

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**AEROBNA OBDELAVA BIOLOŠKO RAZGRADLJIVIH
ODPADKOV V ZBIRNEM CENTRU TUNCOVEC**

TJAŠA ANTOLINC

VELENJE, 2018

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**AEROBNA OBDELAVA BIOLOŠKO RAZGRADLJIVIH
ODPADKOV V ZBIRNEM CENTRU TUNCOVEC**

TJAŠA ANTOLINC

Varstvo okolja in
ekotehnologije

Mentor: izr. prof. dr. Grilc Viktor

Somentor: mag. Bojan Pirš

VELENJE, 2018

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študentka Visoke šole za varstvo okolja **Tjaša Antoline** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

Aerobna obdelava biološko razgradljivih odpadkov v Zbirnem centru Tuncovec.

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

Aerobic treatment of biodegradable waste in Zbirni center Tuncovec.

Mentor: **izr. prof. dr. Viktor Grile.**

Somentor: **mag. Bojan Pirš**

Diplomsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom VŠVO.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat VŠVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Izr. prof. dr. Boštjan Pokorny
dekan

Visoka šola za varstvo okolja

Trg mladosti 7 | 3320 Velenje

t: 03 898 64 10 | f: 03 89864 13 | e: info@vsvo.si

www.vsvo.si



IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana **Tjaša Antolinc**, vpisna številka 34150002, študentka visokošolskega strokovnega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtor/ica diplomskega dela z naslovom **Aerobna obdelava biološko razgradljivih odpadkov v Zbirnem centru Tuncovec**, ki sem ga izdelala pod mentorstvom izr. prof. dr. Viktorja Grilca in somentorstvom mag. Bojana Pirša.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili VŠVO;
- so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili VŠVO;
- se zavedam, da je plagiatstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na VŠVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektorirala mag. Nataša Koražija, prof. slov.,
- dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO;
- sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

Datum: 30.7.2018

Podpis avtorice: _____

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju izr. prof. dr. Viktorju Grilcu za potrebne nasvete in usmerjanje pri izdelavi diplomskega dela.

Za strokovno pomoč in nasvete se zahvaljujem somentorju mag. Bojanu Piršu ter vsem zaposlenim v Zbirnem centru Tuncovec.

Zahvaljujem se tudi družini in prijateljem, ki so mi v času študija stali ob strani.

IZVLEČEK IN KLJUČNE BESEDE

Biološko razgradljivi odpadki nastajajo v gospodinjstvih ter drugih podobnih dejavnostih. Mednje uvrščamo tudi odpadke z vrtov in parkov. Aerobna obdelava oziroma kompostiranje predstavlja razgradnjo organske snovi s pomočjo mikroorganizmov ob prisotnosti kisika. Po končanem postopku kompostiranja dobimo kompost, ki ga lahko uporabimo na več načinov. Uporaba končnega produkta je odvisna od njegove kakovosti oziroma v kateri kakovostni razred uvrščamo kompost. Predstavila sem kompostiranje v Zbirnem centru Tuncovec, kjer imajo kompostarno, in sicer celoten proces zbiranja biološko razgradljivih odpadkov, priprave odpadkov za kompostiranje, proces kompostiranja ter sejanja in uporabo končnega produkta. 14 dni sem opazovala pripeljane odpadke ter beležila pojav prisotnih nečistoč, ki lahko povzročajo težave pri mešanju in sejanju komposta. Kompost uporabljajo za prekrivanje odlagališča odpadkov.

KLJUČNE BESEDE: biološko razgradljivi odpadki, aerobna obdelava, Zbirni center Tuncovec, kompost, nečistoče, kakovost komposta.

ABSTRACT AND KEY WORDS

Biodegradable waste are produced in households and other similar activities. Biodegradable wastes are also wastes from gardens and parks. Aerobic treatment of biodegradable waste or composting is decomposition of organic matter by microorganisms in the presence of oxygen. The product of aerobic treatment or composting is compost, which can be used in several ways. Use of compost depends on its quality. In my final thesis I will present composting in the Zbirni center Tuncovec. I will present the whole process of collecting biodegradable waste, composting, sowing and using of the final product. For 14 days, I watched the transported waste and recorded the appearance of the impurities present, which could cause difficulties in mixing and sowing the compost. Compost is used as a cover layer of waste landfill.

KEY WORDS: biodegradable waste, aerobic treatment, Zbirni center Tuncovec, compost, impurities, quality of compost

KAZALO VSEBINE

1. UVOD	1
1.1 Oris obravnavanega vprašanja	1
2.1 Namen diplomskega dela	1
3.1 Cilj diplomskega dela	1
4.1 Metode dela	2
5.1 Raziskovalne hipoteze	2
2. TEORETIČNI DEL	3
2.1 Ločeno zbiranje biološko razgradljivih odpadkov	3
2.2 Biološki postopki obdelave odpadkov	4
2.3 Zakonodaja s področja aerobne obdelave biološko razgradljivih odpadkov	5
2.4 Aerobna obdelava ali kompostiranje biološko razgradljivih odpadkov	5
2.5 Konvencionalni postopek kompostiranja	6
2.6 Hitrost in učinkovitost aerobne razgradnje	7
2.7 Prisotni mikroorganizmi	8
2.8 Pogoji za zadovoljiv potek aerobne obdelave biološko razgradljivih odpadkov	10
2.9 Načini aerobne obdelave biološko razgradljivih odpadkov	11
2.9.1 Pasivno kompostiranje	11
2.9.2 Kompostiranje v gredah	11
2.9.3 Pasivno prezračevalne grede	12
2.9.4 Prezračevalne statične grede	13
2.9.5 Zaprti oz. kontejnerski postopki kompostiranja	13
2.10 Kakovost končnega produkta	14
2.11 Kompostiranje doma	15
2.12 Postavitev kompostarne	16
2.13 Vpliv aerobne obdelave biološko razgradljivih odpadkov na okolje	17
3. PRAKTIČNI DEL	19
3.1 Podjetje OKP Rogaška Slatina, d. o. o.	19
3.2 Zbirni center Tuncovec	19
3.3 Odpadki za aerobno obdelavo	22
3.4 Količina prevzetih odpadkov za aerobno obdelavo v letih 2016 in 2017	22
3.5 Aerobna obdelava biološko razgradljivih odpadkov v zbirnem centru Tuncovec	24
3.5.1 Zbiranje, odvoz in sprejem biološko razgradljivih odpadkov	24
3.5.2 Priprava kompostne mešanice	25
3.5.3 Aerobna obdelava – kompostiranje	26
3.5.4 Merjenje temperature in vlažnosti kompostnega kupa	28
3.5.5 Sejanje in uporaba končnega produkta	30

3.6	Vpliv kompostiranja na okolje	32
3.6.1	Čiščenje odpadnih vod	33
4.	RAZPRAVA IN SKLEPI	35
4.1	Kakovost odpadkov	35
4.2	Merjenje (ocenjevanje) vonjav in prahu.....	37
4.3	Merjenje hrupa.....	39
4.4	Kakovost komposta	40
4.5	Komentiranje postavljenih hipotez	43
5.	ZAKLJUČEK.....	44
6.	POVZETEK	45
7.	SUMMARY	46
8.	VIRI IN LITERATURA	48

