha<sup>-1</sup> (Hensgen i sur., 2016; Tilvikiene i sur., 2018; Tilvikiene i sur., 2020).

U proizvodnji krme na travnjacima digestat se može primijeniti (i) tijekom zasnivanja travnjaka (najčešće prije osnovne obrade tla) i/ili (ii) tijekom vegetacije na uspostavljenom travnjaku. Unošenje u tlo tijekom obrade osigurava veću učinkovitost iskorištenja hraniva, za razliku od primjene tijekom vegetacije kada je ta mogućnost ograničena ili u slučaju čvrstog digestata uopće nije moguća. Stoga u slučaju primjene tijekom vegetacije veću pozornost treba obratiti na vrijeme i način (metodu) primjene AD. Naime, učinkovitost korištenja N znatno je veća kada se AD primjenjuje tijekom proljeća (od kasne zime do ranog ljeta) (Möller i Müller, 2012), odnosno u periodima aktivnog i intenzivnog rasta biljke i usvajanja biljnih hraniva.

Digestat se primjenjuje kao gnojivo na isti način i istom opremom kao i stajski gnojivo. Tako je kruti digestat najbolje je primijeniti korištenjem prikolica za stajski gnoj, a tekući korištenjem opreme za gnojovku ili gnojnicu. Međutim, budući da AD sadrži znatno više NH<sub>4</sub>-N u usporedbi sa nedigestiranim stajskim gnojivima (tablica 1), razvidno je da je i potencijal

gubitaka N znatno veći (Eickenscheidt i sur., 2014; Nkoa, 2014; Nicholson i sur., 2018), te je stoga dodatnu pozornost potrebno obratiti metodi primjene, kao glavnom mehanizmu prevencije hlapljenja  $\text{NH}_3$ . Oprema koja se koristi trebala bi minimalizirati površinu AD koja je izložena zraku i/ili omogućiti unošenje digestata u tlo (Crolla i sur., 2013). Iz tih razloga digestat je najbolje primijeniti u trake na površinu tratine, u trake na tlo ispod tratine ili injektiranjem. Primjena AD širom po površini tratine (npr. cisterne za gnojovku) nije preporučljiva, iako je vjerojatno najraširenija metoda primjene OG, uključujući i AD. U usporedbi s površinskom primjenom širom po tratini, metode precizne primjene AD (injektiranje i primjena u trake na tlo ispod tratine) smanjuju emisije  $\text{NH}_3$  za 40-50 %, pri čemu je plitko injektiranje učinkovitije od primjene u trake na tlo ispod tratine (Tiwary i sur., 2015; Nicholson i sur., 2018; Holatko i sur., 2023). Međutim, injektiranjem se povećava emisija  $\text{N}_2\text{O}$  (Maris i sur., 2021), a budući da radni organi injektora oštećuju tratinu (Rodhe i Halling, 2015) primjena AD injektiranjem obično ne rezultira povećanjem produktivnosti travnjaka.

## Kompost

Kompost je organsko gnojivo i poboljšivač tla koji je dobiven aerobnom razgradnjom organskih materijala poput biljnih i životinjskih ostataka te otpada iz kućanstva. Općenito, kompost predstavlja vrijedan izvor OT i biljci dostupnih hraniva (Anonymous, 2010). Kvaliteta komposta kao gnojiva ovisi o vrsti sirovine od koje se proizvodi, procesa kompostiranja i uvjetima u kojima se kompostiranje odvija, te dodavanju nutrijenata tijekom procesa kompostiranja (Chew i sur., 2019). Sa 1 tonom komposta u tlo se prosječno unese 7 kg N, 1,7 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$  i 3,8 kg  $\text{K}_2\text{O}$ . Sadržaj lako dostupnog N je vrlo mali i kreće se od <0,2-0,6 kg  $\text{t}^{-1}$ . Prosječni sadržaj ST komposta od biljne mase iznosi 54 %, a pH se kreće u rasponu od 5,4-8,2 (Reyes-Torres i sur., 2018). Procjenjuje se da je u prvoj vegetacijskoj sezoni nakon primjene komposta biljci dostupno (5) 25–50 (70) % N, 40-50 % P i 80-100 % K (Astatkie i sur., 2006; Prasad, 2009; Anonymous, 2010). C:N odnos komposta je vrlo širok i iznosi prosječno 35:1 (Reyes-Torres i sur., 2018), sa vrlo širokim rasponom (3,5-79:1). Stoga je potrebno voditi računa da je kod tako širokog C:N odnosa vjerojatna pojava neto imobilizacije N u tlu (Pain, 2001; Chrystal i sur., 2016).

