



PREDLOG ZA KOMPOSTIRANJE BAŠTENSKOG OTPADA U NOVOM SADU

AN APPROACHE FOR COMPOSTING OF YARD WASTE IN NOVI SAD

Boris Agarski¹⁾, dr Janko Hodolič²⁾, mr Igor Budak³⁾

Rezime: Sadašnji trend u upravljanju otpadom je minimizacija otpada koji se odlaže na deponije upotrebom različitih tehnologija reciklaže. Kompostiranje organskog dela otpada ima bitnu ulogu u ovom području. Ovaj rad predstavlja faktore koji utiču na proces kompostiranja i trenutno poznate tehnologije. Takođe, opisan je predlog kompostnog postrojenja za baštenski otpad, kao i mogućnost upotrebe gotovog komposta u slučaju Novog Sada.

Ključne reči: kompostiranje, baštenski otpad, postrojenje, Novi Sad, deponija

Summary: Present trend in waste management is minimization of waste disposed on landfills due to different recycling techniques. Composting of organic fraction of waste has an important role in this field. The paper presents factors affecting composting process and known technologies. Further, it provides proposition of composting facility for yard waste, as well as possible usage of mature compost in case of Novi Sad.

Key words: composting, yard waste, plant, Novi Sad, landfill

1. UVODNA RAZMATRANJA

Kompostiranje se definiše kao brzo, ali delimično, razlaganje vlažne, čvrste organske materije, otpada od hrane, baštenskog otpada, papira, kartona, pomoću aerobnih mikroorganizama i pod kontrolisanim uslovima. Kao proizvod dobija se koristan materijal, sličan humusu, koji nema neprijatan miris i koji se može koristiti kao sredstvo za kondicioniranje zemljišta ili kao đubrivo [1].

Prednosti su sledeće: krajnji proizvod ima izvesnu tržišnu vrednost, koja treba da rezultira u vraćanju izvesnog dela uloženi sredstava; prostor koji je potreban za lokaciju postrojenja je relativno mali i cene transporta nisu tako velike. Sa druge strane, ovakva postrojenja mogu zahtevati i velika kapitalna ulaganja. Tržište za dobijeni proizvod nije uvek osigurano, a i skladištenje krajnjeg proizvoda može biti problem za sebe. Kvalitet kompostiranog proizvoda je važan ukoliko za njega postoji tržište.

Obzirom na Direktivu o deponijama Evropske unije i zabranu odlaganja biodegradabilnog otpada na deponije, kompostiranje je dobilo na značaju

kao alternativna opcija tretmana biodegradabilnog otpada.

2. PROCES KOMPOSTIRANJA OTPADA

2.1 Faktori koji utiču na proces kompostiranja

Sobzirom da su mikroorganizmi najbitniji za kompostiranje, uslovi okoline koji povećavaju mikrobiološku aktivnost će povećavati i stepen kompostiranja. Na mikrobiološku aktivnost utiču [2]:

1. **Nivo kiseonika** - kompostiranje se može obaviti pod aerobnim (potreban je slobodan kiseonik) ili anaerobnim (bez kiseonika) uslovima, ali aerobno kompostiranje je mnogo brže (10 do 20 puta). Mikroorganizmi zahtevaju kiseonik radi razgrađivanja organskih materija iz kompostne sirovine.
2. **Veličina čestica sirovine** - generalno, što je sirovina više iseckana veća je stopa procesa kompostiranja. Ipak, čestice ne smeju biti premale, da materijal ne bi bio suviše kompaktan i time isključio kiseonik iz praznina.

1) Dipl. inž Boris Agarski, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, tel ++38121 450-366, fax: ++3821 454-495, e-mail: agarskib@uns.ns.ac.yu
2) prof. dr Janko Hodolič, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, tel ++38121 450-366, fax: ++3821 458-133, e-mail: hodolic@uns.ns.ac.yu
3) Mr Igor Budak, Fakultet tehničkih nauka, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, tel ++38121 450-366, fax: ++3821 454-495, e-mail: budaki@uns.ns.ac.yu

3. **Nivo nutrienata** - mikroorganizmima su potrebni specifični nutrijenti u pogodnoj formi, adekvatnim koncentracijama i odgovarajućim odnosima. Makronutrijenti i mikronutrijenti.
4. **Ravnoteža ugljenika i azota (odnos C/N)** - veliki odnos C i N (C više, N manje) smanjuje rast mikroorganizama koji razlažu sirovine.
5. **Sadržaj vlage** - mikroorganizmi zahtevaju vlagu da bi iskoristili nutrijente, metabolizovali nove ćelije i da bi se reprodukovali. Voda je glavni sastojak koji prenosi supstance unutar kompostne mase i omogućava da nutrijenti fizički i hemijski budu dostupni mikrobima.
6. **Temperatura** - najefektivnije temperature kompostiranja su između 45 i 59°C. Najefikasniju dekompoziciju mikroorganizmi vrše kada se dostignu maksimalno tolerisane temperature.
7. **pH vrednost** - bakterije preferiraju pH vrednost između 6 i 7,5. Gljive napreduju pri pH vrednosti od 5,5 do 8.

