

Prikaz poslovanja kompostana u Hrvatskoj

Nekret-Katić, Evita

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:754247>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-22**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

Preddiplomski studij:
Agrarna ekonomika

**PRIKAZ POSLOVANJA KOMPOSTANA U
HRVATSKOJ**

ZAVRŠNI RAD

Evita Nekret-Katić

Mentor: izv.prof.dr.sc. Lari Hadelan

Zagreb, lipanj, 2023.

Zahvala

Neizmjerne se zahvaljujem svom mentoru izv.prof.dr.sc. Lariju Hadelan na strpljivosti, vodstvu i vrijednim savjetima tijekom izrade ovog istraživačkog završnog rada. Također, želim se zahvaliti svojoj obitelji na njihovoj podršci i ohrabrenju. Također, želim izraziti zahvalnost direktoru Sektora gospodarenja otpadom, Saši Grubačević, i voditelju kompostane Herešin, Stjepanu Vargović, na pruženoj mogućnosti obavljanja istraživanja i provedbe intervjua, čime su uveliko pridonijeli pisanju ovog istraživačkog završnog rada. Nadalje, izražavam zahvalnost dr. sc. Izidori Marković Vukadin na vremenu koje je izdvojila za mene kako bi mi dala vrijedne izvore za pisanje ovog rada, zajedno s vjernim smjernicama o strukturi i izgledu rada.

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Cilj istraživanja.....	1
2. Pregled literature	2
3. Metode istraživanja i izvori podataka	4
4. Rezultati i rasprava.....	5
4.1. Značenje kompostiranja.....	5
4.2. Povijest kompostiranja	8
4.3. Značenje komposta	10
4.4. Uvjeti i faze kompostiranja.....	11
4.5. Ekonomska izvedivost kompostiranja	13
4.6. Biološke i ekonomske prednosti kompostiranja	15
4.7. Ekonomska isplativost korištenja komposta u RH	16
4.8. Kompostana kao rješenje gospodarenja biorazgradivim otpadom u RH	18
4.8.1. Kompostana „Prudinec/Jakuševac“	19
4.8.2. Kompostana Prelog	20
4.9. Prikaz kompostane Herešin u Koprivnici	23
4.10. Intervju	24
5. Zaključak.....	36
6. Popis literature.....	37
7. Životopis.....	39

Sažetak

Završnog rada studentice **Evita Nekret-Katić**, naslova

PRIKAZ POSLOVANJA KOMPOSTANA U HRVATSKOJ

U ovom istraživačkom završnom radu opisan je operativni proces i ekonomika kompostana u Republici Hrvatskoj, uključujući prikaz njihovog rada, izvore financiranja i financijske učinke. U uvodnom dijelu rada prikazana je teorijska osnova kompostiranja i komposta, s osvrtom na prednosti i nedostatke kompostana u kontekstu održivog gospodarenja otpadom. U praktičnom dijelu rada obrađena je problematika korištenja komposta u Hrvatskoj, te su prikazane osnove poslovanja odabranih kompostana. Uz prikaz poslovanja kompostane Herešin u okolici Koprivnice obavljen je intervju s direktorom Sektora gospodarenja otpadom grada Koprivnice i voditeljem kompostane Herešin.

Ključne riječi: kompostana, kompostiranje, kompost, gospodarenje otpadom

Summary

Of the final work - student **Evita Nekret-Katić**, entitled

PRESENTATION OF COMPOSTING OPERATIONS IN CROATIA

This research paper describes the operational process and economics of composting facilities in the Republic of Croatia, including an overview of their operations, sources of funding, and financial impacts. The introduction section presents the theoretical basis of composting and compost, with a focus on the advantages and disadvantages of composting facilities in the context of sustainable waste management. The practical part of the paper addresses the issues related to compost utilization in Croatia and provides an overview of the selected composting facilities. In addition to the presentation of Herešin composting facility's operations in the vicinity of Koprivnica, an interview was conducted with the Director of the Waste Management Sector of the City of Koprivnica and the manager of the Herešin composting facility.

Keywords: composting facilities, composting, compost, waste management

1. Uvod

Svjetsko stanovništvo u sve većoj mjeri izloženo je negativnim posljedicama klimatskih promjena koje utječu na ravnotežu između biljnog, životinjskog i ljudskog svijeta. Znanstvenici diljem svijeta upozoravaju i ukazuju na važnost smanjenja uzroka klimatskih promjena uz poduzimanje određenih mjera kako bi se spriječile daljnje katastrofe. Jedna od tih mjera je održivo gospodarenje i zbrinjavanje otpada zbog toga što se otpad smatra jednim od glavnih uzročnika klimatskih promjena. Prema Izvješću o komunalnom otpadu za 2021. godinu (Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, 2022) u Republici Hrvatskoj je ukupna količina odvojeno sakupljenog komunalnog biootpada iznosila 122.175 t. U odvojeno sakupljenim količinama komunalnog biootpada 54% činio je biorazgradivi otpad iz vrtova i parkova, oko 40% biorazgradivi otpad iz kuhinja i kantina, a oko 5% odnosilo se na otpadna jestiva ulja i masti te 1% na otpad s tržnica. Kako bi se biootpad u Republici Hrvatskoj zbrinuo na ekološki prihvatljiv način, 10 kompostana, od ukupno 14 sa važećom dozvolom za gospodarenje otpadom, zaprimilo je 90.525 t otpada na kompostiranje, od čega je 76.611 t činio komunalni otpad. Kompostane se smatraju jednim od temelja zaštite okoliša jer doprinose smanjenju biorazgradivog otpada na odlagalištima čime se ujedno i minimaliziraju štetni plinovi koji odlaze u atmosferu, podiže se svijest građana o negativnim posljedicama nezbrinutog otpada, omogućava se poljoprivrednicima korištenje visoko kvalitetnog komposta kao zamjene za mineralna gnojiva te pružaju podršku ekološkoj proizvodnji.

1.1. Cilj istraživanja

Trenutno dostupni podaci o poslovanju kompostana u Hrvatskoj su ograničeni i teško ih je pronaći u stručnoj literaturi. Stoga je glavni cilj ovog istraživačkog rada pružiti uvid u poslovanje kompostana u Hrvatskoj i procijeniti njihovu ekonomsku održivost. Osim analize poslovnih aspekata, rad će također opisati vrste biootpada koje se obrađuju u kompostanama, suradnju s komunalnim poduzećima, postupak proizvodnje komposta te njegovu tržišnu cijenu.

2. Pregled literature

U radu autora Černe i Oplanić (2016) analizira se mogućnost korištenja kompostiranja kao održive strategije za recikliranje komine masline i komunalnog mulja u kontekstu poljoprivredne proizvodnje i kružne ekonomije. Također, istraživanje pruža projekciju financijske isplativosti kompostane na području Mediterana koja bi se bavila obradom navedenih vrsta otpada. S obzirom na značajne količine komine masline koja se stvara na području Mediterana tokom procesa prerade ploda masline, autorima je bio cilj istražiti mogućnosti kompostiranja ovog nusproizvoda koji je zbog svog sastava fitotoksičan i predstavlja rizik ukoliko se primjenjuje direktno u tlo. Za analizu ekonomske opravdanosti kompostane na području Mediterana, provedena je temeljita ekonomska analiza koja je obuhvatila model poslovanja kompostane za obradu ukupno 7.000 tona organskog materijala godišnje. Na temelju financijskog rezultata poslovanja kompostane koja je prema projekciji ostvarivala godišnju dobit od 450.000 kuna, potvrđena je njezina financijska održivost.

Renkow i Rubin (1998) među prvim su autorima koji su istraživali isplativost kompostiranja krutog komunalnog otpada na području SAD-a. Podatke potrebne za utvrđivanje isplativosti prikupili su anketnim istraživanjem s predstavnicima 19 kompostana komunalnog krutog otpada (u daljnjem tekstu KKO). Rezultati dobiveni anketnim istraživanjem pokazali su da su troškovi kompostiranja 50 dolara po toni te da je manji broj kompostana ostvarivao prihode od prodaje komposta dostatne za pokrivanje operativnih troškova. Unatoč tome autori zaključuju da je kompostiranje ipak konkurentan način upravljanje biootpadom jer su troškovi odlaganja otpada ispod tla također visoki uz značajno nepovoljniji utjecaj na okoliš.

Jovičić i sur (2009) u svom radu ističu problematiku obrade čvrstog otpada i procesa kompostiranja u gradu Kragujevcu. Također, u radu opisuju proces kompostiranja, analiziraju kompostne sirovine, korištenje komposta, prednosti kompostiranja i daju konkretan prijedlog za provedbu procesa kompostiranja. Nadalje, pružaju tehnoekonomsku analizu izgradnje postrojenja za kompostiranje. Na temelju provedenog istraživanja, troškovi investicija za izgradnju postrojenja iznose 1.204.000 eura, uključujući troškove zemljišta, nabavke materijala za izgradnju potrebnih objekata, nabavke opreme i strojeva, kao i troškove upravljanja i planiranja. Autori pretpostavljaju da je povrat ulaganja sredstava u izgradnju postrojenja moguć u roku od 4 godine, ukoliko su sredstva osigurana dijelom iz vlastitog izvora (500.000 eura) i bankovnog kredita (704.000 eura) sa kamatnom stopom od 6%.

Pandyaswargo i Premakumara (2014) proveli su istraživanje s ciljem analize financijske održivosti modernih postrojenja za kompostiranje i utvrđivanja ekonomski optimalnog kapaciteta za kompostiranje komunalnog otpada u Aziji. Autori su istraživali ključne faktore koji utječu na ekonomsku izvedivost kompostnih postrojenja te su identificirali raspon kapaciteta ili u okviru kojih bi projekti izgradnje kompostana ostvarivali prihvatljive financijske učinke. Rezultati istraživanja su pokazali da postrojenja sa „srednjom razinom“ i „nižom velikom razinom“ kapaciteta imaju optimalne uvjete za postizanje financijske održivosti u usporedbi s manjim i većim kapacitetima kompostnih postrojenja. Također, istraživanje je identificiralo da ekonomska održivost kompostnih postrojenja ovisi o različitim faktorima, uključujući odabir prikladnih metoda obrade, tehnologija, kvalitetu proizvoda i marketinške strategije.

Prema istraživanju Dominga i Nadala iz 2009. godine, kompostiranje nije uvijek siguran proces, s obzirom na prisutnost kontaminanata u čvrstim komunalnim otpadima. To može izložiti različite populacije, uključujući radnike u postrojenjima za kompostiranje i potrošače koji kupuju poljoprivredne kulture koje su gnojene kompostom. U njihovom radu analizirane su informacije o zdravstvenim rizicima koji proizlaze iz profesionalnog izlaganja organskim površinama, biološkim aerosolima i mikroorganizmima u postrojenjima za kompostiranje čvrstog komunalnog otpada. Također, provedena je procjena zdravstvenih rizika od hlapljivih organskih spojeva koji se oslobađaju tijekom procesa kompostiranja. Na temelju identificiranih potencijalnih rizika, autori preporučuju rigoroznu kontrolu zaposlenika u postrojenjima za kompostiranje kako bi se smanjila izloženost i rizik od negativnih zdravstvenih posljedica.