O primjeni komposta na travnjacima ima vrlo malo podataka. U domaćoj starijoj literaturi (Turina, 1948) kompost se svrstava „među najbolja livadna gnojiva“. Nadalje, ističe se da povoljno djeluje na busanje i ukorjenjivanje trava, te se stoga preporučuje njegova primjena „kada se livada nadosijava“. Isti izvor, na osnovu vlastitih istraživanja, ističe da primjena 43,5 t komposta  $\text{ha}^{-1}$  rezultira povećanjem prinosa travnjaka za 47 % u odnosu na kontrolu, bez značajne promjene flornog sastava samoniklog poluprirodnog travnjaka (Turina, 1948).

Novija istraživanja također ukazuju da primjena komposta povećava produktivnost travnih i djetelinsko travnih smjesa (Kitczak i sur., 2016) kao i samoniklih poluprirodnih travnjaka (Astatkie i sur., 2006; Ryals i sur., 2016), bez utjecaja na brojnost vrsta i botanički sastav (Kitczak i sur., 2016; Ryals i sur., 2016). Štoviše pri ekvivalentnim količinama N primjena komposta na travnjacima rezultira prinosima i kvalitetom krme usporedivima sa primjenom mineralnog NPK gnojiva (Warman i Cooper, 2000).

Prema prosječnom sadržaju hraniva (Reyes-Torres i sur., 2018), okvirne količine primjene komposta na travnjacima za prinos od 3-5 t ST  $\text{ha}^{-1}$  iznosile bi 60-70 t  $\text{ha}^{-1}$  godišnje. Detaljna bilanca hraniva za planirani prinos ST travnjaka od 8 t ST  $\text{ha}^{-1}$  prikazana je u tablici 3.

**Tablica 3:** Bilanca hraniva za planirani prinost travnjaka od 8 t ST ha<sup>-1</sup> kod primjene 65 t komposta ha<sup>-1</sup> / **Table 3:** Nutrient balance for a DM yield of 8 t ST ha<sup>-1</sup> of established grassland, with application of 65 t compost ha<sup>-1</sup> (Astatkie i sur., 2006; Reyes-Torres i sur., 2018)

Tip travnjaka/ Grassland type	Primijenjeno hraniva/ nutrients applied			Potencijalni prinost/ yield potential			Nedostaje za prinost od 8 t ST ha <sup>-1</sup> godišnje/ Missing for a yield of 8 t DM ha <sup>-1</sup> per year		
	sa primjenom komposta / with compost application of 65 t ha <sup>-1</sup>								
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	po N	po P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	po K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	kg ha <sup>-1</sup>			t ST ha <sup>-1</sup> / t DM ha <sup>-1</sup>			kg ha <sup>-1</sup>		
DTS/GCM	114	50	222	4,0	6,8	7,8	-116	-8	-6
Trave/ Grasses				5,0	7,4	8,6	-68	-4	-16

DTS-djetelinsko travne smjese; GCM – grass-clover mixtures;

Turina (1948) vrijeme primjene komposta prvenstveno stavlja u kontekst obnove travnjaka, te ističe da se kompost primjenjuje tijekom jeseni na „oštro“ podrljani travnjak, a nakon primjene komposta travnjak se nadosijava. Općenito govoreći, kao i ostala OG, kompost se na travnjacima može primjenjivati prije osnovne ili dopunske obrade tla tijekom zasnivanja travnjaka i/ili tijekom vegetacije na već uspostavljenom travnjaku. Sa aspekta minimalizacije gubitaka i što učinkovitijeg iskorištenja biljnih hraniva, kao i ostala OG kompost je na uspostavljenom travnjaku najbolje primijeniti od kasne zime i tijekom proljeća, čime je vrijeme primjene usklađeno sa potrebama biljke.