KAZALO SLIK

Slika 1: Rjav zabojnik za biološko razgradljive odpadke.....	4
Slika 2: Blok shema konvecionalnega postopka kompostiranja.....	7
Slika 3: Bakterije, ki so prisotne v kompostni mešanici.....	9
Slika 4: Aktinomicete, ki se pojavljajo v poznejših fazah kompostiranja.	9
Slika 5: Kompostiranje v gredah, kjer se redno izvaja mešanje.....	12
Slika 6: Shema pasivno prezračevanega kompostnega kupa.	13
Slika 7: Boben za kompostiranje manjših količin biološko razgradljivih odpadkov.....	14
Slika 8: Končni produkt kompostiranja je kompost.	15
Slika 9: Snovi, ki jih lahko kompostiramo doma.....	16
Slika 10: Traktor s sprednjim nakladalcem.....	17
Slika 11: Posnetek Zbirnega centra Tuncovec iz zraka.	20
Slika 13: Izpraznitev biološko razgradljivih odpadkov pod nadstrešek.....	24
Slika 14: Prvi dve plasti kompostnega kupa (strukturni material in mulji iz čistilnih naprav komunalnih voda).	25
Slika 15: Mletje lesa – nastane strukturni material.	26
Slika 16: Formirane kompostne grede, ki so že v zaključni fazi kompostiranja.....	27
Slika 17: Sonde za merjenje temperature, ki se nahajajo na treh mestih po celotni dolžini kompostnega kupa.	30
Slika 18: Sejalnica komposta.	31
Slika 19: Presejan kompost.....	31
Slika 20: Shema delovanja biološke čistilne naprave za predčiščenje odpadnih vod iz kompostarne Tuncovec.....	33
Slika 21: Kazalniki obratovanja čistilne naprave Tuncovec od leta 2007 do leta 2015.....	34
Slika 22: Pripeljani biološki odpadki, kjer ni prisotnih nečistoč.....	36
Slika 23: Zbrani biološki razgradljivi odpadki, v katerih so prisotne nečistoče – plastične vrečke.	37

KAZALO TABEL

Tabela 1: Vrste odpadkov, ki se ločeno zbirajo v Zbirnem centru Tuncovec.	21
Tabela 2: Količina prevzetih odpadkov za aerobno obdelavo v letih 2016 in 2017 (v kg) po občinah.....	22
Tabela 4: Opazovanje biološko razgradljivih odpadkov in beleženje nečistoč.....	35
Tabela 5: Pozitivna in negativna vrednostna lestvica.	38
Tabela 6: Rezultati meritev vrednosti kazalca dnevnega hrupa.....	39
Tabela 7: Rezultati meritev vrednosti kombiniranega kazalca hrupa.	39
Tabela 8: Mejne vrednosti kazalcev hrupa L_{dan} , $L_{noč}$, $L_{večer}$ in L_{dvn} , ki ga povzroča naprava ali obrat.	39
Tabela 9: Obseg parametrov za uvrstitev komposta v kakovostni razred – tabela 1 priloge 4 k Uredbi o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata.	40
Tabela 10: Obseg parametrov za nadzor kakovosti komposta – tabela 3 priloge 3 Uredbi o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata.	40
Tabela 11: Vsebnosti analiziranih parametrov v kompostu, primerjanimi z mejnimi vrednostmi za določitev kakovostnega razreda komposta.....	41

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Količina prevzetih komunalnih odpadkov v letih 2016 in 2017 po občinah.....	23
Graf 2: Merjenje temperature kompostnih kupov.....	29

1. UVOD

1.1 Oris obravnavanega vprašanja

Odpadki so del našega vsakdana, zato je pomembno, da znamo z njimi pravilno in odgovorno ravnati. Pomembno je tudi, da smo seznanjeni, kaj se zgodi z odpadki, ko jih oddamo pristojnim službam, in da so predelani s čim manj vpliva na okolje. V diplomski nalogi z *naslovom Aerobna obdelava biološko razgradljivih odpadkov v Zbirnem centru Tuncovec* bom obravnavala biološke odpadke in ravnanje z njimi v podjetju OKP Rogaška Slatina, d. o. o. Kompostiranje biološko razgradljivih odpadkov poteka v kompostarni, ki se nahaja v Zbirnem centru nenevarnih odpadkov Tuncovec.

Kompostiranje je že dolgo časa uveljavljena metoda ravnanja z biološko razgradljivimi odpadki. Gre za biooksidativni proces razgradnje organske snovi. Proces temelji na delovanju mikroorganizmov na biološko snov ob dovolj veliki prisotnosti kisika. Kompostiranje je aerobni proces, pri katerem se energija oksidacije organske snovi sprošča v obliki toplote. Osnovni produkti kompostiranja so trdni ostanek (humus in mineralne snovi) ter ogljikov dioksid in voda (Vuk, 1998). med procesom rasti mikroorganizmov se sprošča tudi toplota. Kompostiranje ima predvsem pozitivno vlogo, saj z njim zmanjšujemo količino biorazgradljivih odpadkov, ki bi lahko bili odloženi in bi potekala nekontrolirana razgradnja snovi, ter s tem sproščanje plinov, ki niso želeni. Končni produkt kompostiranja je kompost, ki se ga lahko uporablja na več načinov (glede na kakovostni razred). Torej pridobimo snov, ki je uporabna in ni drugih nevarnih stranskih produktov. Odpadne vode, ki nastajajo pri kompostiranju in skladiščenju biorazgradljivih odpadkov se očistijo na za to primernih čistilnih napravah. Najbolj so problematične emisije vonja, ki se jih da kontrolirati s pravilnim vodenjem procesa, rednim in pravilnim mešanjem kompostnega kupa, preprečevanjem raztrosa materiala ter rednim čiščenjem vozil ter opreme za kompostiranje. Če se kompostarna nahaja v bližini naselij, je nujna namestitev biofiltra za zajem in čiščenje odpadnega zraka.

2.1 Namen diplomskega dela

V diplomski nalogi bom predstavila aerobno obdelavo bioloških odpadkov ter načine le – te v splošnem. V drugem delu diplomske naloge bom predstavila in analizirala izvedbo kompostiranja v Zbirnem centru Tuncovec, Rogaška Slatina, kjer sem opravljala praktično usposabljanje. Kompostiranje v Tuncovcu poteka v kompostnih kupih. Končni produkt kompostiranja je kompost oz. humus, ki ga uporabljajo kot prekrivni material pri sanaciji odlagališča odpadkov na isti lokaciji. Predstavila bom kompostiranje, ki ob pravilnem vodenju procesa nima negativnih vplivov na okolje. V podjetju bom pridobila podatke o zbranih letnih količinah biološko razgradljivih odpadkih, ter o odpadkih, ki jih mešajo v kompostno mešanico (sekanci, mulji iz čistilnih naprav). Pridobila bom tudi podatke o količini komposta, ki ga pridelajo na letni osnovi. Obiskala bom zbirni center in kompostarno.

3.1 Cilj diplomskega dela

Prikazala bom celoten postopek ločenega zbiranja biološko razgradljivih odpadkov, priprave kompostne mešanice, zorenja komposta in njegove končne uporabe. Pozornost bom namenila tudi temu, kako kakovostno so biorazgradljivi odpadki ločeni. Težave se pojavijo predvsem pri tem, da so zraven odpadkov plastične vrečke. Zato so lahko prisotne težave pri mešanju kompostnega kupa, saj se vrečke ovijejo okoli mešalca. Tudi sejanje končnega produkta je dolgotrajnejše, saj lahko vsebuje veliko primesi, ki jih je treba izločiti. Izbrala sem si časovno obdobje 14 dni, kjer bom opazovala ter beležila morebitne prisotne nečistoč v pripeljanih

odpadkih. S tem bom ugotovila, kako so ljudje ozaveščeni glede ločenega zbiranja biološko razgradljivih odpadkov. Tako bom kritično predstavila celoten proces ravnanja z biološko razgradljivimi odpadki v Zbirnem centru Tuncovec.