3. Metode istraživanja i izvori podataka

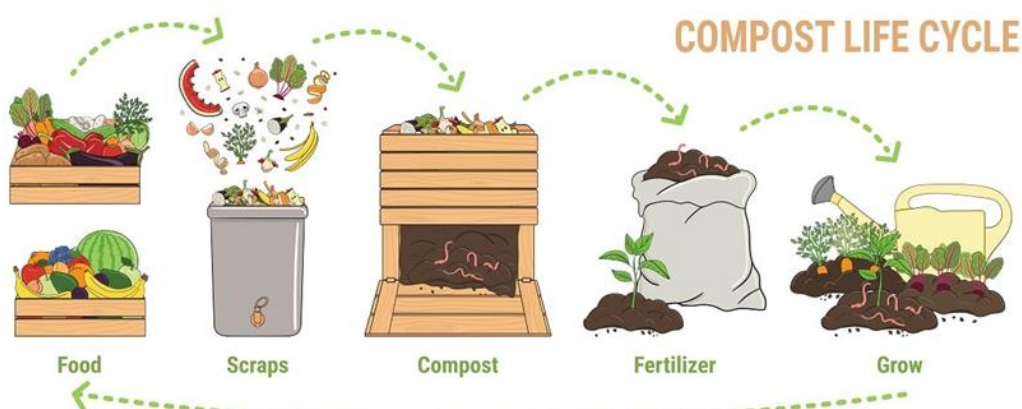
U ovom istraživačkom radu korištena je kombinacija primarnih i sekundarnih izvora podataka kako bi se dobili relevantni rezultati o poslovanju kompostana u Hrvatskoj. Sekundarni izvori podataka korišteni u istraživanju uključuju pregled završnih i diplomskih radova, stručnih članaka te informacije s internetskih stranica. Sekundarni izvori pružili su informacije potrebne za izradu teorijske osnove ovog rada. S ciljem detaljnijeg uvida u rezultate poslovanja kompostana osigurani su primarni izvori koji su se sastojali od rezultata intervjua s direktorom Sektora gospodarenja otpadom grada Koprivnice, Sašom Grubačevićem te voditeljem kompostane Herešin, Stjepanom Vargovićem. Kombinacija sekundarnih i primarnih izvora informacija omogućila je cjelovitiju analizu stanja kompostiranja u Hrvatskoj.

4. Rezultati i rasprava

U daljnjem dijelu rada, pružit će se detaljnije objašnjenje samog procesa kompostiranja, uvjeta i faza potrebnih za stvaranje kvalitetnog komposta, kao i ekonomskih pokazatelja isplativosti kompostiranja. Nadalje, pobliže će se predstaviti kompost, njegov značaj za okoliš i primjenjivost u hrvatskoj poljoprivredi. Također, opisat će se poslovanje triju kompostana, a to su kompostana Jakuševac, kompostana Prelog i kompostana Herešin. Detaljnije je prikazana kompostana Herešin u kojoj je proveden intervju s odgovornim osobama.

4.1. Značenje kompostiranja

„Proces kompostiranja 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). Kompostiranje se može primijeniti s ciljem proizvodnje komposta, ali također može biti namijenjeno specifično kao proces obrade otpada. Prava korist od kompostiranja se ostvaruje kada se obje svrhe kombiniraju i provode zajedno (Jovičić i sur., 2009).



Slika 1. Prikaz životnog ciklusa kompostiranja

Izvor: <https://krenizdravo.dnevnik.hr/korisno/zastita-okolisa/kucno-kompostiranje-otpada>

Temelj uspješnog kompostiranja je pravilno odvajanje otpada koji se smije koristiti za kompostiranje od onog koji nije prihvatljiv za to kako ne bi došlo do otežavanja procesa kompostiranja te ispuštanja otrovnih tvari u kompost koji može dovesti do degradacije tla, uništavanja biljaka te ispiranja u vode. Na slici 2 prikazani su oblici biootpada koji se smiju i koji se ne smiju kompostirati:

a) Kompostirati se može povrće, voće, talog od kave, ukrasne biljke, ljuske od oraha i jaja, papirnate salвете te ostaci od papira i kartona,

b) Ne smiju se kompostirati mliječni proizvodi, masti i ulja, jaja, mesne i riblje kosti, izmet kućnih ljubimaca, zaražene i bolesne biljke, lijekovi, opušci cigareta te slomljeno staklo.



Slika 2. Prikaz otpada koji se smije i ne smije kompostirati

Izvor: <https://home.howstuffworks.com/composting.htm>

Kompostiranje se temelji na tehnologiji koja uključuje nekoliko ključnih koraka. Prvi korak je priprema sirovine ili preprocesiranje, u kojem se obično provodi smanjenje veličine materijala i segregacija nepoželjnih materijala. Nakon toga slijedi sam postupak kompostiranja, u kojem dolazi do aerobne razgradnje organskih materijala. Konačni korak je klasifikacija i poboljšanje finalnog proizvoda, poznat kao postprocesiranje, koje uključuje selekciju i eventualnu nadogradnju komposta kako bi se postigla željena kvaliteta i stabilnost (Jovičić i sur., 2009). Kompostiranjem se kao konačni proizvod dobiva već navedeni kompost, prikazan na slici 6, različite klase koji ovisi o vrsti otpada koji ulazi u proces oporabe za proizvodnju. Kompost se time dijeli na tri klase od kojih je kompost prve klase namijenjen korištenju u ekološkoj

proizvodnji, kompost druge klase namijenjen je korištenju u poljoprivredi, a kompost treće klase namijenjen je korištenju na tlu, no nije namijenjena za proizvodnju hrane, šumskom/parkovnom zemljištu te za potrebu uređenja zemljišta (Pravilnik o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada, 2014).

Tablica 1. Vrste otpada i dodatni uvjeti za otpad koji ulazi u postupak oporabe za proizvodnju komposta prve, druge i treće klase:

Ključni broj	Naziv	Dodatni uvjeti i primjeri
02 01 03	Otpadna biljna tkiva	- npr. žetveni ostaci, otpadno sjeme koje nije tretirano fungicidima, podvodno bilje (npr. alge), otpad od stočne hrane, biljni otpad od biofilterskog materijala
02 01 07	Otpad iz šumarstva	- dopuštena su samo otpadna biljna tkiva
02 03 04	Materijali neprikladni za potrošnju ili preradu	- dopušteno ukoliko otpad ne sadrži aditive ili ostatke toksičnih/onečišćujućih tvari, - uključuje ostatke od proizvodnje kave, čaja, duhana, otpad, žitarica, kvasac i ostatak sličan kvascu, kukuruzni škrob
03 01 01	Otpadna kora i pluto	- dopušteno samo netretirano drvo koje ne sadrži aditive i ostatke toksičnih/onečišćujućih tvari
03 01 05	piljevina, strugotine, otpaci od rezanja drva, drvo, otpaci dasaka i furnira, koji nisu navedeni pod 03 01 04*	- dopušteno samo netretirano drvo koje ne sadrži aditive i ostatke toksičnih/onečišćujućih tvari
03 03 01	Otpadna kora i otpaci drveta	- dopušteno samo netretirano drvo koje ne sadrži aditive i ostatke toksičnih/onečišćujućih tvari
20 01 08	Biorazgradivi otpad iz kuhinja i iz kantina	- dopušteno je otpadno voće i povrće, žitarice, ostatke od pripreme kave i čaja, ljuske od jaja i sl. - nisu dopušteni nusproizvodi životinjskog podrijetla
20 01 38	Drvo koje nije navedeno pod 20 01 37*	- dopušteno je samo netretirano drvo koje ne sadrži aditive, sredstva za zaštitu i druge ostatke toksičnih/onečišćujućih tvari. - glomazni otpad nije dopušten
20 02 01	Biorazgradivi otpad	- dopušten jer otpad iz vrtova, zeleni otpad, otpad iz vrtlarstva, otpaci od obrezivanja živica i drveća, trava, biorazgradivi otpad sa groblja

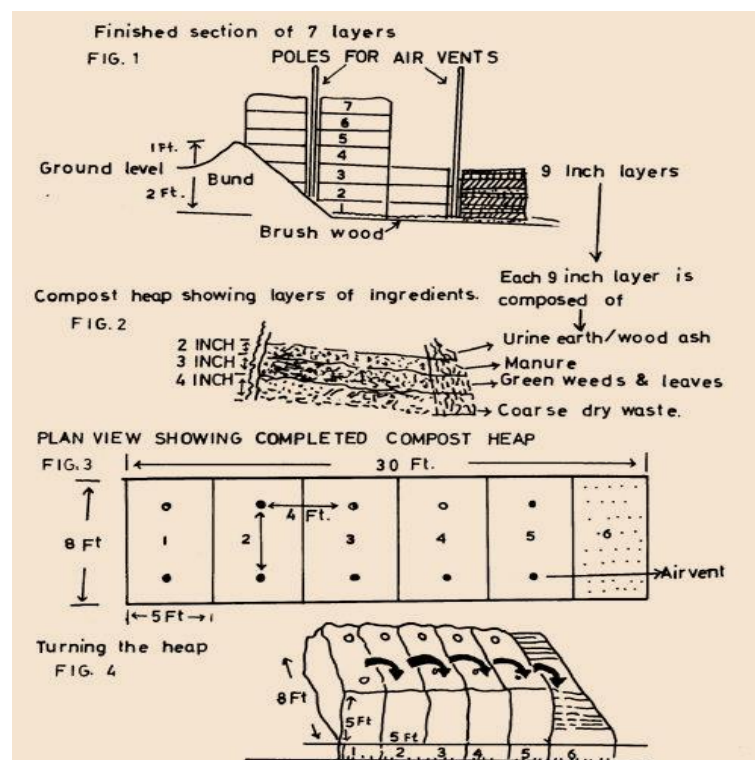
20 03 02	Otpad s tržnica	- dopušten je samo odvojeno sakupljeni biorazgradivi otpad npr. otpadno voće i povrće, cvijeće - dije dopuštena izdvojena frakcija otpada koja nije odvojeno sakupljena
----------	-----------------	---

Izvor: Pravilnik o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada (»Narodne novine«, broj 94/13)

