STROJEVI I OPREMA ZA KOMPOSTIRANJE U KOMPOSTANI JAKUŠEVAC

Novak, Kristijan

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Križevci college of agriculture / Visoko gospodarsko učilište u Križevcima**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:185:487679

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository Križevci college of agriculture - Final thesis repository Križevci college of agriculture

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

REPUBLIKA HRVATSKA

VISOKO GOSPODARSKO UČILIŠTE U KRIŽEVCIMA

Kristijan Novak, student

STROJEVI I OPREMA ZA KOMPOSTIRANJE U KOMPOSTANI JAKUŠEVAC

ZAVRŠNI RAD

Križevci, 2015.

REPUBLIKA HRVATSKA

VISOKO GOSPODARSKO UČILIŠTE U KRIŽEVCIMA

Kristijan Novak, student

STROJEVI I OPREMA ZA KOMPOSTIRANJE U KOMPOSTANI JAKUŠEVAC

ZAVRŠNI RAD

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

1. Dr.sc. Marija Vukobratović, prof. v.š. - predsjednica povjerenstva
2. Mr.sc. Miomir Stojnović, v.pred. - mentor i član povjerenstva
3. Dr.sc. Ivka Kvaternjak, v.pred. - članica povjerenstva

Križevci, 2015.

SADRŽAJ

1.	**UVOD…….....**	**1**
2.	**PREGLED LITERATURE…….**	**2**
3.	**MATERIJAL I METODE……...**	**4**
4.	**REZULTATI I RASPRAVA……...**	**7**
	4.1 Sakupljanje bio-otpada……..……	**9**
	4.2 Usitnjavanje i mljevenje organske mase…….	**11**
	4.3 Miješanje i homogenizacija…….	**15**
	4.4 Formiranje kompostnih hrpa……..	**16**
	4.5 Okretanje i ovlaživanje kompostnih hrpa…….....	**17**
	4.6 Prosijavanje komposta…….	**20**
	4.7 Zatvoreno kompostiranje…….	**22**
5.	**ZAKLJUČAK……....**	**24**
6.	**LITERATURA……...**	**25**
	SAŽETAK……...	**26**

1. UVOD

Poljoprivredna proizvodnja je kompleksno područje ljudske djelatnosti. Svrha je proizvesti kvalitetan proizvod za zadovoljenje potrebe čovjeka ili životinje. Sekundarna organska bio-masa se kod nas u većini slučajeva odbacuje kao nepotreban nusprodukt. Grad Zagreb je milijunska metropola te tolika koncentracija ljudi povlači za sobom problem nastanka velike količine otpada čije zbrinjavanje predstavlja ogroman problem. Kako bi očuvali kvalitetan život i prirodan, zdrav okoliš, moramo na pravilan način zbrinuti goleme količine otpada na relativno malim površinama i na način da što je manje moguće nepovoljno utječe na okolinu. Predmet ovog završnog rada je opisivanje procesa zbrinjavanja bio-otpada kroz prikaz tehnologije proizvodnje komposta te objašnjavanje procesa rada strojeva koji se koriste u proizvodnji komposta u kompostani Jakuševac. Dosadašnji način zbrinjavanja otpada nije imao uvida u raznolikost otpada pa su ukupne količine otpada odlagane na isto mjesto bez razvrstavanja. Zbog toga sav koristan bio razgradivi otpad završava s inertnim i nerazgradivim otpadom. Na taj se način rapidno povećava volumen odlagališta, a time i nepovoljan utjecaj na okolinu, s time i otežava buduća sanacija istog odlagališta. Zbog takvog načina zbrinjavanja zeleni otpad iz grada Zagreba kao i zeleni otpad iz privatnih vrtova, do otvaranja kompostana u Zagrebačkom holdingu, podružnica Zrinjevac, završavao je na odlagalištu Jakuševac kao dio neiskoristivog otpada. Putem nadležnih institucija grada Zagreba (Gradski ured za prostorno uređenje, komunalna poduzeća i dr.) donijeta je odluka o pokretanju proizvodnje komposta iz bio-otpada s javnih zelenih površina, s time da problem zbrinjavanja zelenog otpada rješava komunalna tvrtka Zrinjevac, danas podružnica Zagrebačkog holdinga.

Tu je počelo doba uspješnog zbrinjavanja zelenog otpada s javnih zelenih površina te korištenje zbrinutog i prerađenog otpada. Ovo je jedan od boljih primjera koji nam pokazuje kako čovjek može svojim djelovanjem prirodnom okolišu vratiti ono što mu je uzeo i time uravnotežiti poremećene odnose koje je sam prouzročio.