4.1 Metode dela

- **Opisna metoda:** pregled že obstoječe literature na področju aerobne obdelave odpadkov in ravnanja z odpadki, ter pregled literature v podjetju.
- **Analizna metoda:** analiza podatkov o vrstah, količinah in sestavi odpadkov, ki jih imajo v podjetju o zbranih biološko razgradljivih odpadkih na območju UE Šmarje pri Jelšah.
- **Metoda terenskega dela:** obisk Zbirnega centra Tuncovec, kjer se nahaja mala kompostarna, kjer bom spoznala celoten proces kompostiranja. V Zbirnem centru Tuncovec bom 14 dni spremljala pripeljane biološko razgradljive odpadke. Osredotočila se bom na vsebnost nečistoč v odpadkih. S tem bom lahko predpostavila, ali uporabniki pravilo razvrščajo odpadke.

5.1 Raziskovalne hipoteze

H1: Pri kompostiranju v Zbirnem centru Tuncovec ni negativnih vplivov na okolje.

H2: V zbranih biološko razgradljivih odpadkih je v času opazovanja malo nečistoč (10 vrečk v pripeljanih odpadkih ali manj), kar pomeni, da ljudje dobro ločujejo.

H3: Kompost, ki ga pridelajo v Zbirnem centru Tuncovec, uvrščamo v 2. kakovostni razred.

2. TEORETIČNI DEL

2.1 Ločeno zbiranje biološko razgradljivih odpadkov

Definicija bioloških odpadkov po Uredbi o odpadkih (Uradni list RS, št. 37/15 in 69/15) pravi, da so biološki odpadki biorazgradljivi odpadki z vrtov in iz parkov, živilski in kuhinjski odpadki iz gospodinjstev, restavracij, gostinske dejavnosti in trgovin na drobno ter primerljivi odpadki iz obratov za predelavo hrane.

Biološko razgradljivi odpadki predstavljajo med 30 do 40 % mase vseh komunalnih odpadkov. Z ločenim zbiranjem biološko razgradljivih odpadkov pripomoremo k zmanjšanju količin odloženih odpadkov ter zmanjšanju emisij toplogrednih plinov (metan in ogljikov dioksid), ki jih povzroči nekontrolirana razgradnja bioloških odpadkov (Medmrežje 1).

Biološke razgradljive odpadke v večini Slovenije zbiramo v rjavih zabojnikih, kot je razvidno s slike 1. V zabojnik lahko damo odpadke v razsutem stanju ali v papirnatih vrečah ali v biološko razgradljivih vrečkah, ki so iz koruznega škroba (Medmrežje 2).

V rjavi zabojnik odlagamo (Medmrežje 2):

- zelenjavne in sadne odpadke ter ostanke hrane (pokvarjeni prehranski izdelki brez embalaže, kuhani netekoči ostanki hrane, jajčne lupine),
- čajne in kavne usedline s filtrom,
- papirne vrečke sadja in zelenjave, papirne robčke,
- odmrle sobne rastline in cvetje;
- pokošeno travo, plevel, listje, rože, vrtno odpadke,
- ostanke rož, stebila zelenjave in vso neuporabljeno zelenjavo.

V rjav zabojnik je prepovedano odlagati (Medmrežje 2):

- olja in maščobe,
- kosti,
- cigaretne ogorke,
- živalske iztrebke,
- plenice in vložke,
- embalažo,
- kamenje,
- plastične vrečke,
- kovine in ostale odpadke, ki niso biološko razgradljivi.



Slika 1: Rjav zabojnik za biološko razgradljive odpadke.

VIR: https://www.okp.si/slike/rjav_zabojnik3.jpg

2.2 Biološki postopki obdelave odpadkov

Biološki postopki obdelave odpadkov temeljijo na delovanju mikroorganizmov, ki razgrajujejo organsko snov. Razgradnja poteka v razmerah, ki so kontrolirane in omogočajo optimalno delovanje mikroorganizmov. Biološka aktivnost mikroorganizmov je odvisna od aktivnosti vode (dostopnost vode v določenem substratu), temperature, pH, koncentracije kisika (odvisno od postopka; aerobni, anaerobni), prisotnosti pospeševalcev (mikronutrientov) in zaviralcev postopka, kot so fitotoksini in pesticidi, ter vrste in kakovosti substrata. Večinoma v biološko obdelavo vstopajo kuhinjski odpadki, les, odpadki z vrtov, tekstilni material, kartonska in papirna embalaža (Gantar, 2014).

Kemijska sestava biorazgradljivih odpadkov (Gantar, 2014):

- ogljikovi hidrati:
 - enostavni; sladkorji – glukoza,
 - sestavljeni; škrob in celuloza,
- beljakovine:
 - proteini, proteidi; nastajajo v proizvodnji in predelavi mesa,
- maščobe:
 - olja, trdne maščobe, fosfolipidi,
- ostale snovi:
 - lignin (les), smole, voski, sluzi.

Mikroorganizme, ki so primerni za razgradnjo bioloških odpadkov, delimo po (Gantar A., 2014):

- biološki razvrstitvi; bakterije, glive, arheje, aktinomicete, višji organizmi,
- potrebi po kisiku; aerobni, anaerobni,
- temperaturnem območju delovanja; psihrofilni (10–20 °C), mezofilni (30–40 °C), termofilni (50–60 °C).

2.3 Zakonodaja s področja aerobne obdelave biološko razgradljivih odpadkov

Predelovalec lahko predeluje biološko razgradljive odpadke, če ima za to dejavnost ustrezno okoljevarstveno dovoljenje. Predelava biološko razgradljivih odpadkov poteka v kompostarni, ki je po definiciji sklop objektov z napravami za kompostiranje pri nadzorovanih pogojih. Postopek predelave biološko razgradljivih odpadkov imenujemo kompostiranje in je aerobna razgradnja biološko razgradljivih odpadkov ali njihove mešanice z biološko razgradljivimi naravnimi materiali iz kmetijstva ali gozdarstva s pomočjo mikro- in makroorganizmov s kisikom (Uredba o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Uradni list RS, št. 99/13 in 56/15).

Upravljalca kompostarne mora voditi ustrezno evidenco o obdelavi odpadkov z vpisovanjem podatkov v obratovalni dnevnik kompostarne. Vpisujejo se naslednji podatki o (Uredba o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Uradni list RS, št. 99/13 in 56/15):

- strokovno odgovorni osebi in njenem namestniku,
- izvajanju postopkov preverjanja ustreznosti odpadkov,
- razlogih za zavrnitev prevzema pošiljke odpadkov,
- zaporedni številki in datumu vstopa odpadkov v postopek, njihovi sestavi in zaporedni številki ter datumu predelanih odpadkov, katerih postopek je končan,
- težavah pri predelavi, vzrokih, posledicah, ukrepih za njihovo odpravo,
- opravljenem nadzoru kakovosti komposta ali digestata,
- delih na kompostarni ali bioplinarni in pripadajoči opremi,
- čiščenju in razkuževanju kompostarne ali bioplinarne,
- izvedenih ukrepih za preprečevanje dostopa ptic, glodavcev, insektov in drugih škodljivcev na območje kompostarne ali bioplinarne,
- meteoroloških parametrov: polurne poprečne vrednosti temperature in vlage v zraku ter smeri in hitrosti vetra,
- opravljenih analizah posameznih pritožb in izvedenih ukrepih v skladu z 19. členom te uredbe,
- izvedenih pregledih naprav in pripadajoče opreme,
- izvedenih tehničnih ukrepih za preprečitev onesnaževanja z lahкими materiali, ki jih odnaša veter, preprečevanje obremenjevanja s hrupom, neprijetnimi vonjavami in delci (PM) ter za preprečevanje raznašanja blata ter
- opravljenih meritvah temperature, vsebnosti vode in oceni vlažnosti biološko razgradljivih odpadkov.

