

# Kompostiranje kao sastavnica kružnog gospodarstva: iskustva Kompostane Herešin

Lari Hadelan<sup>1</sup>, Evita Nekret-Katić<sup>2</sup>, Magdalena Zrakić Sušac<sup>1</sup>, Saša Grubačević<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, Zagreb (lhadelan@agr.hr)

<sup>2</sup>Studentica studija Agrarna ekonomika, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet

<sup>3</sup>Gradsko komunalno poduzeće Komunalac d.o.o., Koprivnica, Direktor sektora gospodarenja otpadom

## SAŽETAK

Biootpad iz kućanstava, ugostiteljstva i prehrambene industrije, uz biorazgradivi otpad iz vrtova i parkova, predstavlja ekološku opasnost, ali nudi i važan resurs za poljoprivrednu proizvodnju. Kompostiranje je u Europskoj uniji vodeći način učinkovitog upravljanja biootpadom kojim se on pretvara u kompost, organsko gnojivo i poboljšivač tla uz značajno smanjenje emisije stakleničkih plinova i opasnosti od zagađenja voda. Cilj ovog rada je (a) opisati sustav gospodarenja biootpadom u Europskoj uniji i ulogu kompostana u njemu, (b) predstaviti ključne čimbenike poslovanja kompostane Herešin u okolini Koprivnice. Osim analize sadržaja i deskripcije kojima su opisani postupci gospodarenja otpadom u Hrvatskoj i Europskoj uniji, u radu je korištena i metoda intervjua s predstavnikom kompostane Herešin. U Hrvatskoj je 2022. oporabljeno oko 20 % nastalog biootpada, što je dvostruko manji postotak u odnosu na prosjek Europske unije. Kao i u EU-u, vodeći oblik oporabe biootpada u Hrvatskoj je kompostiranje koje se provodi u dvanaest hrvatskih kompostana. Jedna od novijih kompostana je kompostana Herešin koja djeluje u okolini Koprivnice od 2021. godine. Prema intervjuu s njenim predstavnikom, ova kompostana se ističe financijskom samoodrživošću, ostvarujući prihode dovoljne za pokrivanje svih troškova poslovanja.

**Ključne riječi:** kružno gospodarstvo, biootpad, kompostana, deskripcija, intervju.

## UVOD

Zakon o gospodarenju otpadom (NN 84/2021) definira biootpad: „biološki razgradiv otpad iz vrtova i parkova, hrana i kuhinjski otpad iz kućanstava, restorana, ugostiteljskih i maloprodajnih objekata i slični otpad iz prehrambene industrije“. Prosječni Europljanin

godišnje generira oko 230 kilograma biootpada iz kućanstva, što na razini cijele Europe rezultira ukupnom količinom od 118 do 138 milijuna tona. Takva količina biootpada može predstavljati značajan ekološki problem ako se njime ne upravlja na održiv način

(VALUEWaste, 2019). Kao i ostale vrste otpada, značajne količine biootpada u Hrvatskoj odlažu se na deponije i zatrpavaju. Odlaganje biootpada predstavlja ne samo ekonomski neučinkovit, već i ekološki neprihvatljiv način upravljanja njime. Ovaj način zbrinjavanja biootpada dovodi do nastanka štetnih plinova, neugodnih mirisa i u nekim slučajevima do zagađenja podzemnih voda. Jedan od načina rješavanja ovog problema je kompostiranje, koje predstavlja najstariji oblik recikliranja s počecima oko 2300 godina prije nove ere. Kompostiranje se temelji na prirodnim procesima mineralizacije i humifikacije koji se u aerobnim uvjetima pod utjecajem mikroorganizama odvijaju spontano u okolišu. Međutim, kompostiranje u kontroliranim uvjetima u kompostanama odvija se značajno brže, uz reduciranu emisiju metana, smanjenje neugodnih mirisa i sprječavanje razvoja štetnih bakterija poput *E. coli* i *Salmonelle*.

Ovaj postupak je najčešća metoda obrade biorazgradivog otpada na globalnoj razini (Hemidat i sur., 2018). Osim pozitivnog ekološkog učinka, kompostiranjem nastaje kompost koji se kao organsko gnojivo i poboljšivač tla koristi u biljnoj proizvodnji. Iako ne postoje službeni statistički podatci o primjeni komposta u Hrvatskoj, razvidno je da je njegova upotreba pozitivno korelirana s rastom cijena mineralnih gnojiva u odnosu na koje ima značajno povoljniji utjecaj na sastav i fiziološka svojstva tla.

Kompostane se smatraju jednim od temelja zaštite okoliša i čimbenik kružnog gospodarjenja biootpadom. Njihovim se djelovanjem doprinosi smanjenju biorazgradivog otpada na odlagalištima, minimaliziraju štetni plinovi koji odlaze u atmosferu, omogućava se stvaranje i korištenje visoko kvalitetnog komposta kao zamjene za mineralna gnojiva te

se pruža podršku ekološkoj proizvodnji. Prema podacima iz Izvješća o komunalnom otpadu za 2022. godinu (Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, 2023) u Hrvatskoj je u 2022. godini registrirano 15 kompostana, od čega je 13 bilo aktivno, a 12 ih je obrađivalo komunalni biootpad. Na kompostiranje je preuzeto 119.206 t biootpada od čega se 72 % odnosi na komunalni biootpad. Unatoč proklamiranoj orijentaciji društva i države prema kružnom gospodarstvu, u čemu kompostane imaju važnu ulogu, brojne komponente njihova rada velikim su dijelom nepoznate.