2. PREGLED LITERATURE

Kompost je prerađena smjesa različitih organskih otpada gospodarstava, industrija, naselja i kućanstava, koji nastaje djelovanjem mikroorganizama, a koristan je za rast i razvoj biljaka. Koristi se kao poboljšivač tla te kao umjetni površinski sloj tla (mulch), supstrat za uzgoj presadnica i u druge svrhe. Krsto Benčević (1993) navodi: "Kompostiranje je aerobna termofilna razgradnja organske mase neiskorištenih ostataka s njezinim preoblikovanjem u razmjerno stabilan humus. Humus koji nastaje kompostiranjem, može sadržavati više od 25% uginulih ili živih mikroorganizama. Nakon kompostiranja humus se mnogo sporije razgrađuje. Mora biti dovoljno stabiliziran kako procesi i zagrijavanje u njemu ne bi ponovo započeli, jer se tada javljaju neugodni mirisi, ličinke te muhe. Postupak kompostiranja je u ovlaživanju, miješanju i prozračivanju krute mase kako bi se podržali aerobni uvjeti i razvoj topline".

Kompostiranje je prirodan proces koji se događa posvuda u našoj okolini, a korištenjem tehnologije industrijske prerade prerasta u proizvodnju komposta pod kontroliranim uvjetima željene kvalitete. Materijali koji se mogu koristiti u kompostiranju su: organski otpad s groblja, ostaci iz vrtova, bio-otpad iz kuhinje, otpaci sa zelene tržnice, pojedini industrijski otpad, materijali kod proizvodnje hrane i pića. Materijali koji se ne smiju naći u kompostu su inertan otpad (kamen, staklo, plastika, metal, najlon i dr.) i opasni otpad (radioaktivni otpad, motorna ulja, maziva, baterije i akumulatori, boje i lakovi i dr.). Kvaliteta komposta i njegova svojstva najviše ovisi o materijalima od kojih je kompostiran. Kompostiranje je najbolji način za iskorištavanje bio-otpada jer se tom tehnologijom dobiva korisna masa zvana kompost, a gnojidbom oranica i zelenih površina kompostom tlo se obogaćuje humusom. Potrebu za kompostiranjem Krsto Benčević (1993) definira ovako: "Postoje mnogo važniji razlozi zbog kojih je potrebno provoditi aerobnu razgradnju početne mase organskog gnoja, kompostiranje, prije nego se gnoj dodaje u tlo. Navest ćemo ona najvažnije: a) današnji oblici intenzivne poljoprivredne proizvodnje ostvaruju niz novih oblika neiskorištenih organskih ostataka u vrlo velikim količinama. Njih treba organizirano i sustavno iskorištavati, kako radi gospodarenja, tako i radi okoliša. Tu spontani procesi ne mogu ostvariti odgovarajuću ravnotežu; b) potrebno je proizvesti stabilno humusno tvorivo u kojem hranjive tvari mogu dulje trajati i održavati kakvoću; c) treba spriječiti gubitak topivih hranjivih tvari koji nastaju nekontroliranim postupkom razgradnje i uskladištenjem; d) treba izbjegavati širenje onečišćavanja okoliša i

podzemlja; e) potrebno je izbjeći i širenje bolesti i najezde (kriptogamske), učinkom topline i procesa koji daje kompostiranje; f) treba izbjegavati rukovanje smrdljivim tvorivima koja su nehigijenska i opasna za zdravlje; g) stvoriti treba organsku masu koja je podobnija i kvalitetnija od početnog tvoriva i koja potiče biogenost tla.

3. MATERIJAL I METODE

Intenzivna proizvodnja komposta zahtijeva odgovarajuće strojeve i opreme. U ovom radi istraženi su strojevi i oprema za kompostiranje koji se primjenjuju u kompostani Jakuševac, podružnici Zagrebačkog Holdinga. Kompostana Jakuševac zauzima površinu od 4 hektara i godišnje može obraditi do 20000 tona različitog bio otpada. Prikazan je rad strojeva i opreme za otvoreni tip kompostiranja u windrow sustavu. Također je prikazan i zatvoreni tip kompostiranja u bio-reaktoru i potrebni strojevi i oprema za takav način kompostiranja.
Kapacitet bio-reaktorskog postrojenja kompostiranja je 2000 tona biorazgradivog otpada godišnje, i to:

- kućnog bio-otpada (~ 726 tona / god)
- zelenog otpada (~ 987 tona / god)
- otpada s tržnica (voće, povrće) (~ 103 tona / god)
- prerađivačkog bio-otpada (~ 185 tona / god

U radu su korištene metode prikupljanja, obrade i analize podataka o strojevima i opremi koja se koristi u kompostani Jakuševac. Rezultati istraživanja prikazani su u tekstu deskriptivnom metodom, uz shematski prikaz pojedinih procesa.



Slika 1. Postrojenje kompostane Jakuševac
Izvor: Arhiva Zagrebački Holding podružnica Zrinjevac



Slika 2. Snimak kompostane Jakuševac
Izvor: K. Novak (21.7.2014.)

Kompostana Jakuševac raspolaže strojevima i uređajima neophodnim za pripremu materijala i samo kompostiranje, kao što su sjeckalice, sita, utovarivači, razne crpke, linije za pakiranje i dr. Postojeća tehnologija, odnosno strojevi i uređaji korišteni u proizvodnji su uglavnom uvezeni iz Njemačke. Potrebno je naglasiti napor naših stručnjaka u provođenju prilagodbe nekih dijelova procesa, našim uvjetima, imajući na umu sirovine i krajnju namjenu gotovog proizvoda.