2.4 Aerobna obdelava ali kompostiranje biološko razgradljivih odpadkov

Aerobno obdelavo biološko razgradljivih odpadkov ali kompostiranje lahko definiramo kot biološko razgradnjo organskih snovi v aerobnih pogojih, tj. z ustreznim dostopom zraka. Proces lahko poteka ob prisotnosti ali odsotnosti kisika, kar zagotovimo z ustreznim prezračevanjem kompostnega materiala. Z učinkovito aerobno obdelavo dobimo končni produkt brez prisotnosti patogenih organizmov. Pri anaerobnem načinu obdelave (tj. brez zraka) je potrebnega več časa ter lahko se pojavijo težave z neprijetnim vonjem. Težave se pojavijo zaradi nepopolne oksidacije organskih spojin (prisotne je manj energije). Končni produkt aerobne obdelave biološko razgradljivih odpadkov je kompost, ki je rezultat aktivnosti različnih organizmov: bakterij, gliv, aktinomicet in višjih organizmov (Obeng in Wright).

Aktivnost mikroorganizmov je odvisna od razmerja ogljika in dušika, vsebnosti kisika in vsebnosti vode, temperature ter pH-ja v kompostni mešanici. Pravilno vodeno kompostiranje povečuje hitrost in stopnjo naravne razgradnje in ustvarja dovolj visoko temperaturo za

uničenje patogenih organizmov. Proces kompostiranja lahko v grobem razdelimo na dve fazi: aktivna faza in faza zorenja oz. stabilizacije. V aktivni fazi je prisotna visoka mikrobna aktivnost ter relativno visoka temperatura, kjer se razgradljive snovi biološko razgradijo. Aktivni fazi sledi faza zorenja, kjer je aktivnost mikroorganizmov manjša. Stabilizirajo se produkti aktivne faze. Stabilizacija vključuje razpadanje organskih kislin, tvorbo huminskih spojin ter nastanek nitrata dušika. Po koncu faze zorenja dobimo končni produkt kompostiranja – kompost.

V aktivni fazi prihaja do sprememb temperature. Za nekatere mikroorganizme postane temperatura omejujoč faktor, zato odmrejo, pojavijo se drugi mikroorganizmi, za katere je povišana temperatura primerna (Graves, 2000). Pri aerobni obdelavi biološko razgradljivih odpadkov so aktivne bakterije in glive. V začetku postopka so aktivne mezofilne organske kisline, ki proizvajajo bakterije, kot so *Lactoba* spp. In *Acetobacter* spp. V termofilni fazi postopka prevladujejo Gram – pozitivne bakterije, kot o *Bacillus* spp. In *Actinobacteria*. Najučinkovitejši postopek aerobne obdelave biološko razgradljivih odpadkov dosežemo z mešano skupnostjo bakterij in gliv (Partanena, 2010).

Pri kompostiranju je potek razkroja odvisen od naslednjih temperaturnih stopenj (Graves, 2000):

- termofilna stopnja: $T = 32\text{ }^{\circ}\text{C} - 65\text{ }^{\circ}\text{C}$: razgradnja in higienizacija,
- mezofilna stopnja: $T = 10\text{ }^{\circ}\text{C} - 45\text{ }^{\circ}\text{C}$: presnova snovi ter
- psihofilna faza: $T = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$: ohlajanje in zorenje končnega produkta.

2.5 Konvencionalni postopek kompostiranja

Kot je zgoraj že omenjeno, aerobno obdelavo biološko razgradljivih odpadkov razdelimo na aktivno fazo in fazo zorenja. V splošnem proces razdelimo na:

- pripravo vstopnih surovin,
- aktivno fazo,
- fazo stabilizacije,
- sejanje in uporabo končnega produkta.

Da lahko proces začnemo, je potrebna priprava vstopnih snovi za kompostiranje. Cilj aerobne razgradnje biološko razgradljivih odpadkov je zmanjšanje mase in stabilizacija biološko razgradljivega materiala. Najprej se odstranijo večje nečistoče (plastična embalaža ter drugi odpadki, ki ne sodijo v biološke odpadke). Odpadki se zmeljejo, da dobimo delce primerne velikosti. Z ustrezno pripravo pridobimo optimalno vsebnost hranil, strukture in vsebnosti vode v odpadkih, dodaja se tudi strukturni material, kot so sekanci in že zrel kompost (Bertoldi in sod.). Sledi aktivna faza, kjer poteče razgradnja organskih molekul. Traja od dva do pet tednov. Prostornina prvotnih odpadkov se lahko zmanjša tudi za 50 %. Na začetku so aktivni mezofilni organizmi, ker se temperatura kompostne mešanice dviguje; to postane neznosno zanje in odmrejo. Nadomestijo jih do tedaj latentni termofilni organizmi, ki prenesejo višje temperature. Pri zadosti povišani temperaturi (nad $65\text{ }^{\circ}\text{C}$) se uničijo tudi patogeni organizmi. Sledi faza stabilizacije, ki traja od štiri do sedemnajst tednov. Aktivnost mikroorganizmov se zmanjša. Pri tem se kompostna masa ohlaja na temperaturo okolice. Tvorijo se huminske snovi. Večji organizmi, ki naselijo kompostni kup, rahljajo in obračajo humusno gmoto. Kompost, ki ga pridobimo na koncu aerobne obdelave, je treba še presejati, da dobimo finejšo frakcijo (Vuk, 1998).



Slika 2: Blok shema konvecionalnega postopka kompostiranja.

VIR: Gantar, 2014

2.6 Hitrost in učinkovitost aerobne razgradnje

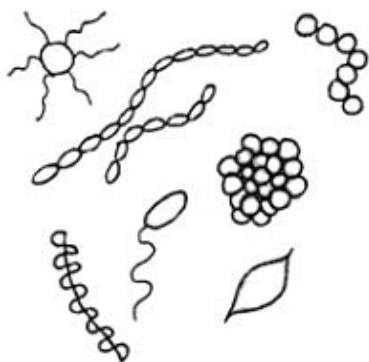
Pogojeni sta s stično površino delcev komposta z mikroorganizmi. Na stični površini delcev bioloških odpadkov potekajo presnovni procesi z izločanjem encimov mikroorganizmov. To pomeni, da je stopnja aktivne biološke razgradnje organskih odpadkov odvisna od skupne površine delcev, ki je izpostavljena delovanju mikroorganizmov. Na hitrost in učinkovitost razgradnje ne vpliva samo velikost delcev, ampak tudi sestava kompostnega materiala, pH vrednost, vsebnost kisika in vode, razmerje dušika in ogljika v materialu ter druge značilnosti, ki določajo optimalne življenjske pogoje za mikroorganizme in nemoten proces razgradnje. Optimalna količina kisika v kompostu med celotnim procesom znaša vsaj 4 g kisika na gram