Istraživanje Renkova i Rubina iz 1998. na području SAD-a jedno je od prvih radova u kojima se analizira poslovanje kompostana. Autori su anketnim istraživanjem s predstavnicima 19 američkih kompostana komunalnog otpada utvrdili da su, u vrijeme istraživanja, troškovi kompostiranja iznosili 50 dolara po toni. Tek manji broj kompostana ostvarivao je prihode od prodaje komposta dostatne za pokrivanje operativnih troškova. Unatoč tome autori zaključuju da je kompostiranje konkurentan način upravljanja biootpadom jer su troškovi odlaganja otpada ispod tla također visoki uz značajno nepovoljniji utjecaj na okoliš.

Od novijih istraživanja na području Hrvatske može se izdvojiti rad Oplanića i sur. (2019) u kojem su autori razmatrali tehničko-tehnološke čimbenike i ekonomske učinke pokretanja pogona za kompostiranje kanalizacijskog mulja.

Cilj ovog rada je naznačiti aktualni pristup gospodarjenja biootpadom u Europskoj uniji, opisati koja je uloga kompostana u tome te prikazati osnovne čimbenike poslovanje kompostane u naselju Herešin, u okolici Koprivnice.

## MATERIJAL I METODE

Istraživanje se oslanja na kombinaciju primarnih i sekundarnih izvora podataka. Sekundarni izvori su korišteni za izradu teorijskog dijela rada, u kojem se primjenom deskriptivne metode i analize sadržaja opisuje problematika gospodarenja biootpadom u Europskoj uniji i Hrvatskoj. Primarni izvori predstavljaju rezultate polustrukturiranih intervjua provedenih s direktorom Sektora gospodarenja otpadom iz gradskog komunalnog poduzeća Komunalac d. o. o. Koprivnica, gospodinom Sašom Grubačevićem, te s voditeljem kompostane Herešin, gospodinom Stjepanom Vargovićem.

## REZULTATI RADA

### *Uloga komposta u poljoprivredi i kružnom gospodarstvu*

Pojam „Kompostiranje“ dolazi od latinske riječi *Compositus*, što znači sastavljen, odnosno složen. Definira se kao proces aerobne biološke razgradnje biootpada, odnosno organskih kompostabilnih dijelova otpada. Rezultat procesa je nastanak ugljikovog dioksida, vode, topline i komposta. Drugim riječima, kompostiranje predstavlja biološki postupak u kojem se organski dio otpada može razgraditi pod pažljivo kontroliranim uvjetima (Duš, 2022). Pravilnik o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada (NN 94/13) definira kompost kao „organsko gnojivo i poboljšivač tla koji udovoljava uvjetima za određenu namjenu i koji je proizveden kompostiranjem otpada“. Kompost je multifunkcionalan proizvod koji, osim što biljkama pruža hranjive tvari kao što su dušik (N), fosfor (P) i kalij (K), također poboljšava fizikalno-kemijska i biološka svojstva tla. Primjenom komposta sprječava

se ili barem umanjuje erozija, te se povećava pH vrijednost tla koja je uglavnom kisela na hrvatskim tlima. Kompost, osim svoje korisnosti za tlo, također ima pozitivan utjecaj na klimu jer pomaže u smanjenju emisija stakleničkih plinova s odlagališta, kao što su metan (CH<sub>4</sub>), ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>) i didušikov oksid (N<sub>2</sub>O). Kompost se razvrstava u različite klase ovisno o vrsti ulaznog otpada. Postoje tri klase komposta: prva klasa namijenjena je za ekološku poljoprivredu, druga klasa za konvencionalnu poljoprivredu, a treća klasa za rekultivaciju tla (ne za proizvodnju hrane), šumske/parkovske površine i uređenje zemljišta (Pravilnik o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada, 2014).

Prvi zapisi o primjeni komposta nalaze se na setu glinenih pločica izrezbarenih za vrijeme vladavine kralja Sargona iz Akadske dinastije koja je trajala na području Mezopotamije između 2320. i 2120. prije nove ere. U doba antike Grci, Egipćani i Rimljani prakticirali su pravljenje komposta koristeći slamu iz staja, zakapajući je u obrađena polja. Zapisi o primjeni komposta od slame postoje u Talmudu i Starom zavjetu (Carryoncomposting.com, n.d.). Noviji zapisi o kompostiranju sežu u 20. stoljeće u Indiji, gdje su se pojavili jedni od prvih dokumentiranih pokušaja njegove primjene u upravljanju organskim otpadom. Značajan napredak u modernom kompostiranju ostvaren je zahvaljujući radu Sir Alberta Howarda i njegovih suradnika, poput Jacksona i Wada, koji su razvili procese kompostiranja poznate kao Indore metoda (Fitzpatric i sur., 2005).