Proces traje 8-10 mjeseci, nakon čega se kompost može upotrebljavati. U zelenom otpadu koji se dovozi na kompostišta ima i inertnog otpada koji se stalno ručno odvaja mljevenjem, prevrtanjem, prosijavanjem i potom odlaže u kontejner i odvozi na odlagalište komunalnog otpada u Jakuševcu.

4. REZULTATI I RASPRAVA

Kompost kao gotovi proizvod spreman za upotrebu treba zadovoljavati određene parametre na sastav i kvalitetu, kao što su: nizak rizik za toksičnost, niska razina teških metala, optimalna vlažnost i granulometrijski homogeniziran sastav, srednji stupanj topivosti, ispunjenost organskim materijalima.

Od kvalitete gotovog komposta u velikoj mjeri ovisi njegova potražnja, a u određenoj mjeri i krajnji učinak na kvalitetu biljnog materijala koji se prihranjuje njime. Ispitivanje kvalitete povjereno je odgovarajućim stručnim ovlaštenim institucijama, što certifikatima daje visoki stupanj vjerodostojnosti.

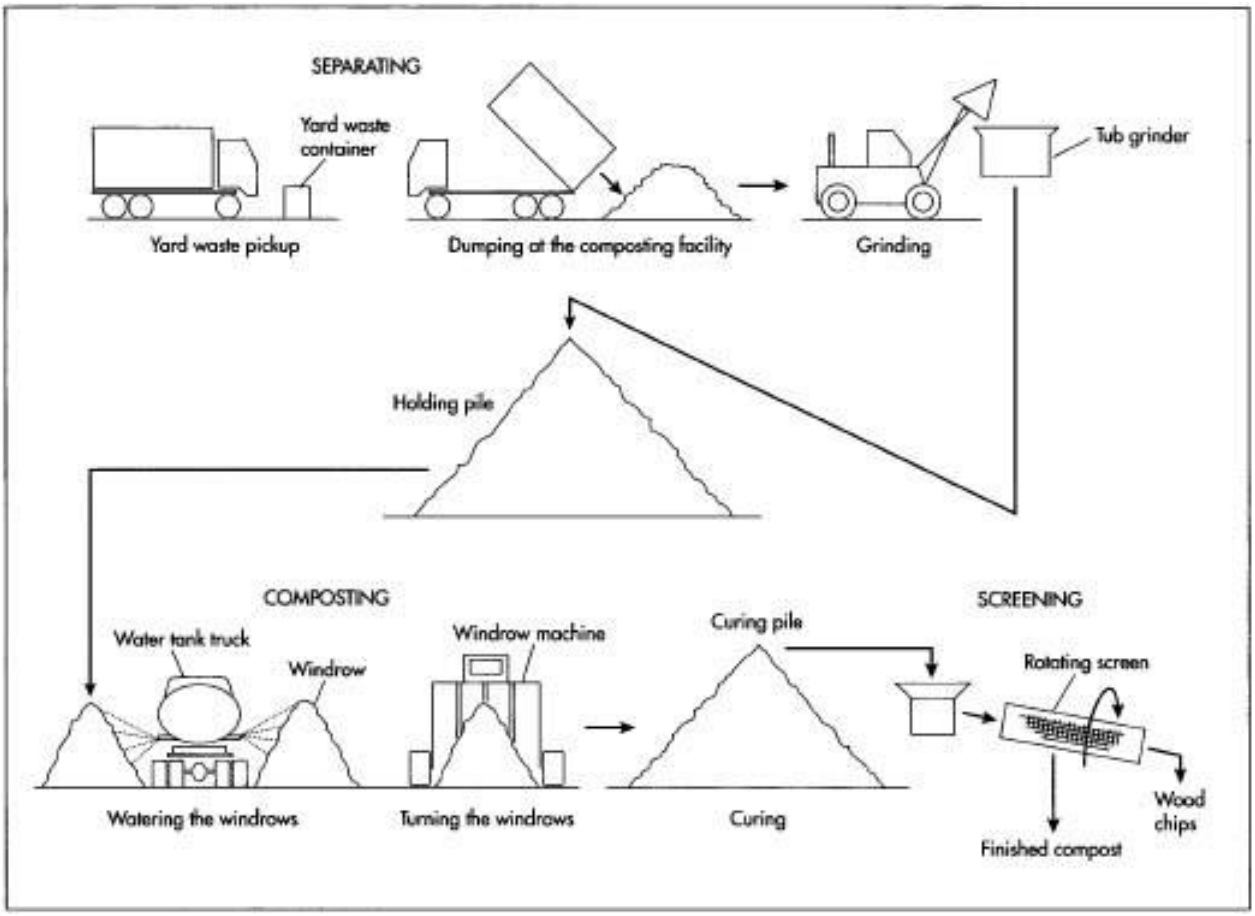
Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu ovlašten je za ispitivanje kvalitete komposta kao prirodnog gnojiva te uzgojnih supstrata za pojedine biljne vrste i kemijsku analizu. Analiza se provodi sukladno Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima NN br.152/92, sukladno HRN ISO 7851:1998 prema članku 4 stavak 2. Zakona o biljnim hranjivima i poboljšivačima. Temeljem zakona i drugih akata propisana su određena fizikalno-kemijska svojstva pa proizvodi ne smiju sadržavati veće količine štetnih tvari od dozvoljenih.