4.2. Povijest kompostiranja

Prvi zapisi o izradi 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 uzimajući slamu iz staja za životinje i zakapajući je u obrađena polja. Zapisi o primjeni komposta od slame postoje u Talmudu i Starom zavjetu (<https://www.carryoncomposting.com/142941469.html>). U kasnijem razdoblju povijesti, s pojavom templara u 13. stoljeću, zabilježeni su precizniji zapisi o kompostiranju koji su značajno doprinijeli našem suvremenom znanju i metodama kompostiranja te njihovom utjecaju na biosferu. Templari su se naselili u Španjolskoj i južnoj Francuskoj zbog muslimanskih osvajanja svetih zemalja u Palestini. Tijekom svog boravka, templari su posvetili puno vremena proučavanju poljoprivrede i koristima koje ona pruža. Rukopisi koji su bili prepisani u 13. stoljeću opisuju tehnike koje su templari koristili kako bi obnovili plodnost suhih i iscrpljenih tala. S obzirom na nepoznavanje mikrobiologije i kemijskih svojstava tla u to vrijeme, preciznost njihovih zapisa u dokumentima izazvala je znatiželju među znanstvenicima i teoretičarima diljem svijeta. Navedeni opis implicira da su templari imali značajno znanje o geologiji, mikrobiologiji i biologiji tla, kao i osnovnim principima agronomije i plodnosti tla (Diaz i sur., 2011). Tijekom 20. stoljeća, u Indiji je zabilježen jedan od prvih dokumentiranih pokušaja primjene kompostiranja u upravljanju organskim otpadom. Tada je došlo do značajnog napretka u povijesti modernog kompostiranja, posebno zahvaljujući radu Sir Alberta Howarda i suradnicima poput Jacksona i Wada, koji su razvili kompostne procese poznate kao *Indore proces* vidljiv na slici 4. Početno, ovaj proces je uključivao samo stajski gnoj, no kasnije su se uključili i ljudski izmet, smeće, slama, lišće, komunalni otpad i otpad iz staja. Na početku se vjerovalo da je kompostiranje bilo aerobno samo u početnoj fazi, dok je daljnji proces bio anaeroban. Indore proces je iskoristio sve nusproizvode poljoprivrede, zajedno s miješanim životinjskim i biljnim otpadom. Prema Fitzpatric i sur. (2005) glavna procedura za Indore sustav je:

- 1) postavljanje sloja grmlja na tlo kao podloga za kompostnu hrpu,
- 2) tada se kompostna sirovina nanosi u slojevima kako bi se formirala kompostna hrpa visoka otprilike 1,5 metar, široka 1,5-3,0 metara i promjenjive duljine,
- 3) prvi sloj je 15,2 cm debljine zelenih tvari (poput otpadaka usjeva i lišća); drugi sloj je životinjski gnoj debljine 5,1 cm, koji je prekriven vrlo tankim slojem gornjeg sloja zemlje i zdrobljenog vapnenca,
- 4) dodatni materijal se dodaje u uzastopnim slojevima dok hrpa ne dosegne visinu od 152,4 cm.



Slika 4. Prikaz Indore sustava

Izvor: <https://ikaki.in/bagh/sir-albert-howard-composting-at-ikaki-bagh/>

Krajem 1990-ih u Hrvatskoj, uveden je sustav odvajanja biootpada s ciljem održivog gospodarenja otpadom. Ovo je omogućilo kućanstvima da samostalno kompostiraju svoj biootpad ili ga predaju sakupljačima u papirnatim vrećama za daljnju obradu na centralnom odlagalištu biootpada. U tu svrhu, uvedene su ekonomske stimulacije kako bi se potaknulo sve više kućanstava da aktivno sudjeluju u odvajanju otpada, dok je preostali otpad bio usmjeren prema postupku spaljivanja (Rosan, 2017). Uvođenje ovog sustava odvajanja biootpada u Hrvatskoj predstavlja važan korak prema održivom gospodarenju otpadom i promicanju

ekološki osviještenog ponašanja. Kroz kontinuirano educiranje građana o važnosti odvajanja otpada i poticanja na samostalno kompostiranje, postignut je napredak u smanjenju količine otpada koji završava na odlagalištima i stvaranju vrijednog produkta poput komposta.

4.3. Značenje komposta

Pravilnik o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada (»Narodne novine«, broj 94/13) definira kompost kao organsko gnojivo i poboljšivač tla koji udovoljava uvjetima za određenu namjenu i koji je proizveden kompostiranjem otpada. Inicijalna asocijacija s pojmom „kompost“ može ukazivati na dodatnu hranu za biljke, međutim kompost je multifunkcionalan proizvod koji, osim što pruža hranjive tvari kao što su dušik (N), fosfor (P) i kalij (K) biljkama, također poboljšava fizikalno-kemijska i biološka svojstva tla. Time se sprječava poznata prijetnja – erozija, te se povećava pH vrijednost tla koja je često 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 (CH₄), ugljični dioksid (CO₂) i didušikov oksid (N₂O). Postoji šest vrsta komposta, obzirom na korišteni materijal:

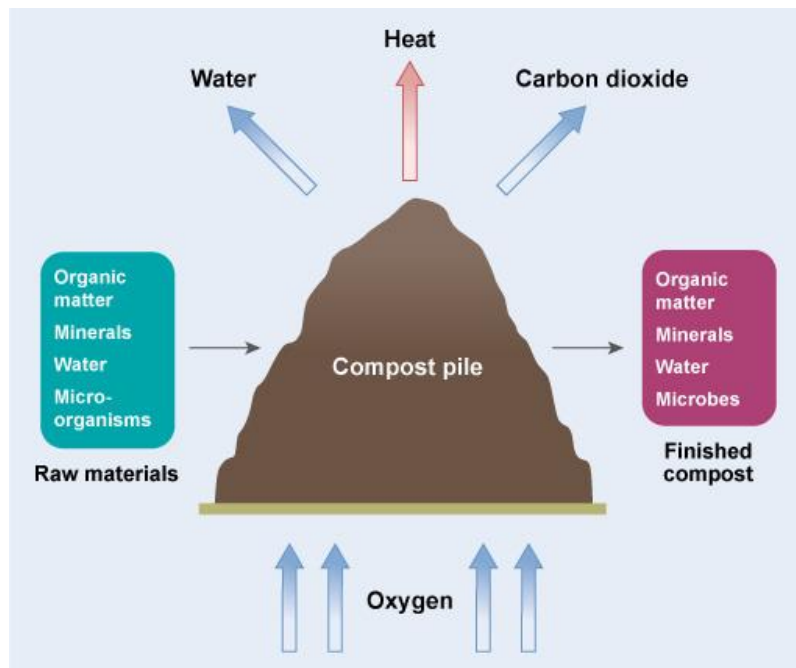
- I. Kompostirani stajski gnoj ili lumbripost u čijem procesu se najčešće koriste kalifornijske gliste (*Eisenia foetida*) koje ubrzavaju proces kompostiranja i povećavaju njegovu kvalitetu,
- II. Kompost od slame i kukuruzovine (nije poželjan zbog malog sadržaja vode),
- III. Kompost od treseta koji se u Hrvatskoj najviše koristi u stakleničkoj i plasteničkoj proizvodnji,
- IV. Kompost od mulja otpadnih voda,
- V. Kompost od gradskog smeća,
- VI. Kompost od industrijskih otpadaka.



Slika 6. Prikaz gotovog komposta prve klase
Izvor: E. Nekret-Katić, 2023.

4.4. Uvjeti i faze kompostiranja

Kompostiranje je biološki proces koji se može odvijati u dva različita uvjeta – aerobnom i anaerobnom. Aerobno kompostiranje, koje je prikazano na slici 3, se temelji na prisutnosti kisika, dok se anaerobno kompostiranje odvija u odsutnosti kisika. „Aerobno kompostiranje je razgradnja organskih supstrata u prisutnosti kisika (zraka). Glavni proizvodi biološkog metabolizma su ugljikov dioksid, voda i toplina. Anaerobno kompostiranje je biološka razgradnja organskih supstrata bez kisika. Metabolički krajnji produkt anaerobne razgradnje su metan, ugljični dioksid i brojni međuproizvodi niske molekularne težine kao što su organske kiseline i alkoholi. Anaerobno kompostiranje oslobađa znatno manje energije po težini organske razgradnje u usporedbi s aerobnim kompostiranjem. Također, anaerobno kompostiranje ima veći potencijal stvaranja neugodnih mirisa zbog prirode mnogih intermedijarnih metabolita. Iz tih razloga gotovo svi projektirani sustavi komposta su aerobni“ (Haug, 1993).



Slika 3. Prikaz aerobnog kompostiranja

Izvor: <https://www.open.edu/openlearncreate/mod/oucontent/view.php?id=80574§ion=7.2>

Proces kompostiranja se odvija u tri faze. Prema Vidović i Luttenberger (2019) u početnoj fazi kompostiranja, poznatoj kao faza razgradnje, glavnu ulogu preuzimaju mikroorganizmi, posebice bakterije. Bakterije, aerobne i anaerobne, čine čak 90 % komposta te se smatraju kemijskim razgrađivačima jer su odgovorne za početnu razgradnju složenih kemijskih spojeva prisutnih u organskom materijalu, pretvarajući ih u jednostavnije tvari poput organskih kiselina. Budući da je proces kompostiranja aeroban, ključnu ulogu imaju aerobne bakterije koje imaju širok raspon izvora hrane te koriste tvari bogate ugljikom kao izvor energije, dok tvari bogate dušikom koriste za sintezu proteina i nukleinskih kiselina. Kao rezultat oksidacije ugljikovih spojeva, aerobne bakterije generiraju toplinu koja zagrijava kompostnu hrpu, čime se temperatura unutar komposta povećava. Za razliku od ljudi, aerobnim bakterijama nije potrebna potpuna koncentracija od 21 % kisika u zraku. One mogu preživljavati i funkcionirati čak i pri nižim razinama kisika, kao što je 5 %. Međutim, da bi njihova aktivnost bila optimalna, preporučuje se održavanje postotka kisika iznad 10 %. U drugoj fazi kompostiranja su prisutne aktinomicete koje se smatraju prijelaznim organizmima između bakterija i gljiva (kvasaca i plijesni). Aktinomicete imaju ključnu ulogu u stvaranju karakterističnog mirisa koji podsjeća na „šumsku zemlju“ u kompostu. Također, one su odgovorne za razgradnju otpornijih tvari u kompostnoj smjesi, poput lignina iz drveta, celuloze, škroba i proteina. Osim toga, gljive također sudjeluju u procesu razgradnje teže razgrađivih spojeva koji potječu iz stapki, grančica

i iglica. U posljednjoj fazi se nastavlja proces razgradnje organskog materijala putem aktivnosti različitih mikroorganizama. Ti mikroorganizmi uključuju grinje, stonoge, puževe, kukce, mrave, gliste i sl. Ovi mikroorganizmi djeluju kao fizički razgrađivači jer mehanički obrađuju biorazgradive materijale koristeći sposobnost žvakanja, sisanja, trganja i drobljenja na sitnije komade koji su lakše probavljivi mikroorganizmima.