organske snovi. To je optimalno razmerje za popolno oksidacijo organske snovi v procesu. V kontroliranem procesu aerobne razgradnje se koncentracija kisika v zračnih porah med delci ne spusti pod 15 %; če je vsebnost kisika med delci manj kot 5 %, to privede do anaerobne razgradnje. Zadostna količina kisika se zagotovi z rednim obračanjem kompostnega kupa in postavljeno prezračevalno napravo. Optimalna vsebnost vode v kompostnem kupu je med 60–70 % celotne mase. Za vzdrževanje deleža vode v kompostni mešanici je včasih treba dodajati vodo, če je kompostna mešanica presuha ali pa je potrebno kompostno mešanico sušiti z dodatkom lesnih sekancev, suhega listja ali slame. Delež vode pod 40 % v materialu močno zniža hitrost in učinkovitost biorazgradnje. Pravilno razmerje med vodo in zrakom v kompostni mešanici je eden izmed odločilnih faktorjev za doseganje kakovostnega komposta. Hitrost kompostiranja je odvisna tudi od vsebnosti makro- in mikroelementov ter njihovega razmerja. Za uspešno kompostiranje je pomembno razmerje med ogljikom in dušikom. Pomembna sta predvsem v intenzivni fazi, ko sta od preskrbe s hranilnimi snovmi odvisna obstoj in razmnoževanje mikroorganizmov. Najbolj primerno razmerje C : N je v območju od 20 : 1 do 35 : 1. V primeru, da nastopi pomanjkanje ogljika, pomeni, da je razpoložljive energije premalo glede na količine dušika, kar privede do nastanka amonijaka v kompostni mešanici in posledično privede do njegovega toksičnega delovanja. V tem primeru moramo počakati, da izhlapi primerna količina amonijaka in se vzpostavijo primerni pogoji za nadaljevanje procesa. V primeru, da nastopi pomanjkanje dušika, ki je pomemben element za rast, izgrajevanje tkiv in uspevanje mikroorganizmov, se proces razgradnje upočasni in privede do gnitja kompostnega materiala. Zadnji kemijski pogoj, ki je pomemben za uspešno kompostiranje, je pH prvotnih surovin, ki se v povprečju giblje okoli nevtralne vrednosti 7 (5,5–8). Čim bolj nevtralen je pH kompostne mešanice, tem boljši so pogoji za bakterije, medtem ko glivam ustreza rahlo kislo okolje. V začetni fazi se pH-vrednost v kompostni mešanici nekoliko zmanjša zaradi nastajanja organskih kislin, nitrifikacije in nastajanja ogljikovega dioksida, kasneje se pogoji stabilizirajo, kar pomeni, da se pH vrednost zviša približno na raven nevtralne vrednosti (Gantar, 2014).

2.7 Prisotni mikroorganizmi

Različne mikrobne populacije se odzivajo na različne nivoje temperature, vsebnosti vode, kisika ter pH znotraj kompostne mešanice. Mikrobna raznolikost omogoča kompostiranje. Mikroorganizmi so odgovorni za razgradnjo kompostne mešanice in širok spekter spojin iz aminokislin, sladkorjev, beljakovin in ogljikovih hidratov. Mikroorganizmi, ki so v kompostni mešanici, so bakterije, glive, aktinomicete in višji organizmi. Mikroorganizmi so lahko anaerobni, aerobni ali fakultativno anaerobni. Anaerobni mikroorganizmi ne potrebujejo kisika, ter umrejo oz. inhibirajo, če so izpostavljeni kisiku. Aerobni mikroorganizmi za svoj obstoj potrebujejo kisik. Fakultativno anaerobni mikroorganizmi uporabljajo kisik, če je le-ta na razpolago, vendar lahko rastejo tudi brez njega. Mikroorganizmi v kompostni mešanici so psihrofilni, mezofilni ali termofilni, odvisno od temperaturnega območja (Graves, 2000).

- **BAKTERIJE:** majhni in preprosti prokariotski organizmi. Prisotne so v zgodnjih fazah kompostiranja. Odgovorne so za začetno razgradnjo. Zanje je značilno, da so hitri razkrojevalci. V večini stabilizirajo takoj dostopne hranilne snovi (preprosti sladkorji), sposobne so prebaviti tudi produkte kvasovk in plesni, ki izločajo encime za razgradnjo višjih sladkorjev, celuloze in škroba. Optimalno delujejo pri pH med 6 in 7,5 ter so manj tolerantne do nizkih vsebnosti vode kot drugi organizmi. Glavne predstavnice kompostnih bakterij so: hidrolitične, acidogene, acetogene in metanogene bakterije.



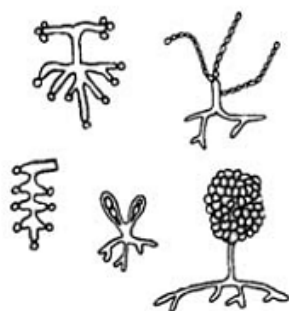
BAKTERIJE

100 milijonov – 1 bilijon
na gram komposta

Slika 3: Bakterije, ki so prisotne v kompostni mešanici.

VIR: <https://sabacooperative.files.wordpress.com/2012/06/compost-microorganisms.png>

- **GLIVE:** so večji organizmi kot bakterije. So evkariontski organizmi, ki so lahko enocelični ali več – celični. Oblikujejo mreže ali individualne celice. Prisotne so v poznejših fazah kompostiranja, zaradi snovi, ki jih razgrajujejo. Večina gliv razgradi celulozo in druge težje razgradljive snovi. So manj občutljive na okolja z manjšo vsebnostjo vode in pH-jem kot bakterije. Večina gliv za svojo rast in razvoj potrebuje kisik. So občutljive na temperaturo, saj ne morejo preživeti temperatur, višjih od 60 °C. Primeri gliv v kompostnem kupu: gobe, plesni in kvasovke.
- **AKTINOMICETE:** To so bakterije zaradi njihove strukture in velikosti. So prokariontski mikroorganizmi. Podobne so glivam. Aktinomicete lahko razgradijo organske kisline, sladkorje, aminokisline in lignin. Pojavljajo se v poznejših fazah kompostiranja, ko je že večina lahko razgradljivih snovi razgrajena, vsebnost vode je večja, pH ni več tako kisel. Primer aktinomicet: streptomicete eunomicete.



AKTINOMICETE

100 tisoč – 100 milijonov
na gram komposta

Slika 4: Aktinomicete, ki se pojavljajo v poznejših fazah kompostiranja.

VIR: <https://sabacooperative.files.wordpress.com/2012/06/compost-microorganisms.png>

- **VIŠJI ORGANIZMI:** na kompostnem kupu se tvorijo, ko se temperatura kompostne mešanice ohladi. Višji organizmi vključujejo praživali, ogorčice in kotačnice. Pomagajo pri razgradnji ligninov ter porabljajo bakterijsko in biomaso gliv. Prispevajo k boljši kakovosti končnega produkta (pojavljajo se v zadnji fazi kompostiranja).

2.8 Pogoji za zadovoljiv potek aerobne obdelave biološko razgradljivih odpadkov

Za uspešno aerobno obdelavo so pomembni naslednji pogoji (Graves, 2000):