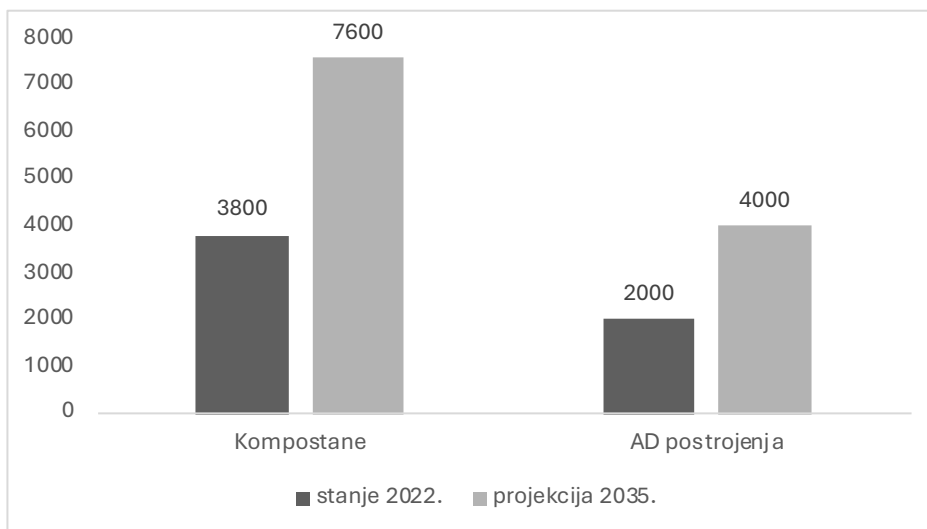
## ***Gospodarenje biootpadom u EU-u i Hrvatskoj***

Biootpad je biorazgradivi otpad koji nastaje u vrtovima i parkovima, te otpad od hrane i iz kuhinja u kućanstvima, restoranima, ugostiteljskim objektima i maloprodajnim lancima. U ovu kategoriju ubraja se i otpad iz pogona za preradu prehrambenih proizvoda. Biootpad ne uključuje šumske ili poljoprivredne ostatke, gnojivo, kanalizacijski mulj ili drugi biorazgradivi otpad poput prirodnog tekstila, papira ili prerađenog drveta.

U Europskoj uniji godišnje nastaje između 118 i 138 milijuna tona biootpada. Trenutno se od toga učinkovito reciklira oko 40 %, odnosno približno 47,5 milijuna tona (Compostnetwork.info, 2023). Biootpad se, umjesto da trune u nekontroliranim uvjetima, u kompostanama i bioplinskim postrojenjima pretvara u (1) visokokvalitetni kompost u aerobnim uvjetima, odnosno u (2) bioplin i digestat u anaerobnim uvjetima. S obzirom na to da je približno trećina komunalnog otpada organskog podrijetla, recikliranje biootpada igra značajnu

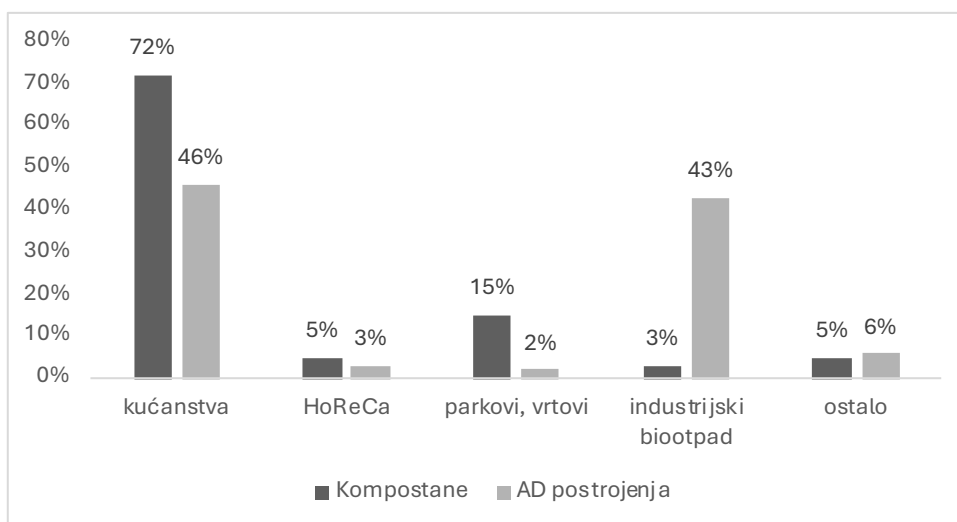
ulogu u razvoju kružnog gospodarstva. Provođenje sustavnog prikupljanja biootpada u svim državama članicama EU-a, kako je propisano Okvirnom direktivom o otpadu (2018), ključno je za preusmjeravanje organskog otpada s odlagališta i jamstvo za proizvodnju visokokvalitetnih sekundarnih sirovina (komposta i digestata), s mogućnošću plasmana na europska tržišta gnojiva.

Prema izvještaju Europske mreže za kompost (ECN Data Report, 2022) koji uključuje podatke iz 27 članica Europske unije na čijem se području obrađuje ukupno 60 milijuna tona biootpada godišnje u približno 5800 postrojenja (grafikon 1). Izuzev Belgije, Danske i Švedske, u svim ostalim državama kompostiranje je prevladavajući oblik obrade biootpada. Stoga se 66 % svih postrojenja za obradu biootpada odnosi na kompostane, dok je udio postrojenja s anaerobnom digestijom (nadalje AD postrojenja) 34 %. Od ukupne količine biootpada, 60 % ga se obradi u kompostanama a 30 % u AD postrojenjima.



Grafikon 1. Broj kompostana i AD postrojenja u EU27 za obradu biootpada  
Izvor: ECN Data Report, 2022.