Bilo kakve promene ovih faktora su međusobno zavisne, promena jednog parametra često može prouzrokovati promenu ostalih parametara.

Takođe, kompostiranje se može ubrzati upotrebom određenih aditiva za kompostiranje koji predstavljaju koncentrisane kulture mikroorganizama i početne hrane za mikroorganizme.

2.2 Sistem sakupljanja otpada za tretman kompostiranjem

Programi mogu biti osmišljeni tako da sakupljaju samo baštenski otpad, ili samo komunalni otpad, ili baštenski i komunalni otpad zajedno. Sakupljanje može se obavljati po domaćinstvima gde radnici direktno kupe materijale iz domaćinstava, ili na deponijama gde stanovnici i proizvođači ostavljaju svoje materijale

za kompostiranje na predviđenom mestu. Sakupljanje se veoma razlikuje ako je u pitanju baštenski otpad, komunalni otpad, ili ako se zajedno sakupljaju [2].

2.3 Tehnologije kompostnog procesa

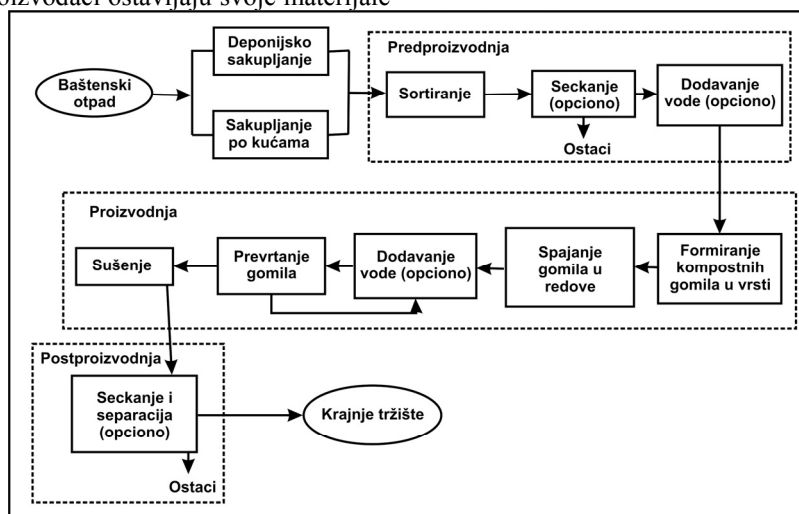
Ovde se opisuju tri faze kompostiranja: predproizvodnja, proizvodnja i postproizvodnja. Dijagram na slici 1. prikazuje tipičnu operaciju kompostiranja baštenskog otpada [2].

Tokom predproizvodnje sirovina se priprema za kompostiranje. U suštini, što je efikasnija predproizvodnja to je veći kvalitet komposta i efikasnost proizvodnje. Tri procedure su tipične za predproizvodnju:

1. Sortiranje sirovinskih materijala i otklanjanje materijala koji su teški, ili nemogući za kompostiranje.
2. Usitnjavanje delića sirovinskog materijala. Ovim se ubrzava razlaganje tako što se uvećava površina kompostnih materijala na kojoj mogu da deluju mikroorganizmi.
3. Tretman sirovine da bi se optimizirali uslovi za kompostiranje. Ovakav tretman obično podrazumeva optimizaciju kompostiranja delovanjem na sadržaj vlage, odnos ugljenika i azota (C:N), kiselost/baznost (pH) i mešanje.

Kod kompostiranja baštenskog ili komunalnog otpada proizvodnja se vrši u dve glavne faze: faza kompostiranja i faza sušenja [2]. Kompostne metode, poredane po kompleksnosti, koje se trenutno primenjuju su:

- pasivne gomile,
- gomile u vrsti,
- statične gomile sa prinudnim provetranjem i
- zatvoreni sistemi.