4.5. Ekonomska izvedivost kompostiranja

Sabki i sur. (2018) navode da organski otpad predstavlja značajan udio komunalnog otpada u zemljama s različitim ekonomskim razinama, s udjelom koji se kreće od otprilike 25% do 70%. Kompostiranje pruža održivu opciju za učinkovito upravljanje otpadom putem pretvaranja organskog otpada u gnojivo s dodanom vrijednošću. Međutim, provedba velikih kompostnih sustava suočava se s izazovom ekonomske izvedivosti koja varira ovisno o različitim načinima rada i operativnim aspektima. Ekonomska izvedivost (eng. Economic Feasibility – EF u daljnjem tekstu) kompostiranja određuje njegovu održivost i isplativost. Različiti faktori utječu na EF kompostiranja, uključujući kapitalne i operativne troškove postrojenja, proizvodne procese, transport, osiguranje kvalitete, tržište komposta te kontinuirani lanac opskrbe i potražnje sirovina i proizvoda. Sudjelovanje vlade i privatnog sektora, uključujući donositelje politika i javnost, od vitalnog je značaja za podršku odvajanja otpada radi poboljšanja ekonomske izvedivosti kompostiranja. Naglašeno je da kvaliteta komposta određuje tržišni potencijal i ekonomsku izvedivost kompostnog postrojenja. Veća kvaliteta komposta koji se prodaje na odgovarajućem tržištu može generirati veći prihod i dobit. Danas su na tržištu dostupne različite vrste komposta, posebno u zemljama u razvoju, koje se prodaju bez odgovarajuće označenosti sadržaja hranjivih tvari koje bi ukazivale na njihovu specifičnu namjenu. Nedostatak označavanja proizvoda dovodi do nelojalne konkurencije komposta na tržištu gnojiva. Kompostiranje je postupak koji je relativno ekonomski prihvatljiv, međutim profitabilnost ovog procesa ovisi o nekoliko faktora kao što su kvaliteta komposta, prodajna cijena, rizik od kontaminacije teškim metalima te troškovi segregacije i prikupljanja otpada. Implementacija kompostiranja može se provoditi u različitim mjerilima, od malih sustava u urbanoj sredini, poput stanova, do velikih industrijskih sustava za poljoprivredne farme.

Troškovi i prihodi kompostiranja na primjeru proizvodnje komposta na farmi u Kolumbiji

Radi evaluacije financijske isplativosti proizvodnje komposta, kompostane koriste evidenciju prihoda i troškova. U tabličnoj formi, prvo se navode i kvantificiraju troškovi koji uključuju prikupljanje materijala, transport, kontrolu parametara, vaganje i pakiranje, nabavku polietilenskih vrećica, potrebne alate te izgradnju kompostera. Nakon što su određeni ukupni troškovi, prihod se određuje umnoškom količine proizvedenog komposta s njegovom jediničnom cijenom, što omogućuje procjenu isplativosti proizvodnje. Primjer tablice "prihoda i troškova" prikazan je u Tablici 2 na primjeru farme Monte Heliconia u Kolumbiji koja proizvodi kompost od svinjskog gnoja i rižine ljuske. Farma proizvodi 10 tona komposta svakih 6 mjeseci, pri čemu je tržišni plasman 4,2 tona dovoljan za pokrivanje troškova proizvodnje, dok se preostalih 5,8 tona koristi za potrebe farme. Iz praktičnih razloga u tablici je prikazana isplativost kompostiranja uz tržišni plasman ukupno proizvedenog komposta (Roman i sur., 2015).

Tablica 2. Prikaz izrade tablice prihoda i troškova:

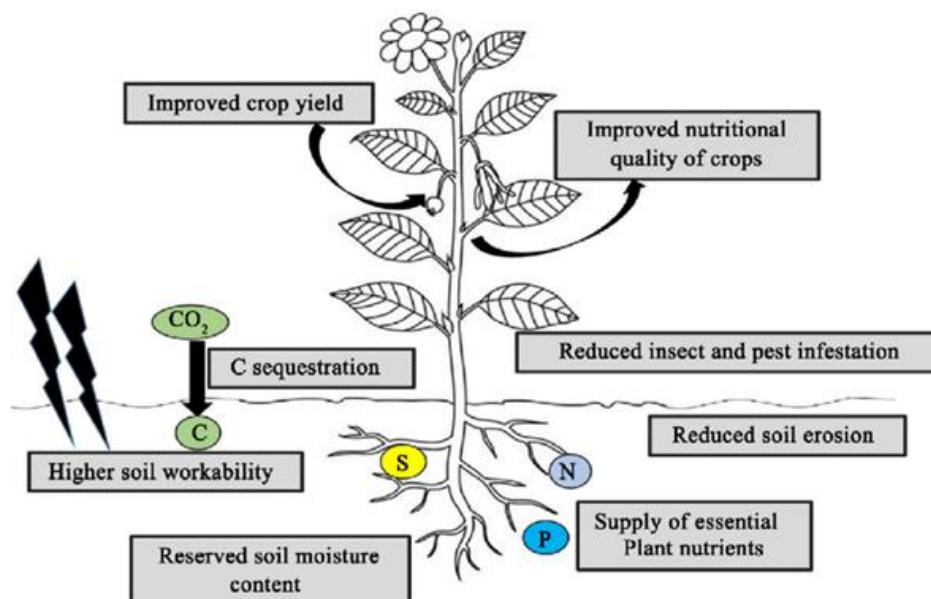
Troškovi			
Detalj	Količina	Jedinični trošak (USD)	Ukupni trošak (USD)
Prikupljanje materijala (nadnica)	2	14	28
Prijevoz (nadnica)	2	14	28
Kontrola parametara (nadnica)	6	14	84
Vaganje i pakiranje (nadnica)	0,5	14	7
Polietilenske vrećice	200	0,1	20
Rižina ljuska (kg)	750	0,1	75
Lopata	2	5,5	11
Tačke	1	78,5	78,5
Izrada kompostera	1	11,3	11,3
Ukupni troškovi			342,8
Prihodi			
Detalj	Količina	Jedinična cijena (USD)	Ukupni prihod (USD)
Kompost (tona)	10	80	800
Ukupni prihod			800
Prihodi - troškovi			+457,2

* Svinjski gnoj nije prikazan u troškovima jer je nusprodukt farme

Izvor: Roman i sur., 2015

4.6. Biološke i ekonomske prednosti kompostiranja

Kompostiranje pruža brojne prednosti s obzirom na biološku održivost i ekonomske koristi zajednice. Ovaj proces doprinosi poboljšanju kvalitete tla, zraka i vode na nekoliko načina. Prije svega, kompostiranje obogaćuje tlo esencijalnim mikro i makro nutrijentima, što rezultira boljim stanjem tla i njegovom plodnošću. Također, poboljšava strukturu tla, smanjujući mogućnost erozije i potičući bolji protok vode u tlu. Održavanje neutralne pH vrijednosti tla također je važna posljedica korištenja komposta. Kompostiranje ima i pozitivan utjecaj na smanjenje emisija stakleničkih plinova. Naime, ovaj proces smanjuje potrebu za mineralnim gnojivima čija proizvodnja pridonosi emisiji takvih plinova. Također, kompostiranje djeluje kao filtracija za vodu, čime se pročišćava i smanjuje onečišćenje mora i oceana. Kada je riječ o poljoprivrednoj proizvodnji, korištenje komposta donosi mnoge prednosti. Zdravlje i vitalnost biljaka su ključni čimbenici za postizanje uspješnih prinosa, a istovremeno se doprinosi očuvanju okoliša. Kompost zadovoljava potrebe poljoprivrednika i prirode, uspostavljajući ravnotežu između njihovih zahtjeva. Upotreba komposta, osim već spomenutih prednosti, rezultira povećanjem prinosa usjeva, poboljšanjem njihove nutritivne kvalitete te smanjenjem infekcija štetnicima i kukcima (slika 5). Sve navedene prednosti čine kompostiranje vrlo privlačnom i održivom praksom koja ima pozitivan učinak na poljoprivredu, okoliš i zajednicu u cjelini.



Slika 5. Prikaz prednosti korištenja komposta za usjev

Izvor: Sultana i sur (2020)

Uz navedene biološke prednosti, kompostiranje ima i značajne ekonomske prednosti za poljoprivredu i lokalne zajednice. Korištenje komposta u različitim sektorima poljoprivrede, poput ratarstva, voćarstva, povrtlarstva i vinogradarstva, donosi uštede u smislu smanjenja upotrebe skupih mineralnih gnojiva i potrebe za navodnjavanjem. To je rezultat kemijskih i tehnoloških svojstava komposta. Kompost se posebno preporučuje u ekološkoj proizvodnji jer ispunjava zahtjeve održivosti prirodnih resursa, sigurnosti higijensko-sanitarnih uvjeta za potrošače i ekonomski prikladne proizvodnje. Kompostiranje također donosi ekonomičnost u poljoprivredi. Smanjuje se potreba za prijevozom biootpada do komunalnih centara, što rezultira nižim troškovima. Proizvodnja vlastitog komposta dodaje vrijednost gospodarstvu i omogućava dodatne prihode. Osim toga, kompostiranje ima pozitivan utjecaj na lokalnu zajednicu. Smanjuje se količina biootpada na komunalnim odlagalištima, a moguće je uspostaviti sporazume s lokalnim gospodarstvima za prikupljanje kućanskog biootpada radi proizvodnje visokokvalitetnog komposta. To povećava potražnju za proizvodima iz ekološkog uzgoja tih gospodarstava. Kroz kompostiranje, lokalno stanovništvo ne samo da dobiva zdraviju hranu, već također doprinosi očuvanju okoliša. Kompostiranje stvara održivu i ekonomski isplativu poljoprivrednu praksu te promiče ravnotežu između poljoprivrednih potreba i zaštite okoliša.

4.7. Ekonomska isplativost korištenja komposta u RH

Postoji nekoliko čimbenika koji objašnjavaju zašto kompost još uvijek nije široko prihvaćen među poljoprivrednicima u Hrvatskoj, s naglaskom na potrebnu veću količinu za gnojidbu biljaka koja predstavlja izazov u njegovoj primjeni i potražnji na tržištu. Prvo, za postizanje optimalnih rezultata u gnojidbi, preporučuje se primjena visokih količina komposta, između 30 i 60 tona po hektaru. Ova velika količina može biti logistički zahtjevna i financijski izazovna za poljoprivrednike, s obzirom na troškove distribucije komposta s mjesta kupnje, često kompostana, do poljoprivrednih gospodarstava ili obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava (OPG-ova), kao i troškove same kupnje komposta, njegovog skladištenja i primjene na poljoprivrednim površinama. Drugo, nedostatak svijesti i edukacije među poljoprivrednicima o prednostima i potencijalu komposta također igra ulogu. Mnogi poljoprivrednici još uvijek preferiraju upotrebu mineralnih gnojiva koja se smatraju bržim i jednostavnijim rješenjem za ishranu biljaka. Nedostatak informacija o kompostu kao

obnovljivom izvoru hranjiva i njegovim pozitivnim učincima na fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla može ograničiti njegovu širu upotrebu. Također, nedostatak dostupnosti kvalitetnog komposta na tržištu može biti prepreka za njegovu širu upotrebu. Kompostane, kao glavni proizvođači komposta, možda nisu dovoljno razvijene ili dostupne u svim regijama, što otežava pristup kompostu poljoprivrednicima. Osim toga, visoke cijene komposta mogu biti financijski neprihvatljive za poljoprivrednike koji se već suočavaju s drugim troškovima proizvodnje. U tablici 3 su prikazane cijene komposta u rinfuzi triju kompostana u Hrvatskoj za 30 i 60 tona komposta po hektaru te uspoređivajući cijene komposta navedenih kompostana i mineralnih gnojiva, navedenih u Katalogu kalkulacija poljoprivredne proizvodnje (Ministarstvo poljoprivrede, 2022) za gnojidbu triju ratarskih kultura koje poljoprivrednici najčešće koriste (pšenica, ječam i kukuruz) došla sam do zaključka kako je poljoprivrednicima jednostavnije i isplativije koristiti mineralna gnojiva ponajviše zbog mogućnosti dobivanja raznih subvencija za kupnju mineralnih gnojiva te zbog toga što je potrebna manja količina po hektaru.