Upotreba komposta kao biljnog hraniva je mnogostruka, a ovisi o vrsti materijala od kojih je kompost proizveden, te zato moramo prije same proizvodnje odrediti njegovu krajnju namjenu.

Kompost u tlu kao organska tvar izravno pospješuje rast i razvoj biljaka ne samo u prvoj, već u nekoliko sljedećih godina. Kompost se odlikuje mogućnošću povećane sorpcije kemijskih tvari, uključujući i škodljive tvari, umanjujući njihove štetne učinke. Koristimo ga kod uređenja parkova i drugih zelenih površina, pri sadnji ukrasnog bilja i travnjak, u rasadnicima za pripremu supstrata za sadnju proizvedenih presadnica ukrasnog bilja te za sadnju lončanica.

Prema vremenskim prilikama i sastavu upotrijebljenog materijala, za potpuno sazrijevanje komposta potrebno je 7-12 mjeseci (podatak uzet u kompostanama podružnice Zrinjevac). Zreli kompost se može koristiti i za uzgoj osjetljivih kultura i kao biljno hranivo s produženim vremenskim djelovanjem (long release), te kao sredstvo za poboljšanje tla, prihranu sobnog cvijeća i pripremu supstrata za uzgoj presadnica. Kompost nikad ne treba ukapati u tlo, već samo posipati i miješati s gornjim, površinskim slojem tla, kompost otopljen u kišnici možemo, nanošenjem na list, koristiti kao preventivno zaštitno sredstvo u borbi protiv niza

gljivičnih bolesti biljaka. Neka istraživanja govore o vrstama komposta u kombinaciji s nekim tipovima šumskih tala kao kompost otopljen u vodi te tako može tvoriti biljnu eko zaštitu protiv pepelnice i sive plijesni u vinogradu.



Slika 3. Shematski prikaz proizvodnog procesa
Izvor: www.madehof.com (16.11.2015.)

4.1. Sakupljanje bio-otpada

Da bi do procesa kompostiranja uopće došlo, bio-otpad je potrebno sakupiti i dovesti do kompostišta. S obzirom na površine koje se održavaju u Zagrebu, količina dovezenog bio-otpada je velika. Biomasa se skuplja s javnih površina grada Zagreba tokom čitave godine. Ostaci koji nastaju nakon rezidbe i rušenja drveća u parkovima i drvoredima, košnje trave, sakupljanje lišća u jesenskom periodu, te rezidbe grmlja i živica tvore biomasu koju koristimo u proizvodnji komposta. Otkad je kompostana otvorena sa svim sadašnjim strojevima i uređajima, podružnica Zrinjevac sakuplja bio-otpad koji nastaje izvan grada Zagreba te su trenutno jedini u Zagrebačkoj županiji koji imaju strojeve za usitnjavanje velikih panjeva i slične krupne biomase.



Slika 4. Orezivanje drveća
Izvor: www.emaze.com (16.11.2015.)



Slika 5. Utovar bio-otpada u kamion
Izvor: www.emaze.com (16.11.2015.)

Nakon radova na košnji, grabljanju i sječi grana koji se odvijaju na zelenim površinama grada Zagreba, počinje utovar u prikladna vozila te se taj otpad odvozi u najbliže odlagalište otpada, odnosno u kompostanu. Strojevi za ovaj dio posla su najčešće: trimeri, rotacione kosilice, skupljači trave, motorne pile, kran košare za rezidbu visoko smještenih grana na drveću u parku te ostali ručni alat kao što su grablje, lopate, vile... U ovoj fazi jako je bitno provesti selekciju i kalibražu materijala s kojim radimo te ispoštivati rokove dostave kao i način primarnog zbrinjavanja. Kako bi izbjegli nepoželjno miješanje različitog anorganskog materijala s organskim materijalom, potrebno je odvojiti prije samog utovara staklo, kamen, plastiku, najlon i sl. i na odlagalište dovesti isključivo bio-otpad. Sam proces sakupljanja odvija se prema određenim pravilima, uz odgovarajuću prateću dokumentaciju (prateći listovi, očevidnik).



Slika 6. Organski otpad na odlagalištu
Izvor: K. Novak (15.7.2014.)

4.2 Usitnjavanje i mljevenje organske mase

Nakon što se bio-otpad doveze i istovari na odlagalište, započinje faza usitnjavanja i mljevenja tog materijala. Vrlo je bitno usitniti biomasu na određenu kalibražu kako bi olakšali rad mikroflore. Usitnjavanje i sortiranje započinje već na terenu prilikom sakupljanja korištenjem strojeva i uređaja koji usitnjavaju masu. Sve do tog trenutka zeleni otpad je još uvijek samo djelomično zbrinut otpad. Drobljenje i usitnjavanje obavlja stroj „Willibald MZA 4600“ .