- **VSEBNOST KISIKA:** kisik je nujen za preživetje aerobnih mikroorganizmov. V primeru, da v kompostni mešanici začne primanjkovati kisika, začnejo prevladovati anaerobni mikroorganizmi, ki upočasnijo razgradnjo in sproščajo neprijetne vonjave. Minimalna koncentracija kisika za ohranjanje aerobnih razmer je 5 %. Kisik v kompostno mešanico dovajamo s prisilnim ali pasivnim prezračevanjem. Ne glede na vrsto prezračevanja in količino kisika, ki se dovaja v kompostno mešanico z zrakom, ne moremo zagotoviti, da bo kisik prišel do mikroorganizmov. Mikroorganizmi zahtevajo vodno okolje in se nahajajo v tankem vodnem filmu na površini delcev, ki se kompostirajo. Poleg tega je difuzija kisika skozi vodo počasnejša kot skozi zrak, zato mora zrak v kompostno mešanico vstopati z zadostno hitrostjo.
- **OPTIMALNA KONCENTRACIJA VODE:** voda je esencialni element za preživetje organizmov. Mikroorganizmi potrebujejo vlažno okolje za premikanje (transport) hranil. Optimalna vsebnost vode v kompostni mešanici je 40–65 %; če vsebnost vlage pade pod 15 %, mikroorganizmi prenehajo delovati. Vsebnost vode niha skozi posamezne faze kompostiranja. Voda se izgublja z izhlapevanjem, pridobi pa s padavinami ali vlaženjem kupa. Vsebnost vode je skozi celoten proces treba nadzorovati, da zagotovimo ustrezno vlažnost in poroznost kompostnega kupa. Vsebnost vode je odvisna od materiala, ki ga dodamo v kompostno mešanico. Porozni material ima večjo vsebnost vode kot neporozni. Pomembna vloga vode je zagotavljanje hlajenja kompostnega kupa. Toplota, ki se sprošča med razgradnjo, segreje kompostno mešanico in voda zato izhlapeva. Večina toplote se porabi za zagotavljanje lantetne toplote izparevanja. Če se kompostna mešanica preveč izsuši, medtem ko je ogrevanje v termofilni fazi, se lahko začne kompostna mešanica segrevati, ker je zmanjšano izhlapevanje vode.
- **pH:** raven pH surove kompostne mešanice bistveno ne vpliva na postopek kompostiranja, ker različni mikroorganizmi uspevajo pri različnih vrednostih pH. Idealna pH-vrednost za mikrobiološko aktivnost je med 6,5 in 8,0. Kompostiranje se nadaljuje tudi med pH 6,5 in 9,0, vendar se proces upočasni. Proti koncu procesa se pH stabilizira na vrednosti med 7,5 in 8,0. V prvih nekaj dneh kompostiranja vrednost pH pade med vrednosti 4,0 in 5,0. Padeč pH se pojavi zaradi nastanka organskih kislin. Kisle razmere so škodljive za aerobne organizme, predvsem bakterije ter upočasnjujejo proces kompostiranja. Vendar se proces ne ustavi, saj se razvijejo glive, ki lahko porabljajo organske kisline kot substrat. Zaradi porabljanja organskih kislin se vrednost pH poviša.
- **RAZMERJE C : N:** mikroorganizmi potrebujejo določena hranila v velikih količinah. Makrohranila, ki jih mikroorganizmi potrebujejo, so: ogljik, dušik, fosfor in kalij. Sorazmerna količina ogljika in dušika ima največji vpliv na kompostiranje. Ogljik se uporablja kot vir energije in za rast mikrobov. Pri aerobni razgradnji se del ogljika sprošča v obliki ogljikovega dioksida, drugi del se kombinira z dušikom za rast mikroorganizmov. Dušik se uporablja za sintezo celičnega materiala, aminokislin in proteinov. Konstantno se reciklira preko celičnega materiala mikroorganizmov. Dušik,

ki je vključen v celice, postane ponovno dostopen, ko mikroorganizmi umrejo. Velik del ogljika je stalen, dušik se reciklira, zato se razmerje C : N v obdobju kompostiranja zmanjša. Idealno razmerje ogljika in dušika za začetek kompostiranja je od 20 : 1 do 40 : 1.

- **FIZIKALNE LASTNOSTI IZHODIŠČNIH MATERIALOV** se morajo upoštevati, ko pripravljamo kompostno mešanico. Različne fizikalne lastnosti vplivajo na prezračevanje, količino kompostiranja in zmožnost kompostne mešanice, da zadostuje aerobnim razmeram za razvoj mikroorganizmov. Tri glavne fizikalne lastnosti so: poroznost, struktura in tekstura. *Poroznost* je merilo zračnega prostora v kompostni mešanici in vpliva na zračni upor v kompostnem kupu. Manj kot je kisika, ki pride do mikroorganizmov, tem večja je možnost, da se razvijejo anaerobne razmere. *Tekstura* predstavlja relativni delež različnih delcev v kompostni mešanici. Je površina, ki je na voljo mikroorganizmom. Finejša kot je tekstura, večja je površina za mikrobo aktivnost. *Struktura* pomeni sposobnost, da se delec upira zbijanju in poravnavanju. Je ključni dejavnik pri vzpostavljanju in vzdrževanju poroznosti med kompostiranjem. V primeru, da se kompostni kup začne usedati in se začnejo zapirati zračni prostori, to privede do upočasnitve procesa. Visoko vpojni material ima boljšo strukturo kot manj vpojni material. Idealna velikost delcev v kompostni mešanici mora biti v nekakšnem kompromisu med čim večjo poroznostjo in površino delcev za dobro aktivnost mikroorganizmov ter povečanjem strukture.

2.9 Načini aerobne obdelave biološko razgradljivih odpadkov

Poznamo različne metode aerobne obdelave biološko razgradljivih odpadkov. Izbrana metoda je odvisna od zelene končne kakovosti komposta, finančne naložbe, razpoložljivosti surovin ter zemljišč. Pogosto uporabljene metode so pasivni kupi, kompostiranje v gredah, pasivno prezračevane grede ter zaprte metode kompostiranja oz. kontejnerski postopki (Graves, 2000).

2.9.1 Pasivno kompostiranje

Surovine se oblikujejo v kupe, ki se periodično obračajo. Zračenje je pasivno, tj. samodejno. Kup mora biti majhen, da je omogočeno pasivno gibanje zraka. V primeru, da je kup prevelik, se pojavljajo anaerobne cone. Pozornost je treba nameniti pripravi kompostne mešanice. Mešanica mora biti zmožna vzdrževati ustrezno poroznost in strukturo zaradi prezračevanja. Ta vrsta kompostiranja potrebuje minimalno opremo, upravljanje ter nizke kapitalne stroške, kar so glavne prednosti tega postopka. Slabosti postopka so: počasna metoda aerobne obdelave, zaradi pasivnega prezračevanja, kompostiranja traja tudi do enega leta, razvijejo se lahko anaerobne razmere (Graves, 2000).

2.9.2 Kompostiranje v gredah

Biološko razgradljivi odpadki se oblikujejo v podolgovate grede trikotne, trapezne ali polkrožne oblike. V višino merijo do 2 metra, široke so od 3 do 4 metre in dolge približno 50 metrov. Odpadki se mešajo s posebnim strojem (mehansko obračanje). V začetnih fazah kompostiranja se mešanje izvaja pogosteje kot v zaključku kompostiranja. Obračanje služi za dovajanje svežega zraka in odpravljanje nehomogenosti materiala; pri tem se sproščajo toplota, vlaga in zrak iz kupa (Williams, 2005). Kompostiranje v gredah običajno traja od 3 do 9 tednov. Trajanje je odvisno od vrste materiala, ki se kompostira, in frekvence obračanja. Večkrat kot se kompostni kup premeša, hitreje bo postopek končan. Pri 2 mesecih kompostiranja se kompostni kup premeša od 5- do 7-krat (Graves, 2000). Za obračanje kupov

se lahko uporabljajo trosilniki za hlevski gnoj ali specialni stroji, kot so mostni ali stranski obračalni stroji. Kompostiranje v gredah je pozitivno predvsem zaradi nizkih investicijskih vlaganj, enostavnem in dobro preglednem poteku postopka. Takšno kompostiranje zahteva velike površine, kar je negativen vidik in ga je priporočljivo uporabljati v manjših ali srednje velikih obratih. Za večje kapacitete se uporablja kompostiranje v gredah, ki se izvaja v posebnih halah. Če je obračanje v času najbolj hitre razgradnje zmanjšano, je zmanjšana vsebnost kisika, kar pomeni podaljšanje trajanja postopka. Razvijejo se tudi neprijetne vonjave. Z obračanjem dosežemo bolj kakovosten in homogen končni produkt. Med obračanjem material mešamo, s tem dosežemo enakomerno razgradnjo po celotni površini kupa. Z obračanjem razbijemo spriete kupe znotraj kompostne mešanice ter premešamo mokre in suhe dele, s tem zagotovimo enakomerno porazdelitev vlažnosti celotne kompostne mešanice (Vuk,1998).