Tablica 3. Prikaz cijena komposta za određenu količinu:

Operater kompostane	Lokacija kompostane	Oblik	t/ha komposta	Cijena EUR/ha	t/ha komposta	Cijena EUR/ha
Unikom d.o.o.	Osijek	Rinfuza	30	900,00	60	1.800,00
Komunalac d.o.o.	Koprivnica	Rinfuza	30	600,00	60	1.200,00
MURS-EKOM d.o.o.	Mursko Središće	Rinfuza	30	600,00	60	1.200,00

Izvori: unikom.hr, 2022., komunalac-kc.hr, 2021., murs-ekom.hr, 2023.

U primjeru gospodarstva koje se bavi proizvodnjom pšenice i kukuruza u Koprivničko-križevačkoj županiji, za jedan hektar bilo bi potrebno koristiti minimalno 30 tona komposta za obje kulture, dok bi se za pšenicu koristilo 300-400 kg mineralnog gnojiva (NPK 15:15:15) i za kukuruz 200-250 kg istog gnojiva. Analizirajući podatke u tablici 4, može se primijetiti da samostalna upotreba komposta za veće količine nije ekonomski isplativa u usporedbi s mineralnim gnojivima. Iz navedenih podataka zaključujem da bi korištenje komposta bilo ekonomski isplativo kada bi gospodarstvo ili više gospodarstava surađivalo u odvajanju i kompostiranju biootpada generiranog tijekom proizvodnje ili nakon žetve. Ovim pristupom smanjila bi se potrebna količina komposta koja se mora kupiti. Udruživanjem gospodarstava u sakupljanju biootpada, kao što su ostaci usjeva, moguće je smanjiti količinu biootpada koji

završava na odlagalištima, smanjiti emisiju stakleničkih plinova te postići ekonomsku isplativost korištenja komposta kao zamjene za mineralna gnojiva.

Tablica 4. Usporedba troškova korištenja komposta i mineralnog gnojiva:

Kultura	Prinos kg/ha	Količina gnojiva kg/ha	Vrsta gnojiva	Cijena gnojiva EUR/kg	Trošak gnojiva EUR/ha
Pšenica	7.000	30.000	Kompost	0,02	600,00
	7.000	855	NPK, KAN, UREA	0,40	340,11
Kukuruz	8.000	30.000	Kompost	0,02	600,00
	8.000	880	NPK, KAN, UREA	0,43	378,52

Izvor: MP - Katalog kalkulacija poljoprivredne proizvodnje, 2022.

4.8. Kompostana kao rješenje gospodarenja biorazgradivim otpadom u RH

Tijekom razgovora s voditeljem kompostane Herešin, istaknuta su ključna obilježja kompostana kao postrojenja namijenjenih proizvodnji visokokvalitetnog komposta putem aerobne razgradnje biorazgradivog otpada. Aerobno kompostiranje se preferira zbog brzine i jednostavnosti procesa dobivanja komposta. Kompostane su od izuzetne važnosti za zaštitu okoliša jer doprinose smanjenju količine biorazgradivog otpada koji završava na odlagalištima, čime se istovremeno smanjuje emisija štetnih plinova u atmosferu. Također, one podižu svijest građana o negativnim posljedicama nepravilnog odlaganja otpada, pružaju poljoprivrednicima mogućnost korištenja visokokvalitetnog komposta kao alternativu mineralnim gnojivima te podržavaju ekološku proizvodnju. Međutim, budući da se proces često obavlja na otvorenom, kompostane se suočavaju s izazovom širenja neugodnih mirisa, što rezultira njihovom manjom prihvaćenošću u blizini stambenih naselja. Prema izvješću o komunalnom otpadu iz 2021. godine, u Republici Hrvatskoj je 14 kompostana posjedovalo važeću dozvolu za gospodarenje otpadom za postupak R3. Od tih 14, njih 12 je aktivno zaprimalo komunalni otpad na obradu, ukupno prihvativši 90.525 tona otpada za kompostiranje, kako je prikazano u tablici 5 iz spomenutog izvješća.

Tablica 5. Prikaz količine otpada preuzete na kompostiranje u 2021. godini:

Županija	Lokacija kompostane	Tvrtka operater kompostane	Ukupno preuzeto (t)	Preuzeti komunalni otpad(t)
Grad Zagreb	Zagreb, Markuševec	Zagrebački holding d.o.o.	5.209	4.646
	Zagreb, Prudinec	Zagrebački holding d.o.o.	29.451	28.917
Koprivničko-križevačka	Imbriovec	Eko Loparić d.o.o	184	0
	Koprivnica	Komunalac d.o.o. Koprivnica	14.197	9.601
Međimurska	Čakovec	GKP Čakom d.o.o	4.196	3.972
	Prelog	GKP Pre-Kom d.o.o	4.433	4.433
	Mursko Središće	MURS-EKOM d.o.o	82	82
Osječko-baranjska	Osijek	Unikom d.o.o	8.459	8.459
Primorsko-goranska	Krk	Ponikve Eko otok Krk d.o.o.	5.588	5.588
Sisačko-moslavačka	Popovača	Bio Direkt d.o.o.	5.011	577
Varaždinska	Varaždin	Varkom d.d.	700	0
Zagrebačka	Kloštar Ivanić	Eko-Flor Plus d.o.o.	13.015	10.337
Ukupno RH			90.525	76.611

Izvor: Izvješće o komunalnom otpadu, 2021.

4.8.1. Kompostana „Prudinec/Jakuševec“

Kompostana Jakuševec, prikazana na slici 7, smještena je na području grada Zagreba te je njezin operater Zagrebački holding d.o.o. Specijalizirana je za obradu odvojeno sakupljenog biorazgradivog otpada iz domaćinstava i zelenog otpada s gradskih zelenih površina. Ukupni kapacitet kompostane iznosi 32.000 tona godišnje, od čega je 15.000 tona kućnog biootpada, 15.000 tona zelenog otpada, dok se preostalih 2.000 tona odnosi na otpad koji potječe s tržnica (cistoca.hr).



Slika 7. Prikaz kompostnog postrojenja Jakuševac
Izvor: K. Novak, 2015

Biootpad se dolaskom na kompostanu istovaruje na slobodne površine uz istovremeno odvajanje drvenastog otpada poput debla, korijenja i grana koji se smješta na poseban izdvojeni dio kompostane gdje dalje odlazi za proizvodnju drvene sječke. Za vrijeme istovara biootpada također se istovremeno provodi vizualna kontrola koju obavlja radnik zadužen za prijem otpada, kontrolu i ovjeru pratećih listova. Zatim se obavlja ručno odvajanje inertnog otpada kao što su plastika (PVC), metal, kamen i dr. Biootpad se nakon prihvata usitnjava na veličinu čestica od 1 do 150 mm i slaže u kompostne hrpe. U kompostani proces aerobnog kompostiranja traje 8-16 tjedana te se dobiveni kompost koristi kao organsko gnojivo u uzgoju bilja ili se miješa s drugim komponentama za proizvodnju supstrata. S obzirom da se radi o velikim količinama komposta (volumen 50-1000m³), drži se u otvorenim hrpama na slobodnom platou do predaje kupcima. Kako bi se spriječili neugodni mirisi nastali zbog biorazgradnje organske tvari, kompostne hrpe se strojno prevrću 2-3 puta tjedno (Domanovac, 2018).

4.8.2. Kompostana Prelog

Na stranici gradskog komunalnog poduzeća u Prelogu (pre-kom.hr) navodi se kako je Pre-Kom d.o.o. u suradnji s lokalnim jedinicama samouprave pokrenuo inicijativu izgradnje kompostane na lokaciji Gorice K3 u Prelogu. Projekt je financiran sredstvima Fonda za zaštitu

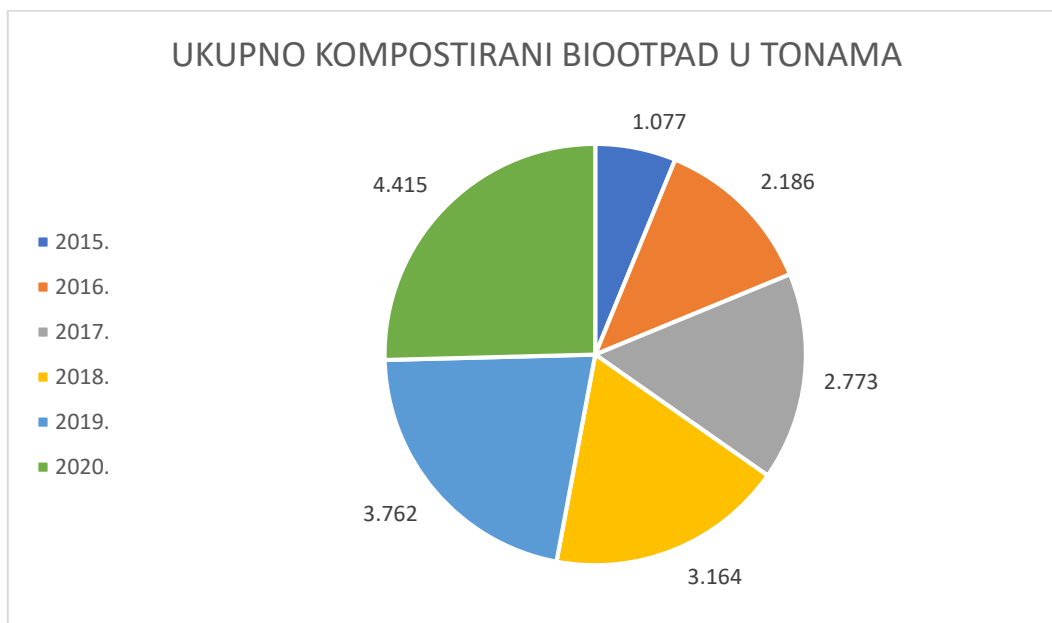
okoliša, a kompostana je puštena u rad 30. ožujka 2015. godine. Kao rezultat provedenog projekta, podijeljene su kante za sakupljanje biootpada svim domaćinstvima, koje potom odvođe svoj biootpad u kompostanu radi daljnje obrade. Sredinom 2020. godine, kompostana je započela s provođenjem projekta pod nazivom „Opremanje i modernizacija kompostane Prelog“, koji je sufinancirala Europska Unija. Ukupna vrijednost projekta iznosila je 4.447.956,07 kuna, od čega je 2.194.535,06 kuna dodijeljeno kao bespovratna sredstva. Projekt „Opremanje i modernizacija kompostane Prelog“ je započeo svoju provedbu 12. lipnja 2020. godine te je trajao do 12. prosinca 2021. godine. Cilj projekta je bio povećati kapacitet kompostane s početnih 5.460 tona godišnje na 7.200 tona godišnje, uz istovremeno povećanje obrade biootpada za 907 tona u prvoj potpunoj godini nakon završenog projekta. Kako bi ostvarili postavljene ciljeve, kompostana je u sklopu projekta nabavila pet novih strojeva koji su pridonijeli poboljšanoj obradi biootpada te smanjenju onečišćenja okoliša. Nabavljeni strojevi uključuju stroj za drobljenje biootpada, stroj za prosijavanje zrelog komposta, teleskopski utovarivač, obični utovarivač, stroj za punjenje prosijanog komposta u vreće te sustav automatskog vlaženja komposta. Svi ovi strojevi su bili ključni za poboljšanje procesa obrade biootpada i učinkovitost kompostane. Slika 8 prikazuje moderan dizajn kompostane Prelog.