Za primjenu komposta koristi se ista mehanizacija kao i za primjenu krutog stajskog gnoja.

## Zaključak

Digestat i kompost su vrlo vrijedni izvori OT i biljnih hraniva, koji se mogu koristiti u proizvodnji krme na travnjacima. Njihova primjena rezultira povećanjem produktivnosti travnjaka, bez negativnog utjecaja na kvalitetu biljne mase. Kao i kod ostalih organskih gnojiva potrebno je obratiti pozornost na vrijeme i metode primjene AD i komposta, budući da o njima ovise gubici i učinkovitost iskorištenja biljnih hraniva te u konačnici i njihova vrijednost kao gnojiva.

## Literatura

- Al Seadi T., Drog B., Fuchs W., Rutz D., Janssen R. (2013)** 12 - Biogas digestate quality and utilization, U: Wellinger, A., Murphy, J. i Baxter, D. (ur.), *The Biogas Handbook*, Woodhead Publishing. 267-301.
- Andruschkewitsch M., Wachendorf C., Wachendorf M. (2013)** Effects of digestates from different biogas production systems on above and belowground grass growth and the nitrogen status of the plant-soil-system. *Grassland Science* 59:183-195.
- Anonymous. (2010)** Fertiliser manual (RB209), 8th Edition. TSO (The Stationery Office), 257 str.
- Anonymous (2018).** Feed Composition Library. Dostupno na: <http://dairyone.com/analytical-services/feed-and-forage/feed-composition-library/> [Pristupljeno 14.7.2023.].
- Anonymous (2024).** Digestat je nužno zakonski valorizirati. Dostupno na: <https://oie.hr/digestat-je-nuzno-zakonski-valorizirati/> [Pristupljeno 19.1.2024.].

**Astatkie T., Joseph A.A., Martin R.C. (2006)** A two-level unreplicated factorial experiment to determine the effect of organic and inorganic fertilizers on dry matter yield of permanent pasture. *Renewable Agriculture and Food Systems* 21:106-113. DOI: <https://doi.org/10.1079/Raf2005133>

**Barlóg P., Hlisnikovskyy L., Kunzová E. (2020)** Yield, content and nutrient uptake by winter wheat and spring barley in response to applications of digestate, cattle slurry and NPK mineral fertilizers. *Archives of Agronomy and Soil Science* 66:1481-1496. DOI: <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1676890>

**Beuk M. (2023).** Izvješće o bioplinskim postrojenjima iz baze podataka Registra onečišćavanja okoliša Republike Hrvatske (ROO) za razdoblje 2017. - 2021. godine. Dostupno na: [www.hoop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022\\_reg\\_oneciscivaca/Izvjesca/Izvjesce\\_Bioplinska%20postrojenja\\_2017-2021.pdf](http://www.hoop.hr/sites/default/files/uploads/dokumenti/022_reg_oneciscivaca/Izvjesca/Izvjesce_Bioplinska%20postrojenja_2017-2021.pdf) [Pristupljeno 19.1.2024.].

**Bougnom B.P., Niederkofler C., Knapp B.A., Stimpfl E., Insam H. (2012)** Residues from renewable energy production: Their value for fertilizing pastures. *Biomass & Bioenergy* 39:290-295. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.01.017>

**Buligon E.L., Costa L.A.M., de Lucas J., Santos F.T., Goufo P., Costa M.S.S.M. (2023)** Fertilizer Performance of a Digestate from Swine Wastewater as Synthetic Nitrogen Substitute in Maize Cultivation: Physiological Growth and Yield Responses. *Agriculture-Basel* 13. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13030565>