Tehnički podaci Willibald MZA 4600:

Proizvođač motora	MAN
Snaga motora	338 kw/460hp
Propusnost; zeleni otpad	do 180 m3/h
kora	do 230 m3/h
drveni otpad	do 120 m3/h
Usipni koš; širina	do 1450 mm
visina	do 520 mm
Nosači udarača/udarači	4/48
Promjer rotora	1000 mm
Broj okretaja bubnja u minuti	1150 / 1250
Dimenzije u mm	10700x2550x3800
Masa vozila	16000 kg

Stroj se postavlja na mjesto gdje će se formirati hrpa usitnjenog bio-otpada. Biomasa (listinac, granje, trava i sl.) ubacuje se utovarivačem „grajferom“, u ovom slučaju je to bager marke Caterpillar koji umjesto korpe za zemlju i rasuti teret ima rešetkaste hvataljke (slika 8.), u usipni koš stroja. Biomasa pada na rebrastu transportnu traku, koja je transportira do rotirajućeg valjka „ježa“. Brzina transportne trake se može podešavati. U slučaju veće količine mase traka se giba sporije i obrnuto. „Jež“ vrši pritisak mase prije ulaska u glavni dio stroja, a to je prostor gdje je rotirajući bubanj s noževima (mlatilima). Njegova brzina se može podešavati, ako ima više drvenaste mase brzina se smanjuje, a ako je više travnato-lisne mase tada se brzina povećava. Rotirajući bubanj se sastoji od 8 osovina. Slobodno pokretni noževi (48 komada) smješteni su naizmjenično na 4 osovine. Broj okretaja bubnja iznosi 1150/1250 u minuti, optimalan broj okretaja je 1100 u minuti. Postoji mogućnost neznatnog podešavanja, jer kada bi bubanj bio previše krut bili bi česti lomovi. Noževi mogu samljeti grane debljine do 700 mm. Prolaskom mase kroz bubanj ona se usitnjava i pada kroz izlazni otvor stroja na plato kompostišta. Nakon formiranja prve hrpe (određenih dimenzija), stroj se pomiče i proces se nastavlja. Usitnjena masa udara u prvu hrpu i tako se formira nastavak hrpe. Taj se

postupak ponavlja do formiranja hrpe konačne dužine (cca 100 metara). Ako je potrebno, hrpe se mogu popraviti utovarivačem.

Analizom rada stroja „Willibald“ može se zaključiti da stroj ima jako veliki kapacitet, ali i nedovoljno kvalitetno usitnjavanje. Jednom garniturom noževa (48 komada) može usitniti 2000-3000 m^3 biomase. Nova generacija usitnjivača (u SAD i Europi) je uz smanjenje kapaciteta znatno povećala kvalitetu usitnjavanja. Korištenjem takvih strojeva i boljom kvalitetom noževa, postiže se bolje usitnjavanje te se znatno skraćuje vrijeme fermentacije bio-otpada.



Slika 7. Usitnjivač Willibald MZA-4600
Izvor. K. Novak (15.7.2014.)



Slika 8. Utovar i mljevenje drobilicom Willibald-MZA-4600
Izvor: K. Novak (15. srpanj 2014.)


Slika 9. Hrpa mljevenog materijala pri izlasku iz drobilice
Izvor: K. Novak (15. srpanj 2014.)

4.3 Miješanje i homogenizacija

Usitnjeni materijal se miješa, pri čemu je važno postići čim prikladniji odnos sastavnih dijelova kompostne mješavine, kao što su odnos ugljika i dušika, sadržaj vlage i zraka u hrpi i temperatura, sve s ciljem stvaranja povoljnih uvjeta za kompostiranje. C:N odnos, ili odnos ugljika prema dušiku, važan je za brzinu i smjer kompostnog procesa. C:N odnos definira količina drvenastih sastojaka koji sadrže ugljik (drvo, piljevina, karton...) prema zelenom sadržaju (trava, voće povrće...). Idealan C:N odnos bi bio na početku kompostiranja 35 do 30. Ako je C:N odnos viši od navedenog tada će kompostiranje trajati puno duže, a ako je odnos niži, doći će do gubitka dušika iz kompostne mase i time se javljaju jako neugodni mirisi. Prilikom formiranja kompostnih hrpa C:N odnos postižemo miješanjem različitih materijala. U gotovom kompostu C:N odnos mora biti 12 do 18. Bez obzira na doba godine, kompostna hrpa mora biti optimalno vlažna i prozračna. Meki, vlažni dijelovi i tvrdi, drvenasti dijelovi uvijek se miješaju u približno jednakom omjeru. Usitnjeno drvo kompostu osigurava prozračnost, dok mekaniji biljni dio osigurava hranu za mikroorganizme. Od tako pripremljenog, usitnjenog i izmiješanog materijala, formiraju se kompostne hrpe.

Ovisno o vremenskim prilikama, miješanje pojedinih hrpa odvija se svakih 3-5 dana (u fazi početka kompostiranja), odnosno svakih 15 dana (u fazi dozrijevanja komposta).