S obzirom na porijeklo biootpada, u kompostanama je značajno veći udio otpada iz kućanstava dok je u AD postrojenjima veći udio biootpada iz industrije (grafikon 2).



Grafikon 2. Porijeklo biootpada koji se obrađuje u kompostanama i AD postrojenjima  
Izvor: ECN Data Report, 2022.

ECN u svojem izvješću za 2022. ukazuje na gospodarsku važnost postrojenja za obradu biootpada kroz utjecaj na zaposlenost i bruto

domaći proizvod (BDP). Ukupno je u svim postrojenjima na razini EU27 zaposleno između 13.000 i 23.500 djelatnika, pri čemu

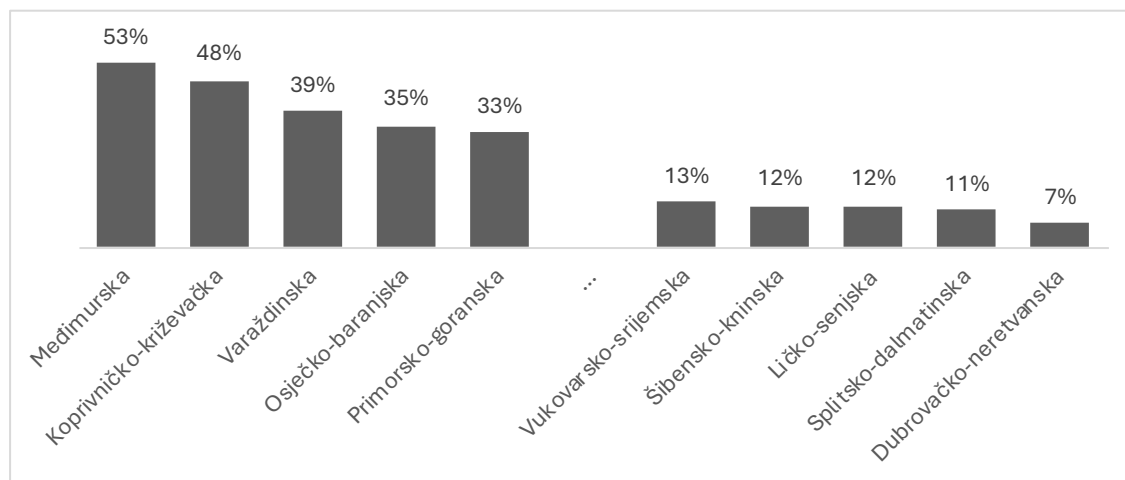
većina njih radi u kompostanama. Ukupan izravan i neizravan doprinos ovih postrojenja BDP-u procjenjuje se na 1,3 milijardi eura godišnje. Financijska vrijednost proizvedenog komposta u EU27 u 2022. godini iznosila je oko 178 milijuna eura, uz očekivani porast na 390 milijuna eura u 2035. godini.

Ekonomska procjena vrijednosti komposta koja uključuje (a) vrijednost makrohranjiva (dušik, fosfor i kalij) preračunato prema cijenama ovih elemenata u mineralnim gnojivima te (b) vrijednost ugljika koji se kompostom pohranjuje u tlu (sekvestracija ugljika), dodatno uvećava njegovu vrijednost. Izvješće ECN-a (2022) je pokazalo da, u prosjeku, svaka tona komposta proizvedenog u Europi sadrži makrohranjiva (N, P, K) u vrijednosti od 41 euro. Dodatno, u ekonomsku vrijednost komposta uključena je i količina ugljika nakupljenog u poljoprivrednim tlima u vrijednosti od 4 eura po toni komposta. To znači da je ukupna ekonomska vrijednost komposta od 45 eura/t četiri i pol puta veća od njegove trenutne prosječne prodajne cijene (oko 10,1 eura po toni). Iskazano u ukupnoj vrijednosti, ovi podaci sugeriraju da vrijednost komposta u EU27 iznosi oko 800 milijuna eura godišnje.

Procijenjeno je da se na području EU27 proizvede oko 17,6 milijuna tona komposta godišnje. Poljoprivreda je dominantan segment tržišnog plasmana, a prosječna prodajna cijena od 10,1 EUR/t daleko je ispod njegove realne vrijednosti. Sva europska poljoprivredna tla pate od erozije, situacije koja je djelomično posljedica gubitka organske tvari tijekom

vremena kao rezultat neodržive poljoprivredne prakse. Kvalitetan kompost prepoznat je kao važan poboljšivač tla, koji dodaje organsku tvar i pomaže u obnavljanju produktivnosti. Sveukupno, procjenjuje se da bi oko 2 % obradivog zemljišta i 16 % umjereno/jako erodiranog poljoprivrednog zemljišta moglo imati koristi od primjene komposta od 10 tona po hektaru godišnje. Trenutačno devet članica EU-a proizvodi dovoljno komposta za primjenu na svojim poljoprivrednim tlima umjereno/jako erodiranim vodom, što ima važne implikacije na klimatske promjene i sigurnost hrane.