**Cavalli D., Cabassi G., Borrelli L., Geromel G., Bechini L., Degano L., Gallina P.M. (2016)** Nitrogen fertilizer replacement value of undigested liquid cattle manure and digestates. *European Journal of Agronomy* 73:34-41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.10.007>

**Chew K.W., Chia S.R., Yen H.W., Nomanbhay S., Ho Y.C., Show P.L. (2019)** Transformation of Biomass Waste into Sustainable Organic Fertilizers. *Sustainability* 11. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11082266>

**Coelho J.J., Hennessy A., Casey I., Woodcock T., Kennedy N. (2020)** Biofertilisation with Anaerobic Digestates: Effects on the Productive Traits of Ryegrass and Soil Nutrients. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 20:1665-1678. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00237-7>

**Crolla A., Kinsley C., Pattey E. (2013)** 13 - Land application of digestate, U: Wellinger, A., Murphy, J. i Baxter, D. (ur.), *The Biogas Handbook*, Woodhead Publishing. 302-325.

**Czekala W., Lewicki A., Pochwatka P., Czekala A., Wojcieszak D., Jozwiakowski K., Waliszewska H. (2020)** Digestate management in polish farms as an element of the nutrient cycle. *Journal of Cleaner Production* 242. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118454>

**Čoga L., Slunjski S., Jukić Ž., Petek M., Šatvar M., Biško A. (2022).** Učinkovitost gnojidbe digestatom na prinos i mineralni sastav kukuruza. Dostupno na: <https://cdn.agroklub.com/upload/documents/ucinkovitost-gnojidbe-digestatom-na-prinos-i-mineralni-sastav-kukuruza1-pptx.pdf> [Pristupljeno 19.1.2024.].

**Doyeni M.O., Stulpinaite U., Baksinskaite A., Suproniene S., Tilvikiene V. (2021)** The Effectiveness of Digestate Use for Fertilization in an Agricultural Cropping System. *Plants-Basel* 10. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10081734>

**Ehmann A., Thumm U., Lewandowski I. (2018)** Fertilizing Potential of Separated Biogas Digestates in Annual and Perennial Biomass Production Systems. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 2. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00012>

**Eickenscheidt T., Freibauer A., Heinichen J., Augustin J., Drosler M. (2014)** Short-term effects of biogas digestate and cattle slurry application on greenhouse gas emissions affected by N availability from grasslands on drained fen peatlands and associated organic soils. *Biogeosciences* 11:6187-6207. DOI: <https://doi.org/10.5194/bg-11-6187-2014>

**Elfstrand S., Båth B., Mårtensson A. (2007)** Influence of various forms of green manure amendment on soil microbial community composition, enzyme activity and nutrient levels in leek. *Applied Soil Ecology* 36:70-82. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2006.11.001>

**Enriquez-Hidalgo D., Gilliland T.J., Egan M., Hennessy D. (2018)** Production and quality benefits of white clover inclusion into ryegrass swards at different nitrogen fertilizer rates. *Journal of Agricultural Science* 156:378-386. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859618000370>

**Gielnik A., Pechaud Y., Huguenot D., Cébron A., Riom J.M., Guibaud G., Esposito G., van Hullebusch E.D. (2019)** Effect of digestate application on microbial respiration and bacterial communities' diversity during bioremediation of weathered petroleum hydrocarbons contaminated soils. *Science of the Total Environment* 670:271-281. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.176>