4.4. Formiranje kompostnih hrpa

Izmiješani materijal oblikuje se u trapezne oblike na za to predviđenom platou kompostišta približnih dimenzija 3 do 5 m širine, 2 do 3 m visine i dužine 30- 50 m. Hrpe su međusobno razmaknute za širinu stroja, a formiranje hrpa vrši se utovarivačem.

Intenzivan proces razgradnje zelenog otpada u tako složenoj hrpi manifestira se porastom temperature unutar hrpe.



Slika 10. Formiranje kompostnih hrpa

Izvor. K. Novak (15. srpanj 2014.)

4.5. Okretanje i ovlaživanje kompostnih hrpa

Kako bi se proces razgradnje mogao nesmetano odvijati, materijal mora sadržavati određenu količinu vlage. Optimalna vlažnost hrpe komposta iznosi 55-65%. Dovoljna vlažnost materijala u kompostnoj hrpi treba biti kao kod iscijeđene spužve, tako da se voda iz nje ne cijedi prilikom stiska u ruci. Suvišak vode narušava vodo-zračni režim unutar matrice kompostnog materijala, čime je otežan prijenos kisika. Preniska vlažnost zaustavlja proces, čime se dobiva fizički stabilna masa, ali biološki nestabilan produkt. Nakon formiranja kompostne hrpe počinje proces razgradnje. U samoj razgradnji glavnu ulogu imaju mikroorganizmi, oni prvi djeluju na kompostnu masu te je razgrađuju, a pri tom se oslobađa velika količina topline koja vrši dezinfekciju kompostnog materijala uništavanjem uzročnika biljnih, životinjskih i humanih bolesti i klijavosti sjemena korova. Na taj način dobivamo određeni sterilitet komposta. Prilikom navedenih procesa dolazi do trošenja kisika, a optimalna razina kisika u kompostnoj hrpi je 12-15%. Zbog težine same hrpe dolazi do sabijanja mase tako da je otežan ulaz kisika u hrpu te tu moramo intervenirati i preokrenuti hrpu kako bi je prozračili i dodali vlage ukoliko je to potrebno. Prevrtanjem oslobađamo višak topline koja svakako mora biti u korelaciji sa ostalim parametrima.

Za ovu radnu operaciju koristimo stroj za okretanje kompostne hrpe „Backhus 16.50“ To je samohodni stroj prilagođen za prevrtanje i ovlaživanje kompostne hrpe. Ovlaživanje mu omogućava svojevrsni sustav vlaženja koji stoji zasebno pored njega i vezan je crijevom.

„Backhus“ je samohodni okretač kompostne hrpe koji umjesto kotača ima gumene gusjenice, a u sredini ima bubanj koji na sebi ima spiralno smještene lopatice. Neposredno iznad tog bubnja su smještene mlaznice koje ovlažuju kompost koliko je to potrebno. Mlaznice su vezane sa crijevom koje je povezano sa sustavom za ovlaživanje. Sustav za ovlaživanje ima svoju crpku i pogonski elektromotor te stvara potrebni pritisak u crijevu i pravilan izlaz vode iz mlaznica, kako bi svaki dio kompostne hrpe bio jednako vlažan.

Stroj je pogonjen dizelskim motorom, a svi prijenosi su preko hidraulične crpke, hidro motora i visokotlačnih crijeva. Za razliku od „Willibalda“ koji je višenamjenski stroj, ovisno o tome kakvo centralno radno tijelo ima, ovaj stroj je samo i isključivo za miješanje i okretanje kompostnih hrpa.



Slika 11. Backhus 16.50 u radu
Izvor: K. Novak (15. srpanj 2014.)



Slika 12. Sustav za ovlaživanje kompostne hrpe
Izvor: K. Novak (15. Srpanj 2014.)

Nakon procesa razgradnje slijedi proces zrenja komposta. U toj fazi temperatura u hrpi se smanjuje, kao i broj mikroorganizama, pojavljuju se i prve gljivice, plijesni, kvasci i dr. Njihov rast i razvoj zahtijeva određenu količinu vlage i kisika pa je potrebno prevrtati i ovlaživati kompostnu hrpu, ukoliko je to potrebno. Prevrtanje se vrši u početnim fazama dozrijevanja komposta unutar 15 dana, a vrijeme i broj prevrtanja najčešće se određuje praćenjem temperature i vlage, veličine hrpe i njenog sastava. Prevrtanje se vrši posebnim prevrtačem koji je prethodno u tekstu opisan. Temperatura je jedan od glavnih pokazatelja faze procesa kompostiranja i njegovog intenziteta. U dobro složenoj i vlažnoj kompostnoj hrpi vrlo brzo se aktiviraju mikroorganizmi, zbog čega se kompost zagrijava. U mezofazi temperatura se u početku kreće između 30-40^{o}C, u termo fazi do 70^{o}C da bi nakon termofaze lagano opadala do postizanja vrijednosti temperature okoline. Optimalna temperatura za aerobno kompostiranje iznosi 40-65^{o}C. Ako kompostna hrpa ne postigne potrebnu temperaturu, tada će samo kompostiranje trajati znatno duže, a ako prijeđe 76^{o}C, tada može doći do samozapaljenja kompostne hrpe.