Najvažniji preduvjet uporabe komunalnog biootpada je njegovo odvojeno prikupljanje. U Hrvatskoj je u 2022. godini stopa odvojeno sakupljenog komunalnog otpada u okviru javne usluge (sve vrste komunalnog otpada osim miješanog komunalnog otpada) iznosila 24 %. Ako se količini sakupljenog otpada u okviru javne usluge pridodaju dodatno utvrđene i procijenjene količine koje nisu dio javne usluge, stopa odvojeno prikupljenog otpada iznosi 46 %. Odvojeno sakupljanje biootpada provodilo se u svim županijama, ali na području samo 239 jedinica lokalne samouprave (43 % svih JLS). Pri tome je vidljivo odstupanje stope odvojeno skupljenog otpada između pojedinih županija (grafikon 3). Primjerice, vodeća je Međimurska županija u kojoj se odvojeno prikupi 53 % komunalnog otpada, dok je stopa odvojeno prikupljenog otpada u Dubrovačko-neretvanskoj županiji svega 7 % (Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, 2023).



Grafikon 3. Prvih 5 i posljednjih 5 hrvatskih županija prema stopi odvajanja otpada u 2022. godini  
Izvor: Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, 2023.

Ukupno je u 2022. godini u Hrvatskoj nastalo 489.404 t biootpada iz komunalnog otpada. Odvojeno je sakupljeno 118.806 t biootpada odnosno 24 %. Iako se ovo čini premalim postotkom, vidljiv je značaj rast trenda (tablica 1).

Oporabljeno je (kompostiranje, anaerobna digestija, energetska uporaba i dr.) u 2022. godini oko 20 % nastalog biootpada (95.471 t), što je

dvostruko manji postotak u odnosu na prosjek Europske unije. Preostale količine su uglavnom završile u sklopu miješanog komunalnog otpada u centrima za gospodarenje otpadom na mehaničko-biološkoj obradi. Procjenjuje se da je u 2022. godini na odlagalištima završilo 322.744 t biootpada iz komunalnog otpada (odvojeno sakupljeni i kao sastavni dio miješanog komunalnog otpada).

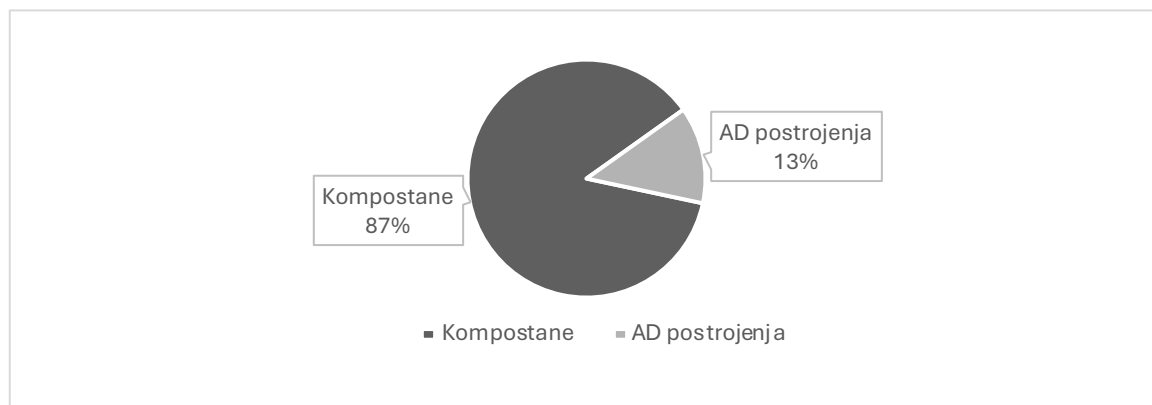
Tablica 1. Gospodarenjem komunalnim biootpadom u Hrvatskoj (2015. – 2022.)

	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.
Nastali komunalni biootpad	532.976	531.581	529.841	520.162	520.316	488.850	494.583	489.404
Odvojeno sakupljeni biootpad	58.147	61.093	71.046	70.024	97.518	118.692	122.175	118.806
– udio od ukupno nastalog	10,9 %	11,5 %	13,4 %	13,5 %	18,7 %	24,3 %	24,7 %	24,3 %
Oporabljivi biootpad	31.273	35.969	53.479	53.511	75.279	95.601	97.198	95.471
– udio od ukupno nastalog	5,9 %	6,8 %	10,1 %	10,3 %	14,5 %	19,6 %	19,7 %	19,5 %

Izvor: Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, 2023.

Biotoпад se u 2022. oporablјao u dvanaest (12) kompostana i šesnaest (16) bioplinskih AD postrojenja. Unatoč brojnijim AD postrojenјima, većina biotopada obrađena je u kompostanama. Uzrok manje zastupljenosti AD postrojenja je veliki udio nečistoća u odvojeno sakupljenom komunalnom biotopadu, uslijed čega bioplinska postrojenja nisu u mogućnosti

zaprимati takav biotoпад. Dodatni je problem bioplinskih postrojenja u Hrvatskoј što ona uglavnom koriste dvije osnovne sirovine iz polјoprivrede: kukuruznu silažu te stajski gnoj od svinja, krava, junadi, pilića. Ove sirovine imaju ujednačen sastav, ne zahtijevaju dodatno pročišćivanje poput komunalnog biotopada što ih čini praktičnijim energentom.



Slika 4. Udio kompostana i AD postrojenja prema količini obrađenog biotopada u Hrvatskoј 2022. godine

Izvor: Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, 2023.