Slika 8. Prikaz kompostnog postrojenja Prelog

Izvor: pre-kom.hr

Na svojoj mrežnoj stranici navode da se kompostana smatra jednom od najnaprednijih kompostana u Republici Hrvatskoj. Ona se ističe svojim inovativnim dizajnom i upotrebom visokokvalitetnih materijala za postizanje optimalnih uvjeta za obradu biootpada. Jedna od ključnih značajki je prisutnost natkrivene plohe za biostabilizaciju, koja omogućuje kontrolirano okruženje za procese kompostiranja. Posebno treba istaknuti podlogu kompostane koja je izgrađena od vodonepropusnog asfalta punjenog betonskim gelom. Ova tehnologija osigurava nepropusnost podloge i sprječava curenje tekućine koja nastaje tijekom procesa kompostiranja. Osim što smanjuje gubitak hranjivih tvari, ova vrsta podloge također pridonosi zaštiti okoliša sprječavajući onečišćenje podzemnih voda. Natkrivena ploha za biostabilizaciju zajedno s vodonepropusnom podlogom predstavlja kombinaciju tehnoloških inovacija koje osiguravaju optimalne uvjete za kompostiranje i minimaliziraju negativne utjecaje na okoliš. Ova moderna infrastruktura omogućuje efikasnu obradu biootpada, pretvarajući ga u kvalitetan kompost koji se može dalje koristiti u poljoprivredi i hortikulturi, doprinoseći tako održivom upravljanju otpadom i zaštiti okoliša.



Grafikon 1. Prikaz ukupno kompostiranog biootpada u tonama u kompostani Prelog
Izvor: Izvješće o komunalnom otpadu, 2015 – 2020.

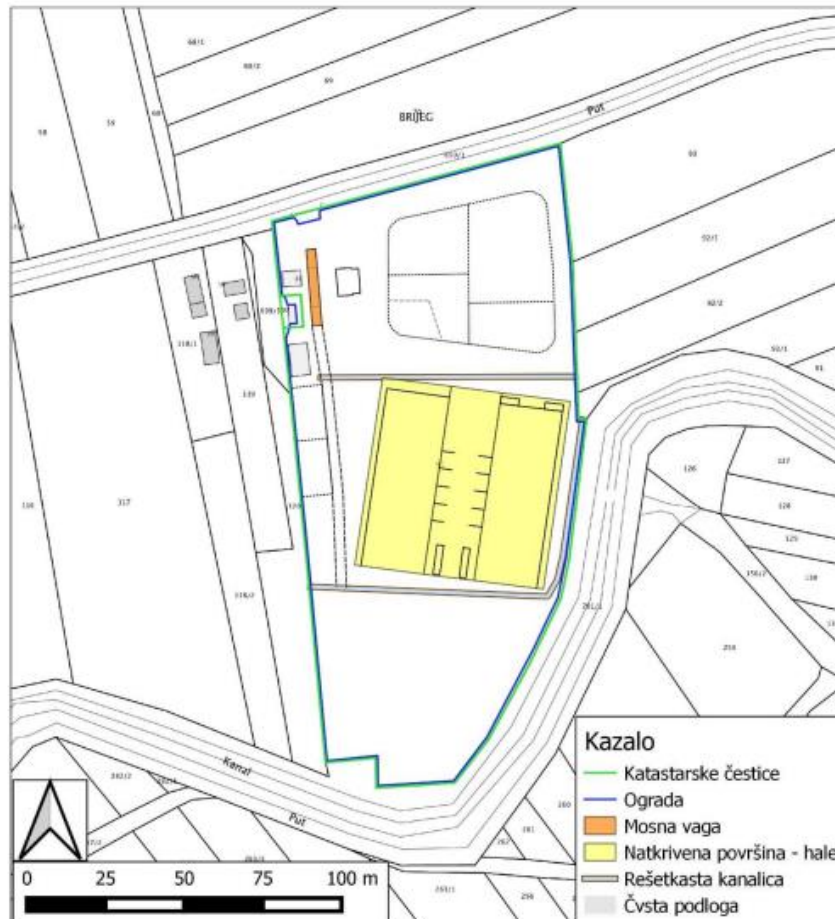
Grafikon 1 prikazuje promjene u ukupnoj količini kompostiranog otpada u razdoblju od 2015. do 2020. godine u kompostani Prelog. U tom razdoblju, kompostana je ostvarila značajan napredak u povećanju količine kompostiranog otpada. Od 2015. do 2016. godine, količina kompostiranog otpada povećala se za 1.109 tona, što predstavlja približno 103% rasta u odnosu

na početnu vrijednost. Ovaj značajan skok ukazuje na uspješnu implementaciju projekta i poboljšanje kapaciteta kompostane u tom periodu. Nakon 2016. godine, trend rasta količine kompostiranog biootpada se nastavio, iako s blagim povećanjem. U razdoblju od 2017. do 2020. godine, prosječno se bilježi povećanje od 19,25% u količini kompostiranog otpada. Ova stabilna i postupna stopa rasta ukazuje na održivo poslovanje kompostane te na nastavak uspješnog upravljanja biootpadom. Ovi rezultati svjedoče o uspješnoj provedbi projekta „Opremanje i modernizacija kompostane Prelog“ te o angažmanu kompostane u očuvanju okoliša i promicanju održivog upravljanja otpadom. Povećanje kapaciteta kompostane i rast količine kompostiranog otpada potvrđuju da su ulaganja u modernizaciju infrastrukture i nabavu napredne opreme imala pozitivan utjecaj na proces kompostiranja i doprinijela smanjenju otpada koji se odlaže na odlagalištima.

4.9. Prikaz kompostane Herešin u Koprivnici

Kompostana, kojom upravlja GKP Komunalac d.o.o., na svojim mrežnim stranicama navodi da je svečanim otvorenjem i puštanjem u probni rad 14. srpnja 2021. godine, postala kompostana s najmodernijim sustavom kompostiranja u Hrvatskoj. Dio projekta modernizacije i proširenja postojeće kompostane, ukupne vrijednosti 14,3 milijuna kuna, sufinancirala je Europska Unija iz Kohezijskog fonda u iznosu od 4,5 milijuna kuna. Predsjednica Uprave Komunalaca, Nataša Tetec, je uvodno najavila na svečanom otvorenju kako vjeruje da će ovom kompostanom, kapaciteta 9.000 tona godišnje, dodatno doprinijeti ostvarenju ciljeva lokalnih, nacionalnih i europskih strateških planova, povećanju udjela odvojeno prikupljenog otpada, smanjenju količine otpada koji odlažu na odlagališta te da će dodatno podići razinu kružnog gospodarstva proizvodnjom visoko kvalitetnog komposta prve klase u kontroliranim uvjetima. U realizaciji projekta izgradnje kompostane Herešin sudjelovala je kompanija Tehnix koja je zajedno s Akademijom tehničkih znanosti i stručnjacima u Republici Hrvatskoj, omogućila kompostani najmoderniju tehnologiju. Projektom su izgrađene dvije hale na površini od 4.017 metara kvadratnih koje služe za zaprimanje i obradu biootpada te proizvodnju komposta prve klase u trajanju od 6 do 8 tjedana, što je značajno smanjilo vrijeme potrebno za postupak kompostiranja koji je prije trajao 6 mjeseci. Uz proizvodnju komposta prve klase, također se 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 regulacija propisanih zakonom koje određuju specifičnu upotrebu za određenu klasu komposta. Važno je napomenuti da je unutar same kompostane izgrađeno novo reciklažno dvorište za građevinski otpad (komunalac-kc.hr, 2021).



Slika 9. Prikaz katastarskog izgleda kompostane Herešin
Izvor: Elaborat gospodarenja otpadom, GKP Komunalac d.o.o., 2023.

4.10. Intervju

Direktor Sektora gospodarenja otpadom u Koprivnici, Saša Grubačević, i voditelj Kompostane Herešin, Stjepan Vargović, detaljno su odgovarili na postavljena pitanja tijekom intervjua.

U nastavku su navedena pitanja koja su korištena tokom strukturiranog tipa intervjua. Na njih su se nadovezala i druga pitanja proizašla iz primarne strukture intervjua.

Primarna struktura intervjua

1. Koju vrstu biootpada obrađujete i odakle on dolazi?
2. Koliko godišnje obradite otpada?
3. Kako doprinosite održivom upravljanju otpada i zaštiti okoliša?
4. Možete li opisati proces kompostiranja i tehnologiju koju koristite?
5. Kako osiguravate kvalitetu komposta?
6. S kojim izazovima se najviše suočavate od zaprimanja biootpada do proizvodnje komposta?
7. Planirate li određene inovacije ili pripremate projekt za budući razvoj kompostane?
8. Slaže li se lokalno stanovništvo s Vaši radom?
9. Koji su Vam osnovni ciljevi, odnosno što želite postići radom kompostane?
10. Koji su fiksni, a koji varijabilni troškovi prisutni u poslovanju?
11. Koji su Vam osnovni izvori prihoda i pokrivaju li troškove koji se stvaraju prilikom rada?
12. Koje Vam je ciljno tržište plasmana komposta?
13. Imate li strategiju za povećanje prihoda i smanjenje troškova?
14. Na koji način se financira kompostana?
15. Primete li potpore iz javnih izvora?
16. Imate li ugovore sa poljoprivrednim gospodarstvima oko prodaje komposta?
17. Kako analizirate financijski rezultat kompostane?
18. Primete li naknadu od Grada za zbrinjavanje otpada?
19. Očekujete li u sljedećih pet godina financijski rast i razvoj kompostane?
20. Mislite li da su kompostane isplative?

Intervju kompostane Herešin je odrađen 18. svibnja 2023. godine u trajanju od otprilike sat vremena.

Kompostana Herešin obrađuje biorazgradivi otpad sa zelenih površina grada Koprivnice i okolice te zeleni otpad iz 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. Područje namijenjeno odlaganju prikupljenog otpada podijeljeno je na tri sekcije. Jedan dio obuhvaća zasebno prikupljeni biorazgradivi otpad, kao što su granje i ostaci biljnog materijala. U neposrednoj blizini biorazgradivog otpada nalazi se

sekcija sječke, dobivena usitnjavanjem većeg drvenog otpada. Biorazgradivi otpad iz kućanstva smješten je u sekciji koja se nalazi nedaleko od prethodno spomenutih otpadnih materijala. Sekcije prikupljenog otpada vidljive su na slikama 11, 12 i 13.