Zrenjem temperatura hrpe lagano opada približavajući se temperaturi okoline, pojavljuju se protozoe koje se hrane bakterijama i gljivicama, a nakon njih višestanični organizmi. U početnoj fazi kompostiranja, u momentu kada se izdvaja organska kiselina, pH vrijednost raste, da bi u gotovom kompostu iznosila 7,5-8. Različite pH vrijednosti pogoduju različitim mikroorganizmima te je to vrlo bitan faktor u kompostiranju.

Povoljna pH vrijednost i visoki sadržaj biogenih elemenata u fiziološki aktivnim oblicima čini kompost prikladan za korištenje u uzgoju voća i povrća, ukrasnog bilja, pri zasnivanju travnjaka, proizvodnji supstrata. Faza izgradnje ili faza zrenja je zadnja faza u kojoj se javljaju višestanični organizmi koji miješaju i usitnjavaju kompost te oblikuju tzv. kompostne grudice koje čine osnovu za stvaranje zdravog komposta.

4.6. Prosijavanje komposta

Završetkom procesa kompostiranja koji vremenski traje 7-10 mjeseci, nastaje gotovi kompost. Međutim, u tom kompostu i dalje još ima drvenastih dijelova koji se nisu razgradili te je potrebno prosijati takav kompost. Prosijavanje se obavlja pomoću separatora, prvo kroz krupno sito koje je kalibracije 20-30 milimetara, a potom kroz sito manjih otvora, 0-15 milimetara. Za prvu kalibraciju koristi se stroj za prosijavanje marke „Doppstadt“ koji je konstruiran za prosijavanje rasutih tereta.

Ostaci nepoželjnih fragmenata, kao i onih koji se nisu razgradili, prosijavanjem se izdvajaju i posebnom trakom se separiraju na drugu hrpu. To su uglavnom drvenasti dijelovi koji opet ulaze sa novo-pristiglim bio-otpadom u proces kompostiranja.

Masa koju nije odvojilo sito utovaruje se bagerom ili utovarivačem na kamione i transportira se u kompostanu Jankomir koja ima pakirnicu.

Tehnički podaci separatora Doppstadt:

Proizvođač i tip motora	DEUTZ TCD 2.9 L4
Snaga motora	55 kW (75 hp) kod 2.200 min^{-1}
Promjer perforacija	20 x 20 mm
Broj okretaja bubnja u minuti	150-200 min^{-1}
Nosivost bubnja/sita	3 500 kg
Dimenzije u mm	10 600 x 2 500 x 3 850
Masa vozila	8 800kg

Stroj sadrži usipni koš s trakom za transport koja vodi do velikog bubnjastog sita s perforacijama. Unutar sita je čelična spirala koja je pričvršćena s unutarnje strane bubnja i vrti se zajedno s njim. Ona služi za odvajanje krupnih čestica koje na kraju bubnja prihvaća transporter u obliku trake s lopaticama. S donje strane stroja, gdje pada prosijani kompost, je korito na čijem kraju je zadnji trakasti transporter koji na drugu hrpu odvaja gotovi kompost. Za punjenje ovog stroja koriste se utovarivači marke „Volvo“



Slika 13. „Doppstadt SM-518“ stroj za prosijavanje komposta
Izvor. K.Novak (21.7.2014.)



Slika 14. „Volvo“ utovarivač zglobni
Izvor: www.autoline.me (18.11.2015.)

4.7. Zatvoreno kompostiranje

Do sada najsuvremeniji način kompostiranja je zatvoreni bio- reaktor u kojem je moguće kontrolirati sve potrebne parametre procesa kompostiranja. Sami zatvoreni tip kompostiranja je izuzetno skup jer zahtijeva puno senzora koji kontroliraju; temperaturu, vlagu, pH... Kompostana Jakuševac posjeduje dva bio-reaktora koji su u pogonu čitavu godinu. Priprema je ista kao i kod otvorenog tipa, samo ju nije potrebno prevrtati jer je unutar komore bio-reaktora pužni transporter koji to obavlja. Utovarivačem se utovaruje u drobilicu bio-otpad (drobilica radi na istom principu kao drobilica Willibald). Nakon toga se bio-masa transportira u separator gdje se prosijava kroz sito i odvajaju se krupne čestice. Kada je masa prosijana, pada u usipni koš koji je vezan sa zatvorenim pužnim transporterom, koji raspoređuje masu u dvije komore bio-reaktora. U sredini komore nalazi se lančani transporter i na kraju kanal s pužnim transporterom koji služi za miješanje i pražnjenje. Komora ima dva velika spremnika za privremeni prihvat komposta nakon završetka kompostiranja. Komore sadrže ventilacijske sustave koji pomažu aerirati bio-masu te sustav natapanja za održavanje vlage. Prilikom prozračivanja komore, zrak koji izlazi iz njih prolazi kroz poseban sustav čišćenja kako ne bi bilo neugodnih mirisa i zagađenja okoliša. Svi transporteri su pogonjeni elektromotorima ne manjim od 7 kw. Cijeli sustav je kontroliran iz server sobe koja se nalazi odmah pokraj komore, a senzori su električnim kablovima kao i svi elektro-motori vezani za server sobu. U server sobi svaki dio komore može se zasebno uključiti ili isključiti. Kako se ne bi dodatno plaćalo osobu koja će provoditi vrijeme u server sobi, postoje računalni programi koji nadziru proces kompostiranja u komorama, a nastale probleme signaliziraju voditelju kompostane na mobilni uređaj.