U 2022. godini, od ukupno 15 registriranih kompostana u Hrvatskoј, njih 13 bile su aktivne. Od tih aktivnih kompostana, njih 12 su se bavile obradom komunalnog biotopada. Ukupno je preuzeto 119.206 tona biotopada za

kompostiranje, što obuhvaća i uvezeni otpad te otpad preuzet sa privremenog skladišta iz prethodne godine. Od te količine, komunalni biotoпад je činio 86.329 tona (tablica 2).

Tablica 2. Količine otpada preuzete u 2022. godini na kompostiranje

Županija	Lokacija kompostane	Tvrtka operater kompostane	Ukupno preuzeto na kompostiranje (t)*	Preuzeti komunalni biotoпад na kompostiranje (t)**
Grad Zagreb	Zagreb, Markuševac	Zagrebački holding d. o. o.	5.902	5.409
Grad Zagreb	Zagreb, Prudinec	Zagrebački holding d. o. o.	31.794	31.199
Grad Zagreb	Zagreb, Žitnjak	TRINDUS EKSPERT d. o. o.	16	16
Koprivničko-križevačka	Imbriovec	Eko Loparić d. o. o.	862	0
	Koprivnica	Komunalac d. o. o. Koprivnica	11.135	9.595



Međimurska	Čakovec	GKP Čakom d. o. o.	4.376	4.172
	Prelog	GKP Pre-Kom d. o. o.	4.882	4.882
	Mursko Središće	MURS-EKOM d. o. o.	462	462
Osječko-baranjska	Osijek	Unikom d. o. o.	9.171	9.171
Primorsko-goranska	Krk	Ponikve Eko otok Krk d. o. o.	6.092	6.092
Sisačko-moslavačka	Popovača	Bio Direkt d. o. o.	29.289	1.703
Varaždinska	Varaždin	Varkom d. o. o.	700	0
Zagrebačka	Kloštar Ivanić	Eko-Flor Plus d. o. o.	14.526	13.630
Ukupno RH			119.206	86.329

\*Uključen i otpad preuzet iz uvoza

\*\*Uključeni otpad preuzet iz uvoza i otpad preuzet iz privremenog skladišta iz prethodne godine

Izvor: Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, 2023.

## ***Intervju s predstavnicima kompostane Herešin***

Intervju s predstavnicima kompostane Herešin kojim su ispitani osnovni tehnološki i ekonomski čimbenici poslovanja odrađen je sredinom svibnja 2023. godine u trajanju od otprilike sat vremena. U nastavku su navedena osnovna saznanja iz ovog intervjuja.

Kompostana Herešin djeluje u istoimenom naselju u sklopu grada Koprivnice od 2021. godine. Obraduje biorazgradivi otpad sa zelenih površina grada Koprivnice i okolice te biootpad iz koprivničkih domaćinstava. Dopušteni kapacitet biorazgradivog otpada jest 9.000 tona godišnje, a ukupni kapacitet oporabe otpada procesom kompostiranja iznosi 12.740 tona godišnje (9.000 tona komposta prve klase + 3.740 tona komposta druge i treće klase izvan hala), što iznosi približno 35 tona po danu. Projekt modernizacije i proširenja postojeće kompostane vrijedan je 14,3 milijuna kuna, od čega 4,5 milijuna kuna sufinancira Europska unija iz Kohezijskog fonda. Projektom su izgrađene dvije hale na površini od 4.017 m<sup>2</sup> koje služe za zaprimanje i obradu biootpada te proizvodnju komposta prve klase u vremenskom trajanju od 6 do 8 tjedana, što

značajno skraćuje vrijeme potrebno za postupak kompostiranja koji bi inače trajao 6 mjeseci. Uz proizvodnju komposta prve klase, u ovoj se kompostani proizvodi kompost treće klase koji se koristi za potrebe poravnjanja nogometnih terena i poboljšanja šumskih tala. Rezultati laboratorijskih istraživanja, provedenih na Agronomskom fakultetu u Zagrebu, potvrđuju da kompost treće klase ima gotovo jednaku kvalitetu kao i kompost prve klase. Međutim, unatoč visokoj kvaliteti, kompost treće klase se ne koristi u iste svrhe kao i kompost prve klase zbog zakonskih propisa koji određuju specifičnu upotrebu određene klase komposta.

Proces kompostiranja započinje smještajem biorazgradivog otpada na određenu sekciju te uklanjanjem nečistoća koje su najčešće plastične vrećice. Krupni drveni otpad se usitnjava pomoću drobilice otpada čime nastaje sječka koja se dalje miješa s otpadom iz kućanstva. Nakon toga se formira pet kompostnih hrpa u svakoj hali (slika 1). S obzirom na to da u jednu kompostnu hrpu stane otprilike 150 tona biootpada, može se reći kako se u jednom ciklusu, koji traje od 6 do 8

tjedana, obradi otprilike 1.500 tona biootpada. Tijekom jedne godine u kompostani se odvija 6 ciklusa kompostiranja. Nakon formiranja kompostne hrpe temperatura komposta prati

se pomoću sonde te se kompost preokreće kada temperatura unutar kompostne hrpe dosegne između 70 – 74 °C (slika 2).



Slika 1. Prikaz kompostne hrpe i tzv. „dimnog oblaka“ u kompostani Herešin  
Izvor: Nekret-Katić, 2023.