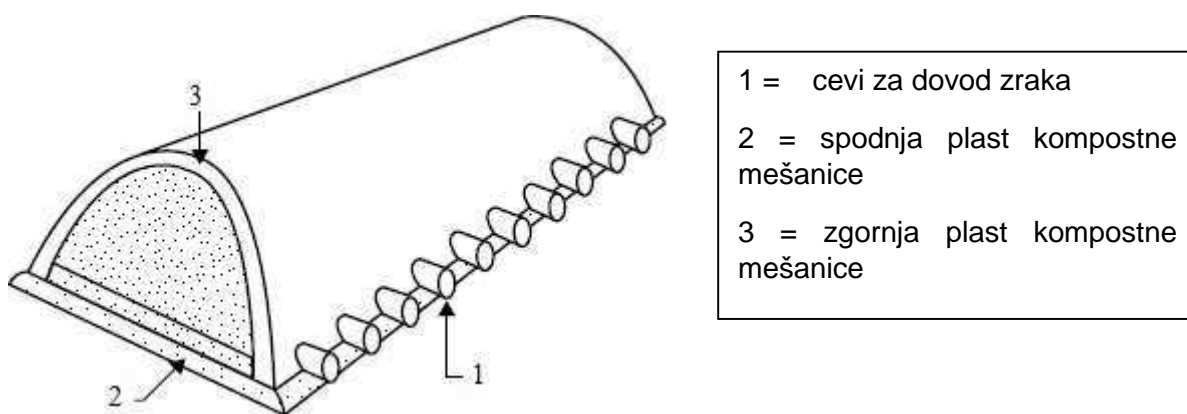


Slika 5: Kompostiranje v gredah, kjer se redno izvaja mešanje.

VIR: <https://www.pinterest.co.kr/pin/398216792028939786/>

2.9.3 Pasivno prezračevalne grede

Pri tem načinu aerobne obdelave biološko razgradljivih odpadkov ni mešanja kompostnega kupa. Zračenje je pasivno in poteka preko cevi, ki so nameščene v spodnjem sloju materiala. Spodnji sloj je sestavljen iz šote, maha, slame ali že pridelanega komposta. Ta plast mora biti porozna, zato da se lahko zrak, ki prehaja skozi cevi enakomerno, porazdeli po celotni površini kompostnega kupa. Sveži material za kompostiranje se nahaja na sredini. Vrhnja plast je sestavljena iz šotne mahovine ali že končnega komposta. Zgornja plast služi za zadrževanje neprijetnih vonjav, odvrča muhe in zadržuje vlago ter amonijak. Pri tej metodi je potrebna več dela za začetno postavitev kompostnih kupov. Treba je spremljati temperaturo in poroznost kompostne mešanice (Graves, 2000).



Slika 6: Shema pasivno prezračevanega kompostnega kupa.

VIR:

https://www.google.si/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwinjZiovNvbAhXMa1AKHUfyDVQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2Fpassive-aerated-windrow-Graves-et-al-2010_fig4_321276372&psig=AOvVaw2mwK6F5U0S-5r02TXtLD1M&ust=1529351436282846

2.9.4 Prezračevalne statične grede

Po zunanosti so prezračevalne statične grede enake kompostiranju v kupih. Glavna razlika je, da imajo prezračevalne statične grede ventilatorje za sesanje zraka iz kupa ali vpihovanje zraka v kup. Način, kjer se zrak sesa iz kupa, omogoča boljši nadzor vonjav. Pri načinu, kjer se zrak vpahuje, je treba zagotoviti čiščenje zraka z biofiltri, za zrak, ki prihaja skozi kup. Ventilatorji, ki se uporabljajo za prezračevanje, ne nudijo samo kisika, ampak se uporabljajo tudi za hlajenje. Delujejo lahko neprestano ali v intervalih. Prezračevalni statični kup ima dva sloja, ki sta podobna slojem pri pasivno prezračevalnih kupih. Namen spodnjega sloja je zagotavljanje zraka, ki se dovaja ali odvaja iz sistema. Spodnji sloj sestavlja slama ali leseni sekanci. Vrhnja plast je sestavljena iz že pridelanega komposta ali žagovine, da zadrži vonjave ter odvrča in zadrži vlago, amonijak in toploto (Graves, 2000).

2.9.5 Zaprti oz. kontejnerski postopki kompostiranja

- **KOMPOSTIRANJE V POSODI:** uporaba lesenih ali neuporabljenih posod s streho ali brez nje. Nekatere posode imajo prezračevalne sisteme. Kompostne mešanice, ki so v posodah, kjer ni prezračevalnega sistema, je potrebno redno mešati, da se zagotavljajo aerobne razmere (Graves, 2000).
- **KOMPOSTIRANJE V BOBNU:** uporablja se za kompostiranje manjših količin biološko razgradljivih odpadkov. Mešanica komposta je naložena v bobnu, ki se stalno ali periodično vrti. S pomočjo vodil, ki so na notranji strani bobna, kompostna mešanica pri obračanju potuje od vstopa proti izstopu iz bobna. Sveža kompostna mešanica tako vstopa v bobnen in nadomesti mešanico, ki je bobnen zapustila. Skupaj z vstopom pripravljene mešanice se v bobnen dovaja svež zrak. Zaradi obračanja bobna se vstopna mešanica dobro homogenizira, zdrobi in konstantno prezračuje (Vuk, 1998).



Slika 7: Boben za kompostiranje manjših količin biološko razgradljivih odpadkov.

VIR: <http://kompostniki.com/sl/kompostniki-gaja/gaja-v-sliki.html>

2.10 Kakovost končnega produkta

Pridelovalec komposta ali digestata (pregnito blato, ki nastane pri anaerobni razgradnji) na podlagi nadzora o kakovosti razvrsti v 1. ali 2. razred kakovosti. Če komposta ali digestata ni mogoče uvrstiti v 1. ali 2. kakovostni razred je kompost ali digestat odpadek. Uporaba komposta ali digestata 1. razreda kakovosti je dovoljena na kmetijskih zemljiščih za vnos v ali na tla. Kompost ali digestat 2. razreda kakovosti se uporablja za nekmetijske namene (razen če s posebnimi predpisi, ki urejajo vodovarstvena območja, ni določeno drugače), in sicer za (Uredba o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata Ur. l. RS, št. 99/13 in 56/15):

- gnojenje okrasnih rastlin v vrtnarijah in drevesnicah, izboljšavo tal v parkih, na zelenicah ali površinah za šport, rekreacijo ali prosti čas,
- rekultivacijo glinokopov, kamnolomov, degradiranih industrijskih območij ali opuščeni industrijskih površin,
- rekultivacijo odlagališč odpadkov,
- rekultivacijo zemljišč prometne infrastrukture in
- gradnjo biofiltra.



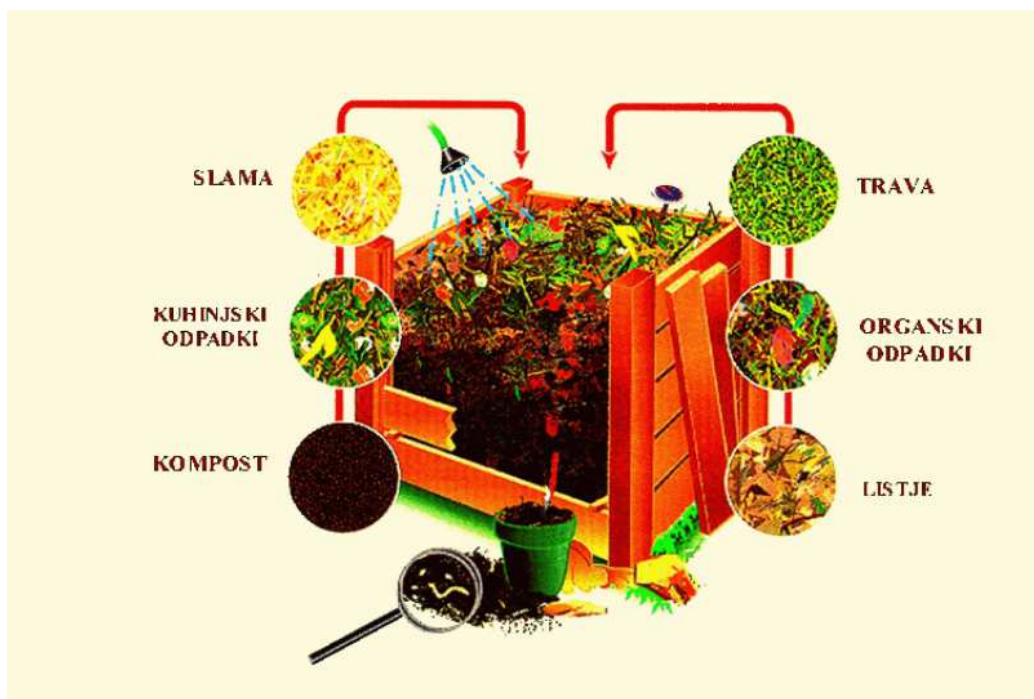
Slika 8: Končni produkt kompostiranja je kompost.