Slika 10. Prikaz kompostane Herešin
Izvor: E. Nekret-Katić, 2023.



Slika 11. Prikaz odvojenog biorazgradivog otpada
Izvor: E. Nekret-Katić, 2023.



Slika 12. Prikaz sječke
Izvor: E. Nekret-Katić, 2032.



Slika 13. Prikaz odlagališta biotpada
Izvor: E. Nekret-Katić, 2023.

Kompostana pridonosi održivom upravljanju otpadom i zaštiti okoliša kroz različite mjere. Prva mjera se odnosi na sprječavanje istjecanja tekućine nastale procesom kompostiranja u tlo i podzemne vode putem posebno dizajnirane podloge na kojoj se smješta kompost. U slučaju da dođe do istjecanja tekućine, ona se usmjerava prema posebnom sustavu odvoda koji se periodično prazni i šalje na pročišćavanje. Drugi način koji se primjenjuje je značajno smanjenje količine otpada koji završava na deponiju komunalnog poduzeća, jer se biorazgradivi

otpad odlaže i prikuplja izravno u kompostanu. Sljedeći, vrlo bitan, način je uvođenje reciklažnog dvorišta građevinskog otpada u objekt kompostane kojim se nastoji smanjiti neadekvatno odlaganje otpada u šumska i livadna područja. Na slici 14 je prikazano usitnjavanje građevinskog otpada kao što su beton, cigle, crijepovi, pločice, kamenje i ostalo.



Slika 14. Prikaz usitnjavanja građevinskog otpada
Izvor: E. Nekret-Katić, 2023.

Proces kompostiranja započinje smještajem biorazgradivog otpada na određenu sekciju te uklanjanjem eventualnih nečistoća koje su najčešće plastične vrećice. Krupni drveni otpad se usitnjava pomoću drobilice za usitnjavanje otpada gdje nastaje sječka koja se dalje miješa sa otpadom iz kućanstva, zatim se formira pet kompostnih hrpa u svakoj hali (vidljivo na slici 15). S obzirom 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 (kroz jednu godinu u kompostani se odvija 6 ciklusa kompostiranja). Nakon formiranja kompostne hrpe, kompost se preokreće svaki put kada temperatura komposta poraste iznad 74°C. Kompost se strojno prevrće pomoću stroja za preokretanje koji je prikazan na slici 16. Navedeni stroj sadrži spremnik za vodu koji vlaži kompost prilikom okretanja te se za to vrijeme dodaju mikroorganizmi koji pospješuju razgradnju materijala. Nakon 6 do 8 tjedana, kada temperature padnu ispod 35°C i nestane „dimni oblak“ iznad kompostne hrpe, kompost se premješta u bokseve koji se nalaze u prostoru između dviju hala. Kompost koji je odložen u bokseve i nalazi se u fazi sazrijevanja je vidljiv na slici 17.



Slika 15. Prikaz kompostne hrpe i tzv. „dimnog oblaka“
Izvor: E. Nekret-Katić, 2023.



Slika 16. Prikaz strojnog miješanja komposta
Izvor: E. Nekret-Katić, 2023.



Slika 17. Prikaz komposta prve klase u fazi sazrijevanja
Izvor: E. Nekret-Katić, 2023.

Nakon završetka tehnološkog procesa kompostiranja, kompost se podvrgava postupku prosijavanja pomoću sita, prikazanog na slici 18, kako bi se izdvojili nedovoljno razgrađeni dijelovi i zaostale nečistoće. Krupni biorazgradivi materijal, koji nije u potpunosti razgrađen, vraća se na početak tehnološkog procesa kompostiranja radi daljnje obrade. Prosijani kompost se šalje u ovlaštenu laboratoriju 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 vrećice pomoću posebnog stroja, utorivača, koji se prodaje na blagajnama komunalnih službi ili u kompostani pod nazivom *DomKo* (slika 19).



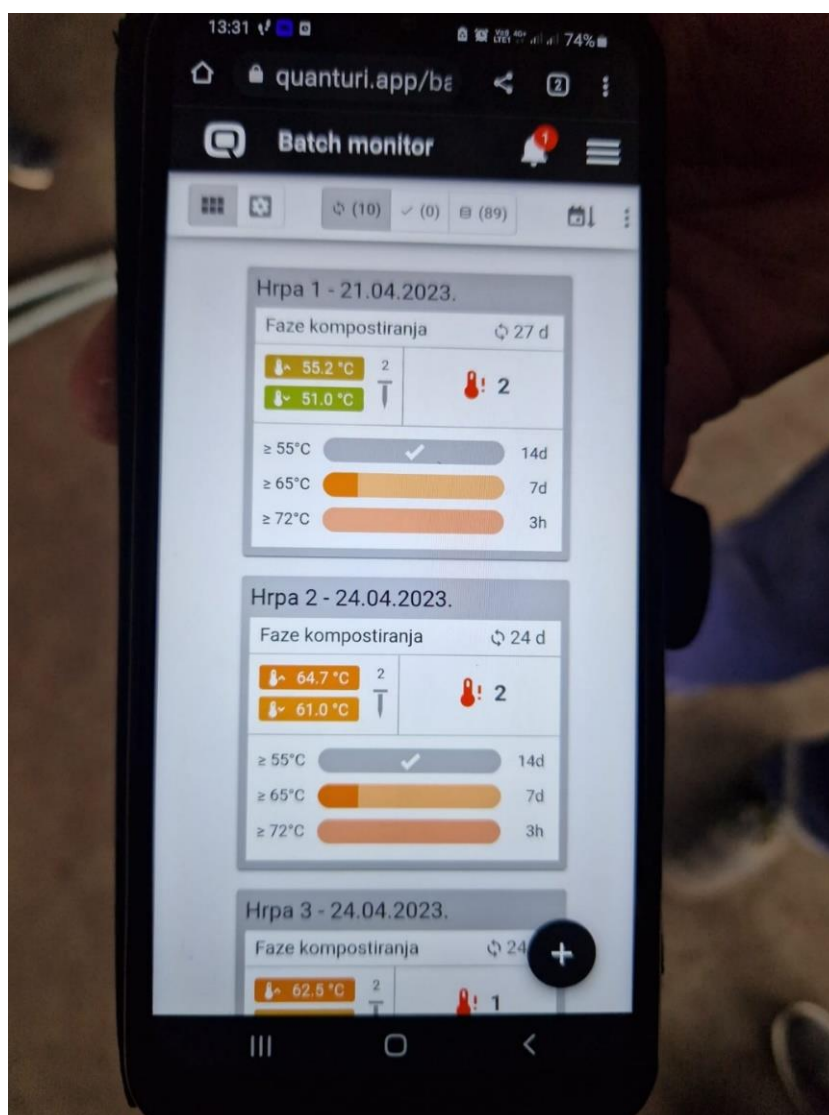
Slika 18. Prikaz stroja za prosijavanje komposta
Izvor: E. Nekret-Katić, 2023.



Slika 19. Prikaz komposta *DomKo*
Izvor: Edukativni_film_o_kompostiranju_final

Vargović navodi da je kompostana posvećena pružanju vrhunske kvalitete komposta svojim klijentima kroz primjenu naprednih tehnika. Jedna od ključnih metoda koje se koriste je dodavanje specifičnih mikroorganizama koji potiču razgradnju biorazgradivog otpada. Osim toga, koristi se sofisticirani sustav za praćenje temperature kompostnih hrpa koji uključuje postavljanje 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 20. 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 radnici

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. Takav pristup omogućava visokokvalitetan kompost koji je spreman za upotrebu u poljoprivredi, vrtlarstvu i drugim područjima koje zahtijevaju organsko gnojivo.



Slika 20. Prikaz aplikacije za praćenje temperatura kompostnih hrpa
Izvor: E. Nekret-Katić, 2023.

Rad kompostane je temeljito planiran i organiziran s ciljem suočavanja s različitim izazovima, od prijema biorazgradivog otpada do proizvodnje visokokvalitetnog finalnog proizvoda. Voditelj kompostane, Stjepan Vargović, je osobno za vrijeme trajanja intervjua pohvalio građane Koprivnice na pravilnom odvajanju biootpada, čime se smanjuje vrijeme potrebno za detaljno razdvajanje biootpada od nerazgradivog otpada. Međutim, trenutno se suočavaju s izazovima uzrokovanim kišovitom i promjenjivom klimom, koji dovode do namočivanja kompostnih hrpa u halama zbog prodora kiše kroz otvore za prozračivanje hala. Namakanje kompostnih hrpa, tijekom faze razgradnje, uzrokuje povećanje razine vlage u hrpama, što utječe na njihovu temperaturu i smanjuje aktivnost mikroorganizama koji su odgovorni za razgradnju materijala. Osim toga, višak vlage dovodi do stvaranja neugodnih mirisa. Izražena zahvalnost voditelja kompostane prema građanima Koprivnice ukazuje na njihovu široku podršku za rad kompostane. Ova podrška temelji se na prepoznavanju važnosti održivog gospodarenja otpadom i brige za okoliš. Kompostana je postala prihvaćena i cijenjena institucija u zajednici zbog svoje sposobnosti obrade otpada na način koji nije štetan za okoliš. U kontekstu ekonomskog upravljanja, kompostana se suočava s različitim vrstama troškova koji su podijeljeni na fiksne i varijabilne troškove. Fiksni troškovi se odnose na kontinuirane izdatke nezavisno je li kompostana u radnom procesu ili ne, kao što su plaće radnika, amortizacija i gorivo (u ovom slučaju je to diesel gorivo). S druge strane, varijabilni troškovi nastaju tijekom rada kompostane i mogu varirati o različitim čimbenicima. Navedeni fiksni troškovi su redovni izdaci koji se ne mijenjaju ovisno o količini obrađenog otpada ili drugim varijablama. Oni su često nužni za održavanje operacija kompostane i osiguranje kontinuiteta rada. Nasuprot tome, varijabilni troškovi mogu varirati ovisno o različitim faktorima, kao što su kvarovi strojeva, oštećenje građevinskih objekata uzrokovano prirodnim katastrofama ili smetnje u sustavu za praćenje temperatura u kompostnim hrpama. Međutim, pored navedenih troškova i proizvodnje komposta za prodaju, kompostana uspijeva ostvarivati dovoljan profit za nastavak poslovanja. Uz prodaju komposta, kompostana se financira i prodajom odvojeno sakupljenog metala sa reciklažnog dvorišta i drvene sječke što im omogućava dodatan prihod. Osim prodaje finalnih proizvoda, kompostana naplaćuje preuzimanje biorazgradivog i građevinskog otpada u tonama od strane poduzeća i građana. Međutim, građani imaju mogućnost besplatnog dovoza dvaju autoprikolica biorazgradivog otpada na kompostanu jednom mjesečno, čime dodatno potiču građane na pravilno odvajanje otpada i odlaganje otpada na za to predviđena mjesta. U cilju optimizacije prihoda i smanjenja troškova, kompostana je uspostavila infrastrukturu za prihvatanje 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. Prikupljanje oborinske vode se odvija putem sustava odvodnje koji usmjerava vodu s krovova hala u dva bazena zapremnine 36 kubika koji su vidljivi na slikama 21 i 22. Dodatno, oborinska voda se redovito aerira i prozračuje svakih sat i pol da bi se održala optimalna kvaliteta i učinkovitost. Kompostana se ističe kao financijski održivo poduzeće koje ostvaruje značajnu profitabilnost, čime osigurava stabilan i neometan rad. Njena operativna učinkovitost, uspješno upravljanje resursima i optimalna iskorištenost kapaciteta omogućuje postizanje pozitivnih rezultata. Pristupi koje kompostana primjenjuje u svom poslovanju pridonose stvaranju vrijednosti i smanjenju troškova. Važno je naglasiti da kompostana kontinuirano prati tržišne uvjete, tehnološke inovacije i promjene u propisima kako bi se prilagodila i održala svoju financijsku stabilnost. Njena sposobnost da ostvari profit bez dodatnih potpora iz javnih izvora svjedoči o stručnosti i uspješnosti upravljačkog tima te o pouzdanosti poslovnog modela koji je u skladu s ekonomskim i okolišnim ciljevima. Uvažavajući izazove s kojima se poljoprivrednici suočavaju pri prihvaćanju novih pristupa u poljoprivredi, posebno u vezi s primjenom komposta kao alternative mineralnim gnojivima, direktor Sektora za gospodarenje otpadom, Saša Grubačević, ističe da je jedan od ključnih ciljeva kompostane educirati poljoprivrednike o važnosti i prednostima primjene komposta. Uvođenje novih metoda i tehnologija u poljoprivredu je dugotrajan proces te zahtijeva kontinuiranu podršku i edukaciju poljoprivrednika. Stoga se direktor Sektora gospodarenja otpadom i voditelj kompostane Herešin slažu oko razvoja programa obuke, seminara i radionica kako bi poljoprivrednicima pružili praktična znanja o pravilnom upravljanju kompostom, njegovoj primjeni u različitim kulturama i koristima koje donosi za tlo i rast biljaka. Također navode kako očekuju daljnji razvitak kompostane te financijski rast pomoću navedenih edukacija te planiranih projekata. Direktor Sektora gospodarenja otpadom, temeljem vlastitih saznanja o poslovanju kompostana, naglašava kako kompostane demonstriraju visoku razinu isplativosti i profitabilnosti.