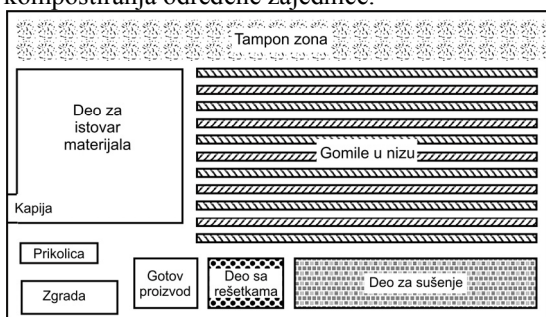
Slika 1 - Tipično postrojenje za kompostiranje baštenskog otpada [2].

Tokom faze sušenja kompost se stabilizuje, dok preostale slobodne nutrijente metabolišu mikroorganizmi koji su još prisutni. Tokom trajanja faze sušenja mikrobiološka aktivnost opada kako se troše slobodni nutrijenti. Kada je faza sušenja završena, gotov kompost ne bi trebalo da ima neprijatne mirise.

Postproizvodnja nije neophodna, ali se obično vrši radi dobijanja finijeg kompostnog proizvoda, da bi se ispunili zahtevi krajnjeg korisnika, ili zahtevi tržišta. U ovoj fazi se može vršiti dodatno sortiranje, skladištenje gotovog komposta, testiranje na klijavost semena, pakovanje proizvoda itd.

2.4 Projekat kompostnog postrojenja

Nakon odabrane lokacije postrojenje mora biti projektovano tako da ispunjava potrebe kompostiranja određene zajednice.



Slika 3 - Primer projekta kompostnog postrojenja [2].

Bitne stavke kod projektovanja postrojenja (slika 2) [2]:

- deo za predproizvodnju - predstavlja deo za primanje, širenje sakupljene sirovine, sortiranje, ili separaciju materijala,
- deo za proizvodnju - sadrži platformu za kompostiranje i deo za sušenje, zauzima najveći deo prostora,
- deo za postproizvodnju - u ovom delu se vrši kontrola kvaliteta procesa, pripremanje komposta za tržište i komposta za skladištenje,
- tampon zona – što veća to bolja, zavisi od tipa sirovine,
- pristupni putevi i putevi na samoj lokaciji i postrojenja na lokaciji i sigurnost.

2.5 Dobiti kompostnog programa

Dobiti kompostnog programa se ogledaju u sledećem [2]:

- Produženje životnog veka deponije,
- Smanjenje ili eliminisanje troškova za nabavkom zemlje za prekrivanje deponije,

- Smanjenje ili eliminisanje troškova odlaganja otpada na deponije ili spaljivanja otpada,
- Ekološka dobit usled smanjenja potreba za odlaganjem na deponije ili spaljivanjem,
- Otvaranje novih radnih mesta,
- Dobit od prodaje gotovih proizvoda i
- Dobit od prodaje reciklažnih materijala.

3. ANALIZA MOGUĆNOSTI IZGRADNJE POSTROJENJA ZA KOMPOSTIRANJE U NOVOM SADU

3.1 Postojeće stanje u upravljanju sa otpadom u Novom Sadu

JKP "Čistoća" vrši usluge iznošenja otpada na teritoriji grada Novog Sada i prigradskih naselja korisnicima koji su svrstani u tri grupe: domaćinstva, velika i mala privreda. Sav prikupljeni otpad se transportuje i odlaže na gradsku deponiju. Na osnovu važećih podataka, dnevno se na gradsku deponiju odlaže preko 300 tona različitog otpada. Fabrika za reciklažu otpada otvorena je 14.11.2002. godine u Novom Sadu, na području gradske deponije. Pre izgradnje fabrike za separaciju i baliranje otpada sav prikupljen otpad sa teritorije Novog Sada se istovarao na deponiju, a tretiran je samo razastiranjem i guranjem specijalnim mašinama. Od kada je fabrika izgrađena, najveći deo sakupljenog otpada prolazi kroz nju, dok se na stari način tretira svega oko 30% ukupnog sakupljenog otpada [11].

Morfološki sastav čvrstog otpada je maseni udeo pojedinih vrsta otpadaka u karakterističnom uzorku komunalnog otpada. Prema podacima laboratorijskih ispitivanja u JKP "Čistoća" Novi Sad, a na bazi srednjeg uzorka, usvojen je sledeći morfološki sastav komunalnog otpada koji je predmet prerade na postrojenju za separaciju [3]:

Vrsta otpada	Maseni udeo u srednjem uzorku [%]
Otpad od papira	14
Otpad od plastike	12
Otpad od stakla	2
Otpad od metala	2
Otpad od tekstila	2
Otpad od gume	1
Organski otpad	64
Ostalo	3

Tabela 1 - Sastav komunalnog otpada u Novom Sadu [3].