- Glowska A., Szostak B., Klebaniuk R. (2020)** Effect of Biogas Digestate and Mineral Fertilisation on the Soil Properties and Yield and Nutritional Value of Switchgrass Forage. *Agronomy-Basel* 10. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10040490>
- Guilayn F., Jimenez J., Martel J.L., Rouez M., Crest M., Patureau D. (2019)** First fertilizing-value typology of digestates: A decision-making tool for regulation. *Waste Management* 86:67-79. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.01.032>
- Gunnarsson A., Bengtsson F., Caspersen S. (2010)** Use efficiency of nitrogen from biodigested plant material by ryegrass. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 173:113-119. DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.200800250>
- Hensgen F., Buhle L., Wachendorf M. (2016)** The effect of harvest, mulching and low-dose fertilization of liquid digestate on above ground biomass yield and diversity of lower mountain semi-natural grasslands. *Agriculture Ecosystems & Environment* 216:283-292. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.10.009>
- Holatko J., Hammerschmiedt T., Kucerik J., Kintl A., Baltazar T., Malicek O., Latal O., Brtnicky M. (2023)** Fertilisation of permanent grasslands with digestate and its effect on soil properties and sustainable biomass production. *European Journal of Agronomy* 149. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126914>
- Horta C., Carneiro J.P. (2022)** Use of Digestate as Organic Amendment and Source of Nitrogen to Vegetable Crops. *Applied Sciences-Basel* 12. DOI: <https://doi.org/10.3390/app12010248>
- Kitczak T., Kiepas-Kokot A., Czyz H. (2016)** Yielding and Heavy Metals Accumulation in the Biomass of Grass Cultivated in Substrata with the Participation of Municipal Sewage Sludge and Green Waste Compost. *Polish Journal of Environmental Studies* 25:2009-2014. DOI: <https://doi.org/10.15244/pjoes/62796>
- Kolackova I., Smolkova B., Latal O., Skalickova S., Skladanka J., Horky P., Knot P., Hammerschmiedt T., Kintl A., Holatko J., Pozdisek J., Brtnicky M. (2022)** Does Digestate Dose Affect Fodder Security and Nutritive Value? *Agriculture-Basel* 12. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12020133>
- Kováčiková Z., Vargova V., Jančová L. (2013)** Effect of Digestate Application on Herbage Quality and Quantity of Permanent Grassland. *Agriculture* 59:88-98. DOI: <https://doi.org/10.2478/agri-2013-0008>
- Möller K., Müller T. (2012)** Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. *Engineering in Life Sciences* 12:242-257. DOI: <https://doi.org/10.1002/elsc.201100085>
- Möller K., Schulz R., Müller T. (2010)** Substrate inputs, nutrient flows and nitrogen loss of two centralized biogas plants in southern Germany. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 87:307-325. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10705-009-9340-1>
- Muller C.E., Johansson M., Salomonsson A.C., Albin A. (2014)** Effect of anaerobic digestion residue vs. livestock manure and inorganic fertilizer on the hygienic quality of silage and haylage in bales. *Grass and Forage Science* 69:74-89. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12046>
- Nicholson F.A., Bhogal A., Rollett A., Taylor M., Williams J.R. (2018)** Precision application techniques reduce ammonia emissions following food-based digestate applications to grassland. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 110:151-159. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10705-017-9884-4>
- Nkoa R. (2014)** Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: a review. *Agronomy for Sustainable Development* 34:473-492. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0196-z>
- NN. (2019)** Pavilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja. *Narodne Novine* 71/2019.
- Odlare M., Pell M., Svensson K. (2008)** Changes in soil chemical and microbiological properties during 4 years of application of various organic residues. *Waste Management* 28:1246-1253. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.06.005>
- Persson T., Szulc W., Rutkowska B., Höglind M., Hanslin H.M., Sæbo A. (2020)** Impacts of organic soil amendments on forage grass production under different soil conditions. *Agricultural and Food Science* 29:482-493. DOI: <https://doi.org/10.23986/afsci.95778>
- Prasad M. (2009)** A Literature Review on the Availability of Nitrogen from Compost in Relation to the Nitrate Regulations SI 378 of 2006. 42.
- Reyes-Torres M., Oviedo-Ocaña E.R., Dominguez I., Komilis D., Sánchez A. (2018)** A systematic review on the composting of green waste: Feedstock quality and optimization strategies. *Waste Management* 77:486-499. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.037>
- Ryals R., Eviner V.T., Stein C., Suding K.N., Silver W.L. (2016)** Grassland compost amendments increase plant

production without changing plant communities. *Ecosphere* 7. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecs2.1270>

**Schroder J.J., Uenk D., Hilhorst G.J. (2007)** Long-term nitrogen fertilizer replacement value of cattle manures applied to cut grassland. *Plant and Soil* 299:83-99. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9365-7>

**Tampere M., Viiralt R. (2014)** The efficiency of biogas digestate on grassland compared to mineral fertilizer and cattle slurry, U: Treija, S. i Skujeniece, S. (ur.), *Research for Rural Development 2014*, Vol 1. 89-94.