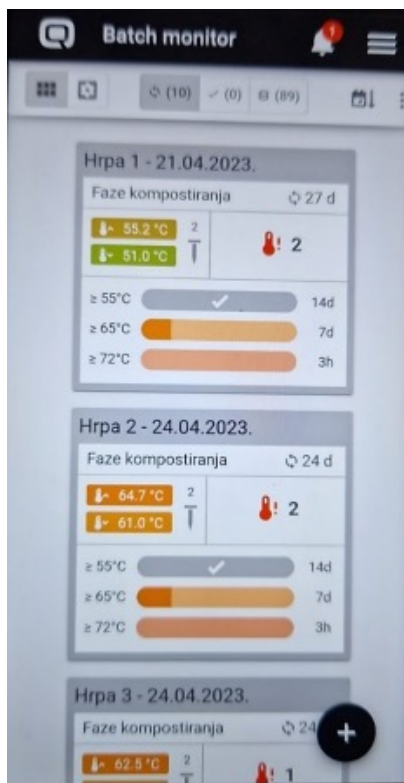
Nakon završetka tehnološkog procesa kompostiranja, kompost se podvrgava postupku prosijavanja pomoću sita kako bi se izdvojili nedovoljno razgrađeni dijelovi i zaostale nečistoće. Prosijani kompost šalje se u ovlaštenu laboratorij za provođenje analize kvalitete, a takva analiza se obavlja na Agronomskom fakultetu u Zagrebu. Nakon što se dokazala kvaliteta komposta, provodi se njegova separacija, pri čemu se jedan dio primjenjuje u ekološkoj proizvodnji, dok se drugi dio pakira u vreće te se prodaje na blagajnama komunalnih službi ili u kompostani pod nazivom *DomKo*.

Predstavnici kompostane navode da je kompostana posvećena stvaranju komposta vrhunske kvalitete, što se postiže primjenom naprednih tehnika. Neke od ključnih metoda koje se koriste su dodavanje specifičnih mikroorganizama koji potiču razgradnju



Slika 2. Prikaz strojnog miješanja komposta u kompostani Herešin  
Izvor: Nekret-Katić, 2023.

biorazgradivog otpada te praćenje temperature kompostnih hrpa pomoću sonde. Svaka kompostna hrpa opremljena je s dvije sonde koje kontinuirano mjere temperaturu komposta. Te informacije se prenose u centralni sustav koji omogućuje praćenje temperature putem računala ili mobilnih uređaja, kao što je prikazano na slici 3. Kada temperatura kompostne hrpe prijeđe određenu granicu, kao što je 74°C, sustav automatski generira obavijest putem aplikacije na mobilnom uređaju. Tim načinom se upozoravaju djelatnici da je potrebno preokrenuti, odnosno prozračiti kompostnu hrpu kako bi se održali optimalni uvjeti za razgradnju. Navedena tehnologija omogućuje brzu i automatsku reakciju koja osigurava biološku stabilizaciju komposta, eliminaciju patogenih mikroorganizama, kao i klijabilnih sjemenki korova i drugih biljaka koje mogu negativno utjecati na konačni proizvod.



Slika 3. Prikaz aplikacije za praćenje temperatura kompostnih hrpa  
Izvor: Nekret-Katić, 2023.

Voditelj kompostane pohvalio je građane Koprivnice za pravilno odvajanje biootpada, čime se smanjuje vrijeme potrebno za detaljno razdvajanje biootpada od nerazgradivog dijela.

Vezano uz financijske čimbenike poslovanja, kompostana se suočava s različitim vrstama troškova od kojih su neki fiksni, a drugi varijabilni. Fiksni troškovi se odnose na kontinuirane izdatke nevezano je li kompostana u radnom procesu ili nije, kao što su plaće djelatnika, amortizacija i gorivo (u ovom slučaju je to diesel gorivo). S druge strane, varijabilni troškovi nastaju tijekom rada kompostane i mijenjaju se ovisno o intenzitetu rada. Najveći problem predstavlja

izvanredni troškovi kao što su kvarovi strojeva, oštećenja građevinskih objekata uzrokovana prirodnim nepogodama i smetnje u sustavu za praćenje temperature u kompostnim hrpama. Međutim, u dosadašnjem poslovanju kompostana je uspijevala ostvarivati dovoljne prihode kojima su financirani svi planirani i neplanirani troškovi. Osim prodajom komposta, kompostana se financira i prodajom odvojeno sakupljenog metala s reciklažnog dvorišta i drvene sječke. Osim prodaje finalnih proizvoda, kompostana naplaćuje preuzimanje biorazgradivog i građevinskog otpada od građana i lokalnih tvrtki. Ipak, građani imaju mogućnost besplatnog dovoza dviju autoprikolica biorazgradivog otpada

na kompostanu jednom mjesečno, čime ih se dodatno potiče na pravilno odvajanje i odlaganje otpada. U cilju optimizacije prihoda i smanjenja troškova, kompostana je uspostavila vlastiti sustav i infrastrukturu za prihvrat biorazgradivog otpada, smanjujući time potrebu za eksternim nabavkama otpada s drugih komunalnih odlagališta. U sklopu strategije za smanjenje troškova, implementirana je upotreba prikupljene oborinske vode za vlaženje kompostnih hrpa. Intervjuirani predstavnici navode da se kompostana u dosadašnjem radu ističe kao financijski samodrživo poduzeće koje ostvaruje značajnu razinu prihoda dostatnih za podmirenje svih troškova poslovanja, čime osigurava stabilan i neometan rad bez potrebe za sufinanciranjem rada iz javnih izvora.