Kao korak ka separaciji otpada na mestu njegovog nastanka, i, uopšte, u razvoju savremenog načina postupanja sa otpadom, od maja 2004. godine, započeta je akcija sakupljanja

baštenskog otpada odvojeno od ostalog smeća [11].

Baštenski otpad podrazumeva travu, lišće, korov i sličan otpad koji građani treba da upakuju u kese, džakove ili kutije, kao i granje koje mora biti povezano u snopove, ukoliko se ne može upakovati. Ovu vrstu otpada radnici službe za odnošenje otpada odnose u posebnom kamionu za sakupljanje otpada, radnim danima u prepodnevnom satima. Građani ovakav otpad ostavljaju ispred svojih kuća, na istom mestu gde ostavljaju i svoje kante za otpad u terminima za pražnjenje. Sav otpad, sakupljen na bilo koji način, odnosi se na gradsku deponiju.

3.2 Predlog za kompostno postrojenje u Novom Sadu

Biodegradabilna komponenta komunalnog otpada, koja je upotrebljiva za proces kompostiranja, zauzima 64 % od ukupne mase komunalnog otpada. Ovako veliki procenat biodegradabilne komponente u komunalnom otpadu grada Novog Sada predstavlja odličnu sirovinu za kompostni proces kojim se može dobiti kompost. Međutim, komunalni otpad se u Novom Sadu sakuplja kao izmešani tj. separacija otpada na izvoru ne postoji i stoga kompost dobijen iz ovakve sirovine ne bi trebalo da se upotrebljava u poljoprivredne svrhe. Samim tim vrednost ovakvog proizvoda na tržištu je mala.

JKP "Čistoća" u svojim dugoročnim planovima ima za cilj uvođenje separacije otpada na izvoru. Ovakva separacija bi podrazumevala da stanovništvo i korisnici usluga JKP "Čistoća" vrše razdvajanje otpada pri samom izvoru na suvi ambalažni otpad i organski otpad. Sa ovakvom separacijom, na samom izvoru nastajanja otpada, kompostiranje komunalnog otpada bi bilo opravdano.

Baštenski otpad u Novom Sadu se sakuplja odvojeno od ostalog otpada i odlaže se na gradsku deponiju. Samim tim sakupljanje sirovine za kompostiranje baštenskog otpada u Novom Sadu omogućuje dobijanje znatno čistijeg i vrednijeg komposta. Ovako dobijeni kompost bi imao svoju tržišnu vrednost koja je veća od komposta dobijenog od sirovine pomešanog komunalnog otpada i kao takav mogao bi se upotrebljavati u svim poljoprivrednim svrhama bez ograničenja.

Na osnovu gore navedenog predlaže se da se za Novi Sad izradi projekat za kompostno postrojenje koje bi se nalazilo na lokaciji gradske deponije i koje bi prerađivalo baštenski otpad.

Kompostiranje komunalnog otpada u slučaju Novog Sada bi bilo isplativije raditi tek nakon što se uvede separacija otpada na samom izvoru nastajanja.

Kompostiranje baštenskog otpada je jednostavnije od kompostiranja komunalnog otpada zbog razlike u sastavu sirovine. Komunalni otpad kao sirovina za kompostiranje je raznovrsniji, kako po vrsti tako i po homogenosti i sastavu od baštenskog otpada koji je relativno uniforman.

Predlog lokacije kompostnog postrojenja, za kompostiranje baštenskog otpada, u Novom Sadu na gradskoj deponiji je iz sledećih razloga:

- Gradska deponija Novog Sada se nalazi izvan naselja i samim tim ne postoji opasnost za stanovništvo od potencijalnih neprijatnih mirisa;
- JKP "Čistoća" donosi baštenski otpad na gradsku deponiju pa su time smanjeni troškovi transporta;
- Dobijeni kompost bi imao direktnu primenu na samoj deponiji u nasipanju pri zatvaranju deponije;
- Gradska deponija je ograđena žicom od nekontrolisanih ulazaka ljudi i životinja, ima teretnu vagu na ulazu, portirnicu i poseduje administrativne i druge pomoćne objekte. Pored ovoga postoji i određena infrastruktura. Iz ovoga sledi direktna ušteda u kapitalnim ulaganjima za kompostno postrojenje;
- Deo opreme, bageri i kamioni su dostupni i već se nalaze na deponiji.

Takođe, u dodatku ovome, na osnovu generalnog plana Novog Sada (2021) [4], donešen je regulacioni plan deponije komunalnog otpada u Novom Sadu [5], kojim se određuje namenska površina za kompostilište na području gradske deponije.