**Tilvikiene V., Slepetiene A., Kadziulienė Z. (2018)** Effects of 5 years of digestate application on biomass production and quality of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). *Grass and Forage Science* 73:206-217. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12306>

**Tilvikiene V., Venšlauskas K., Povilaitis V., Navickas K., Zuperka V., Kadziulienė Z. (2020)** The effect of digestate and mineral fertilisation of cocksfoot grass on greenhouse gas emissions in a cocksfoot-based biogas production system. *Energy Sustainability and Society* 10. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13705-020-00245-6>

**Tiwary A., Williams I.D., Pant D.C., Kishore V.V.N. (2015)** Assessment and mitigation of the environmental burdens to air from land applied food-based digestate. *Environ Pollut* 203:262-270. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.02.001>

**Turina B. (1948)** *Livade-pašnjaci*. Poljoprivredni nakladni zavod Zagreb, 227 str.

**Voća N., Krička T., Čosić T., Rupičić V., Jukić Z., Kalambura S. (2005)** Digested residue as a fertilizer after the mesophilic process of anaerobic digestion. *Plant Soil and Environment* 51:262-266. DOI: <https://doi.org/10.17221/3584-Pse>

**Walsh J.J., Jones D.L., Chadwick D.R., Williams A.P. (2018)** Repeated application of anaerobic digestate, undigested cattle slurry and inorganic fertilizer N: Impacts on pasture yield and quality. *Grass and Forage Science* 73:758-763. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12354>

**Warman P.R., Cooper J.M. (2000)** Fertilization of a mixed forage crop with fresh and composted chicken manure and NPK fertilizer: Effects on dry matter yield and soil and tissue N, P and K. *Canadian Journal of Soil Science* 80:337-344. DOI: <https://doi.org/10.4141/S99-024>

**Xu W.Z., Zhu Y.Q., Wang X., Ji L., Wang H., Yao L., Lin C.W. (2021)** The Effect of Biogas Slurry Application on Biomass Production and Forage Quality of *Lolium Multiflorum*. *Sustainability* 13. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13073605>

Prispjelo/Received: 27.2.2024.

Prihvaćeno/Accepted: 6.5.2024.

Professional paper

## The application of digestate and compost on grasslands

### Abstract

The aim of the paper is to give an overview of the application of digestate and compost in forage production on grasslands. Digestate as a residue of anaerobic digestion of organic materials and compost as a stabilized humus material obtained by aerobic decomposition of organic materials are recognized as fertilizers and soil improvers in agricultural production. Both represent a source of organic matter (OM) and plant nutrients, and have a positive effect on the physical, chemical and biological properties of the soil. The application of digestate and compost on grasslands results in an increase in grassland productivity without a negative impact on the quality of forage and with a very small and limited impact on the botanical composition of grasslands. The amounts of AD and compost applied to grasslands depend on the nutrient content and planned yield. The approximate amount of AD applied to grasslands ranges from 25-170 t or m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, and compost 60-70 t ha<sup>-1</sup>. These amounts introduce only a part of the nutrients that are in the case of nitrogen (N) sufficient to form yields of 1.5-2.5 t DM (AD) and 4-5 t DM ha<sup>-1</sup> (compost). Due to the high potential of nutrient losses mainly through NH<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O emissions and nitrate leaching, special attention should be paid to the timing and methods of AD and compost application on grasslands. This reduces nutrient losses and increases the efficiency of AD and compost application as fertilizers in forage production on grasslands.

**Key words:** organic fertilizers, grasslands, anaerobic digestion, digestate, compost