Slika 21. Prikaz prvog bazena za sakupljanje oborinske vode
Izvor: E. Nekret-Katić, 2023.



Slika 22. Prikaz drugog bazena za sakupljanje oborinske vode
Izvor: E. Nekret-Katić, 2023.

5. Zaključak

Na temelju provedenog istraživanja, primjećuje se nedovoljna svijest i upoznatost poljoprivrednika u Hrvatskoj s konceptom kompostiranja i njegovim mnogobrojnim prednostima. Upravo zbog toga, potrebno je češće isticati i educirati poljoprivrednike, ali i građane o važnosti kompostiranja te ga primjenjivati u praksi. Kompostiranje, kao proces razgradnje organskog materijala, može imati značajan pozitivan utjecaj na okoliš i poljoprivrednu proizvodnju jer se omogućava smanjenje količine otpada koja završava na odlagalištima te pruža mogućnost dobivanja vrijednog organskog gnojiva čime se smanjuje potreba za korištenjem kemijskih gnojiva. Kompostna postrojenja predstavljaju profitne organizacije koje svojim djelovanjem ostvaruju pozitivan utjecaj na lokalnu zajednicu i očuvanje okoliša. Kompostana Herešin se ističe kao najmodernija kompostana u Hrvatskoj zahvaljujući novouvedenoj tehnologiji i moralnom pristupu u poslovanju. Također, kompostana uživa veliko poštovanje lokalne zajednice zbog svog predanog rada i pristupa svojim korisnicima. Među priznatijim kompostnim postrojenjima nalazi se i kompostana Prelog koja se ističe svojim inovativnim dizajnom i upotrebom visokokvalitetnog materijala za obradu biootpada. Svih 10 kompostnih postrojenja u Hrvatskoj ima ključnu ulogu u očuvanju okoliša i unapređuju kvalitete života svakog građana Republike Hrvatske. S obzirom na veliki broj neiskorištenih područja u Hrvatskoj, važno je da državna tijela podrže stvaranje novih kompostnih postrojenja ili osiguraju potpore radu već postojećih kompostana. Na taj način, kompostane mogu proširiti svoj rad i opskrbljivati šire područje, iskoristiti neiskorištena područja za svoje djelovanje te pružiti primjer učinkovite primjene kompostiranja u praksi. Ovim se pristupom pridonosi razvoju lokalne ekonomije, stvaraju se nova radna mjesta i potiče se domaća proizvodnja.

Cilj istraživanja bio je pružiti uvid u stanje i izazove u poslovanju kompostana u Hrvatskoj te je, uz analizu sekundarnih izvora, ostvaren provedbom intervjua na odabranoj kompostani.

6. Popis literature

1. Cistoca.hr. Kompostana. <https://www.cistoca.hr/gospodarenje-otpadom-8/kompostana/4206> (pristupljeno: 8. svibnja 2023).
2. Diaz L. F., Bertoldi M., Bidlingmaier W., Stentiford E. (2011). Waste management series 8. Compost Science and Technology.
3. Domingo J. L., Nadal M. (2009). Domestic waste composting facilities: A review of human health risks. *Environment International*, volume 35, Issue 2.
4. Duš L. (2022). Kućno kompostiranje biootpadom – najstariji način recikliranja. Diplomski rad, Sveučilište Sjever, Koprivnica.
5. Fao. org. The benefits of composting, reusing and recycling nutrients for agricultural productivity. <https://www.fao.org/land-water/overview/covid19/composting/en/> (pristupljeno: 6. svibnja 2023).
6. Fitzpatric G. E., Worden E. C., Vendrame W. A. (2005). Historical Development of Composting Technology during the 20th Century.
7. Haug R.T. (1993). *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Lewis publishers, Boca Raton, Florida.
8. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (2016). Izvješće o komunalnom otpadu za 2015. godinu. Radnička cesta 80/7, Zagreb. (pristupljeno 16. svibnja 2023).
9. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (2017). Izvješće o komunalnom otpadu za 2016. godinu. Radnička cesta 80/7, Zagreb. (pristupljeno: 16. svibnja 2023).
10. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (2018). Izvješće o komunalnom otpadu za 2017. godinu. Radnička cesta 80/7, Zagreb (pristupljeno 16. svibnja 2023).
11. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (2019). Izvješće o komunalnom otpadu za 2018. godinu. Radnička cesta 80/7, Zagreb (pristupljeno 16. svibnja 2023).
12. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (2020). Izvješće o komunalnom otpadu za 2019. godinu. Radnička cesta 80/7, Zagreb (pristupljeno 16. svibnja 2023).
13. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (2021). Izvješće o komunalnom otpadu za 2020. godinu. Radnička cesta 80, Zagreb (pristupljeno 16. svibnja 2023). https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2014_10_117_2217.html (pristupljeno: 6. svibnja 2023).
14. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (2022). Izvješće o komunalnom otpadu za 2021. godinu. Radnička cesta 80, Zagreb (pristupljeno 8. svibnja 2023).

15. Jovičić N., Jaćimović M., Petrović D., Jovičić G. (2009). A feasibility study of plant for composting organic waste in the city of Kragujevac. Mašinski fakultet Kragujevac, Sestre Janjić 6., Srbija.
16. komunalac-kc.hr (2021). Svečano otvorena i puštena u probni rad Kompostana Herešin – najmodernija kompostana u Hrvatskoj. <https://komunalac-kc.hr/2021/07/14/svecano-otvorena-i-pustena-u-probni-rad-kompostana-heresin-najmodernija-kompostana-u-hrvatskoj/> (pristupljeno: 18. svibnja 2023).
17. Ministarstvo poljoprivrede (2022). Katalog kalkulacija poljoprivredne proizvodnje za 2021. godinu. <https://www.savjetodavna.hr/product/katalog-kalkulacija-poljoprivredne-proizvodnje-za-2021-godinu/> (pristupljeno: 7. svibnja 2023).
18. narodne-novine.nn.hr (2014). Ministarstvo zaštite okoliša i prirode. Pravilnik o nusproizvodima i ukidanju statusa otpada, članak 3, broj 94/13.
19. Novak K. (2015). Strojevi i oprema za kompostiranje u kompostani Jakuševac. Završni rad, Visoko gospodarsko učilište u Križevcima, Križevci.
20. Pandyaswargo A. H., Jagath Premakumara D. G. (2014). Financial sustainability of modern composting: the economically optimal scale for municipal waste composting plant in developing Asia. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* volume 3, Article number: 4.
21. Pre-kom.hr. Kompostana. <http://www.pre-kom.hr/kompostana.html> (pristupljeno: 16. svibnja 2023).
22. 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 (pristupljeno: 30. svibnja 2023).
23. Roman P., Martinez M.M., Pantoja A. (2015). Farmer's compost handbook – Experiences in Latin America. Theoretical foundations of composting, 10-31.
24. Rosan A. (2017). Povijesni pregled razvoja gospodarenja otpadom. Završni rad, Geotehnički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
25. Sabki H. M., Lee C. T., Bong C. P. C., Klemeš J. J. (2018). A Review on the Economic Feasibility of Composting for Organic Waste Management in Asian Countries. The Italian Association of Chemical Engineering www.aidic.it/cet (pristupljeno: 26. svibnja 2023).
26. Sultana M., Golam Kibria M., Jahiruddin M., Anwarul Abedin Md. (2020). Composting Constraints and Prospects in Bangladesh: A Review. *Journal of Geoscience and Environment Protection*.
27. Vidović I., Luttenberger L. R. (2019). Doprinos kućnog kompostiranja zaštiti okoliša. Stručni članak, Sveučilište u Rijeci, Rijeka <http://www.uniri.hr> (pristupljeno: 26. svibnja 2023).

7. Životopis

Evita Nekret-Katić rođena je 20. veljače 2001. godine u Zagrebu. Od 2008. do 2016. godine pohađala je OŠ Brestje u Zagrebu. Tijekom školovanja dvije godine aktivno je sudjelovala kao izlagač u zajednici mladih inovatora. Od 2014. do 2015. godine sudjelovala je na Smotri tehničkog stvaralaštva mladih Grada Zagreba. Zatim je od 2015. do 2016. godine sudjelovala na dvije izložbe inovacija mladih, pod nazivom Inova-Mladi i Inova-budi uzor s međunarodnim sudjelovanjem. Od 2016. do 2020. godine pohađala je srednju Agronomsku školu u Zagrebu, smjer Agroturistički tehničar. 2020. godine upisala je Agronomski fakultet u Zagrebu, studij Agrarna ekonomika.