Slika 15. Zatvoreni tip kompostane (server soba, drobilica i sito)
Izvor: K Novak (21.srpanj 2014)



Slika 16. Zatvoreni tip kompostane (2 komore, pužni transporter i sustav za pročišćavanje zraka)
Izvor. K Novak (21.srpanj 2014)

5 ZAKLJUČAK

Poznavajući navike hrvatskih građana, može se reći da oni nemaju naviku sakupljanja i reciklaže otpada. Zbog toga je potrebno poduzeti sve mjere koje bi na ekološki održiv način promicale svijest o potrebi dobrog gospodarenja otpadom. Od svih danas poznatih vrsta i načina zbrinjavanja otpada, najekonomičniji i ekološki najprihvatljiviji je kompostiranje kao način gospodarenja organskim otpadom. Potreba zaštite okoliša potaknula je svijest građana da počnu razmišljati o pretvaranju tzv. nekorisnog otpadnog prirodnog organskog materijala u oblik koji biljka može koristiti kao hranivo. Ovim radom prikazane su neke metode gospodarenja organskim otpadom na ekološki i ekonomski prihvatljiv način postupkom kompostiranja, pri čemu se proizvedeni kompost može koristiti u ishrani bilja ili oplemenjivanju tla. Tim načinom vraćamo prirodi dio resursa koji smo joj uzeli. Treba naglasiti da se ove metode gospodarenja otpadom mogu primjenjivati za sve vrste bio-otpada. Model se zasniva na prirodnim procesima koji su precizno usmjereni i upravljani. U ovom radu je prikazan kompletan proces, u industrijskim razmjerima, prerade organskog otpada u kompostani Jakuševac s otvorenim windrow sustavom kompostiranja i zatvorenim sustavom kompostiranja u bio-reaktoru. Prikazane su sve najvažnije faze prerade, od sakupljanja na terenu do finalnog proizvoda te detaljno opisani strojevi kojima se to postiže. Vidljivo je da je to složen i zahtjevan posao u kojem su usko povezani organizacija rada, tehnologija primjene strojeva i uređaja koji u konačnici rezultiraju izuzetno korisnim finalnim proizvodom. Proizvedeni kompost se može koristiti kao vrlo kvalitetno gnojivo u svim vrstama biljne proizvodnje te kao poboljšivač tla. U današnjem svijetu borbe za resurse, prirodno hranivo koje smo dobili kao konačan proizvod ima nemjerljivu vrijednost u očuvanju prirodne ravnoteže nužne za naš opstanak.

6 LITERATURA

1. Benčević, K. (1993.): Biokont-osnove biološkog poljodjelstva, vlastito izdanje Zagreb 1993.
2. Butorac, A (1999.): Opća agronomija, Školska knjiga, Zagreb
3. IPZ-UNIPROJEKT-ZAGREB (1988.): Studija utjecaja na okolinu kompostišta u Zagrebu
4. IPZ-UNIPROJEKT-ZAGREB(1992.): Mogućnost dobivanja komposta iz komunalnog otpada, Zagreb
5. Lončarić, Z., Engler, M., Karali, K., Buković, G., Lončarić, R., Kralik, D. (2005): Ocjena kvalitete vermikompostiranog goveđeg stajskog gnoja Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek
6. Trgovačko društvo Zrinjevac d.o.o. (1993.): Spomenica Zrinjevac (Zagrebački holding, podružnica Zrinjevac, Kompostana Jakuševac)
7. Vukadinović,V., Lončarić, Z. (1998): Ishrana bilja, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek

SAŽETAK

Predmet ovog završnog rada su strojevi i oprema u kompostani Jakuševac Opisnim metodama i shematskim prikazima objašnjen je način rada strojeva i sam nastanak komposta, od bio-otpada pa do finalnog proizvoda. Sva istraživanja provedena su u kompostani „Jakuševac“, te su tamo uzeti svi podaci o kapacitetu same kompostane, kapaciteti strojeva i pojedinosti o otvorenom i zatvorenom sustavu kompostiranja. Istraživanje rada strojeva i opreme za otvoreni i zatvoreni tip kompostiranja u kompostani Jakuševac pokazalo je da strojevi i oprema za kompostiranje još uvijek zadovoljavaju zadani kapacitet kompostane te omogućavaju proizvodnju kvalitetnog komposta kao visoko vrijednog organskog gnojiva i poboljšivača tla.

Ključne riječi: kompostiranje, strojevi i oprema, kompostana Jakuševac.