## ZAKLJUČAK

Nepravilno upravljanje biootpadom predstavlja značajnu opasnost za okoliš. Kompostiranje nudi trajno i jednostavno rješenje predstavljajući ujedno i najstariji oblik recikliranja. Osim pozitivnog utjecaja na okoliš, kompostiranjem se dobiva kompost koji je vrijedno organsko gnojivo i poboljšivač tla za biljnu proizvodnju. U Europskoj uniji godišnje nastaje između 118 i 138 milijuna tona biootpada, od čega se učinkovito reciklira oko 40 % u približno 5800 kompostana i AD postrojenja.

Kompostane su ključna postrojenja u zaštiti okoliša i kružnom gospodarstvu biootpadom. Prvi korak u tom procesu je odvojeno prikupljanje biootpada. Nažalost, u Hrvatskoj se 2022. godine oporabilo samo 20 % nastalog biootpada (95.471 t), što je dvostruko manje od prosjeka EU-a. Najveći dio uporabe biootpada se kompostira dok se manji dio obrađuje u AD postrojenjima.

U Hrvatskoj djeluje 12 kompostana za obradu komunalnog biootpada. Jedna od njih je kompostana Herešin u okolici Koprivnice, koja posluje od 2021. s godišnjim kapacitetom obrade 9.000 tona. Intervju s predstavnicima kompostane pokazao je da ona ostvaruje dostatne prihode za uspješno poslovanje i to od prodaje komposta, ali i od naknade za zbrinjavanje biootpada i prodaje drvene sječke.

## LITERATURA

Carry on Composting.com. (2023). Home, Allotment and Community Composting. Preuzeto s <https://www.carryoncomposting.com/142941469.html>

Compostnetwork.info (2023). Bio-Waste in Europe. Preuzeto s <https://www.compostnetwork.info/policy/biowaste-in-europe/>

Duš, L. (2022). Kućno kompostiranje biootpadom – najstariji način recikliranja. Diplomski rad, Sveučilište Sjever, Koprivnica.

ECNDataReport(2022). Compost and digestate for a circular bioeconomy. Overview of Bio-Waste Collection, Treatment & Markets Across Europe

Nekret-Katić, Evita (2023). Prikaz poslovanja kompostana u Hrvatskoj. Završni rad Sveučilište u Zagrebu. Agronomski fakultet.

Fitzpatric, G. E., Worden, E. C., Vendrame, W. A. (2005). Historical Development of Composting Technology during the 20th Century.

Hemidat, S., Jaar, M., Nassour, A., Nelles, M. (2018). Monitoring of composting process parameters: a case study in Jordan. Waste

- and Biomass Valorization, 9, 2257-2274.
- Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (2023). Izvješće o komunalnom otpadu za 2022. godinu. Preuzeto s <https://mingor.gov.hr/vijesti/izvjesce-o-komunalnom-otpadu-za-2022-godinu/9335>
- Narodne novine (2014). Pravilnik o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada, NN 117/2014
- Narodne novine (2021). Zakon o gospodarenju otpadom. NN 84/2021
- Oplanić, M., Palčić, I., Černe, M., & Major, N. (2019). Mogućnosti korištenja kanalizacijskog mulja i komine masline u poljoprivredi. Institut za poljoprivredu i turizam, Poreč, 2-4.
- Renkow, M., Rubin, A. R. (1998). Does municipal solid waste composting make economic sense? Journal of Environmental Management, North Carolina State University, United States of America (30.5.2023).
- Službeni list Europske komisije (2018): Okvirna direktiva o otpadu. Preuzeto s [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/L/?uri=CELEX:52018XC0409\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/L/?uri=CELEX:52018XC0409(01)&from=EN)
- Valuewaste Deliverable D9.2. EU Policy on Biowaste Management. VALUEWASTE Project, Grant Agreement Number 818312. EUBIA. 2019. Preuzeto s: <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5c54f4202&appId=PPGMS>

# Composting as a Part of Circular Economy: Experiences of the Herešin Composting Plant

## ABSTRACT

A biowaste from the households, restaurants, and the food industry, as well as a biodegradable waste from the gardens and parks, poses a threat to the environment but is also an important resource for agricultural production. In the European Union (EU), composting is the leading method for an efficient biowaste management, which transforms it into compost, organic fertilizer, and soil conditioner while significantly reducing a greenhouse-gas emission and a risk of water pollution. The aim of this paper was (a) to describe the system of biowaste management in the EU and the role of a composting plant in it and (b) to present the key factors of operation of the Herešin Composting Plant in the vicinity of Koprivnica. In addition to the content analysis and description of waste-management practices in Croatia and the EU, the paper also applied an interview method with a representative of the Herešin Composting Plant. In Croatia, approximately 20% of biowaste was recycled in 2022, which is twice as much as the EU average. As in the EU, the leading form of biowaste recycling in Croatia is composting, which is performed in twelve Croatian composting plants. One of the newer composting plants is the Herešin Composting Plant, which has been in operation in the vicinity of Koprivnica since 2021. According to an interview with its representative, this composting plant is characterized by its financial self-sufficiency, as it generates sufficient revenue to cover all operating costs.

**Key words:** circular economy, biowaste, compost, description, interview