3.3 Mogućnost primene dobijenog komposta u Novom Sadu

Mogućnost primene dobijenog komposta, koji bi bio proizveden na kompostnom postrojenju lociranom na gradskoj deponiji u Novom Sadu, je iskazana kroz dve glavne opcije:

1. Novosadska deponija. Biološka rekultivacija deponije podrazumeva da se pri zatvaranju deponije odloženi otpad prekriva inertnim materijalom. Ovo se radi na sledeći način: na odloženi otpad prvo se nanosi sloj zemlje, pa se postavlja vodonepropusna folija, ponovo sloj zemlje i na kraju se sve prekriva kompostom. Debljina kompostnog sloja za prekrivanje deponije iznosi 20 cm. Za ovakvu primenu potrebno je 0,2 m³ komposta da se prekrije 1 m² odloženog otpada. Novosadska deponija zauzima oko 20 ha površine (20 ha = 200.000 m²), pa iz ovoga sledi da je za prekrivanje ove površine potrebno 40.000 m³ komposta [7].

2. **Tržište.** Prodajom gotovog proizvoda kompostiranja se može ostvariti određena finansijska dobit, međutim, kao što je ranije napomenuto, ovo tržište može biti neizvesno i ne bi trebalo očekivati veliku zaradu od prodaje kompostnog proizvoda. Najveća dobit se ogleda u vidu zaštite životne sredine: smanjena količina otpada koji se odlaže na deponiji.

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

U okviru ovog rada analiziran je proces kompostiranja otpada. U prvom delu rada su date teorijske osnove procesa kompostiranja, dok je u drugom delu posebna pažnja povećana postojećoj situaciji u Novom Sadu i dat je naglasak na predlogu za kompostiranje baštenskog otpada u Novom Sadu.

Na osnovu sprovedene analize, može se zaključiti da kompostiranje, kao savremeni vid reciklaže otpada, predstavlja racionalno rešenje ovog neiskorišćenog potencijala za grad Novi Sad. Izrada projekta za kompostilište baštenskog otpada u Novom Sadu predstavlja korak ka tretmanu biodegradabilnog otpada. Ovakvim aktivnostima Novi Sad će se približiti svetskim gradovima u trendovima zaštite životne sredine.

Ulaganja u ovakve projekte zahtevaju velike početne troškove u odnosu na finansijsku dobit, ali dobit od tretmana otpada kompostiranjem je mnogo veće vrednosti i najviše se ogleda u aspektu zaštite čovekove okoline. Planiranjem kompostnog postrojenja obezbeđujemo bitne uslove za ispunjenje potreba sledećih generacija i lepšu budućnost.

LITERATURA

[1] -----: *Nacionalna strategija upravljanja otpadom sa programom približavanja EU,*

Vlada Republike Srbije, Republika Srbija, Ministarstvo za zaštitu prirodnih bogatstava i životne sredine, Beograd, 2003.

- [2] -----: *Composting of yard trimmings and municipal solid waste*, United States Environmental Protection Agency, Maj 1994.
- [3] -----: *Tehničko – tehnološka dokumentacija o postupanju sa otpadnim materijama i sekundarnim sirovinama*; Novi Sad, Novembar 2003.
- [4] -----: *Izvod iz generalnog plana Novoga Sada 2021*, namena površina, crtež br. 2
- [5] -----: *Regulacioni plan deponije komunalnog otpada u Novom Sadu*, plan namena površina, 03.2003.
- [6] -----: *Pravilnik o kriterijumima za određivanje lokacije i uređenje deponija otpadnih materija*, (Sl. gl. RS broj 54/1992).
- [7] -----: JKP "Čistoća" Novi Sad, Služba deponije; 2005.
- [8] Hodolič, J.; Badida, M.; Majerik, M.; Šebo, D.: *Mašinstvo u inženjerstvu zaštite životne sredine*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2005.
- [9] Žegarac, D.; Hodolič, J.; Stević M.: *Sistemi za smanjenje emisije čvrstih čestica iz postrojenja za proizvodnju asfaltne mešavine*, Festival kvaliteta, Kragujevac, 2005.
- [10] Hodolič, J.; Budak, I.; Lomen, I.: *Projektovanje proizvoda sa aspekta ocene životnog ciklusa proizvoda (LCA)*, Festival kvaliteta, Kragujevac, 2003.
- [11] -----: <http://www.cistocans.co.yu/2005>.
- [12] -----: <http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/compost/cytmsw.pdf/2003>.
- [13] -----: <http://www.epa.gov/compost/2006>.
- [14] -----: <http://www.epa.gov/compost/science.htm/2006>.