VIR:

<https://www.google.si/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwit8feb7ObbAhUlsKQKHbD2DCcQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fcurbit.cityofboise.org%2Fcomposting%2Fcompost-process%2F&psig=AOvVaw1U044TqGMQUtQu3W1LSqve&ust=1529742242691795>

2.11 Kompostiranje doma

S kompostiranjem ustvarjamo bogat kompost za travnik in vrt. Z dodajanjem komposta prsti dodajamo hranilne snovi in pomagamo ohranjati vlago v tleh. S kompostiranjem na domačem vrtu lahko porabimo 30 % gospodinjskih odpadkov. Za kompostiranje na domačem vrtu lahko uporabimo veje, stebila, posušene liste, koščke lesa, filtre za kavo in čaj. Vse to so snovi, ki so bogate z ogljikom ter dajejo kompostu lahkotno in puhasto strukturo. Z dušikom bogate so naslednje snovi: gnoj, ostanki hrane, trava in zeleni listi. To so surovine, ki omogočajo nastanek encimov. Če je v kompostnem kupu preveč dušika, se ustvarijo anaerobni pogoji, kar upočasni razgradnjo in ima lahko negativen vpliv. Kompostirati začnemo na golih tleh (n uporabimo prekrivnega materiala); tako bodo v kompostno mešanico prišli deževniki in drugi koristni organizmi. Za prvo plast uporabimo veje ali slamo; s tem naredimo drenažo in omogočimo prezračevanje kupa. Nato v sloje izmenično nalagamo suhe in mokre sestavine. Suhe sestavine so slama, listi in peleti žagovine, mokre pa ostanki hrane in čajne vrečke. Dodamo tudi zelene materiale (trava, listje). Z dodajanjem zelenega materiala v kompostni kup vnašamo dušik, kar pomeni aktivacijo samega postopka. Kompostni kup mora biti primerno vlažen, zato ga je treba z vodo škropiti. Če kompost ni pokrit, so občasne padavine dovolj. Vsakih nekaj tednov je treba kup premešati, saj tako omogočimo dostop zraka. Kisik je potreben za delovanje mikroorganizmov, ki so v kompostni mešanici (Medmrežje 3).



Slika 9: Snovi, ki jih lahko kompostiramo doma.

VIR: Lengar M., Kompostiranje, 2011

2.12 Postavitev kompostarne

Kompostarna je ekološki objekt, ki služi za spremembo biomase v uporabno snov. Pri postavitvi kompostarne je treba upoštevati lokacijo, bližino naselij, prostorske zahteve, transport, zgradbe, osebje, stroje in opremo ter vplive na okolje. Kompostarna mora imeti dovoz na cestno omrežje, izvor energije ter vir pitne vode in ustrezno notranjo infrastrukturo. Z zaščitno ogrado okrog kompostarne lahko rešimo problem hrupa, emisije neprijetnih vonjav, prahu, ter onemogočimo dostop nepooblaščenim osebam na območje kompostarne. Prostor, ki ga potrebujemo za kompostarno, je odvisen od količine surovin, ki jih želimo kompostirati, in izbrane metode kompostiranja. Količina surovin je odvisna od prispevnega območja (število prebivalcev, struktura poselitve). Izbira primerne metode kompostiranja določa nadaljnje postopke za izgradnjo kompostarne. Če izberemo trapezni ali ploskovni kup, bomo potrebovali manj specifične površine – prostora, kjer bodo kupi za kompostiranje. Večkratno obračanje kompostnega kupa omogoča optimalne pogoje za razgradnjo in pretvorbo organskih snovi v željen produkt kompostiranja – kompost. Poleg vsega naštetega je treba upoštevati tudi skladišča, pokrite prostore, prostore za osebje in dovozne poti. Površina prostora, na katerem želimo postaviti kompostarno, je odvisna od zelene stopnje predelave in časa. V primeru, da moramo povečati prostor, ker se je povečala količina vstopnih surovin, se praviloma poveča širina kompostarne, kar pomeni, da se doda en kup oz. greda za kompostiranje. Vse dejavnike je potrebno upoštevati pri načrtovanju kompostarne.

Proces kompostiranja je treba izvajati na utrjenih površinah, predvsem zato, da preprečimo onesnaževanje voda in tal. Treba je imeti tudi ustrezen odtok za izcedne vode, ki se nato ustrezno čistijo. Za zaščito okolice pred hrupom lahko kompostarno obdamo z ustreznimi protihrupnimi zaščitami. Pogosto imajo kompostarne tudi skladišče, kjer je en del namenjen shrambi strojev, drugi del pa skladiščenju surovin ali že pridelanega komposta. Strojna oprema za kompostiranje je odvisna od velikosti kompostarne in načina kompostiranja. V vsaki kompostarni za delo potrebujejo nakladalec (traktor), mešalec kupov, drobilec materiala in sejalnico komposta (Vuk, 1998).



Slika 10: Traktor s sprednjim nakladalcem.

VIR: Lasten, julij 2018.

2.13 Vpliv aerobne obdelave biološko razgradljivih odpadkov na okolje

Najpogostejši negativni vpliv aerobne obdelave biološko razgradljivih odpadkov so emisije neprijetnih vonjav. Pomembno je, da poznamo izvor neprijetnih vonjav, da lahko temu primerno ukrepamo. Vonj, ki nastaja na začetku proizvodnega procesa, v splošnem povzroča že sama narava vstopnih snovi. Vonj je lahko v plinastem agregatnem stanju ali vezan skupaj s prašnimi delci. Glavne snovi, ki povzročajo neprijeten vonj, so hlapne žveplove in dušikove spojine. Pojav neprijetnih vonjav je v večini izrazitejše prisoten v sistemih z anaerobno razgradnjo. Pri aerobni razgradnji nastaja neprijeten vonj pri razgradnji proteinov, ko v prvi fazi nastaja amonijak. Začetna sestava kompostne mešanice, koncentracija kisika, velikost delcev, vsebnost vlage in temperatura, vse to so dejavniki, ki vplivajo na pojav neprijetnega vonja v kompostarni. Za zmanjševanje in odstranjevanje neprijetnih vonjav so najbolj učinkoviti biofiltri. V njih so mikroorganizmi, ki razgradijo organske spojine neprijetnih vonjav. Večina neprijetnih vonjav, ki se sprosti med aerobno razgradnjo, so metabolični produkti. Za nosilec mikroorganizmov v biofiltrih se lahko uporablja šota (Graves, 2000).

Z ustreznimi tehničnimi postopki je emisije neprijetnih vonjav možno zmanjšati na minimum. Ukrepi za zmanjšanje emisij neprijetnih vonjav (Vuk, 1998):

- nadzorovano vodenje procesa, kar pomeni redno spremljanje vseh potrebnih parametrov za pravilno aerobno obdelavo biološko razgradljivih odpadkov,
- čiščenje zraka z biofiltri,
- prilagajanje postopka vremenskim razmeram – ustrezna razporeditev mešanj kompostnih kupov,
- preprečevanje raztrosa odpadkov in surovin med transportom ter
- zmanjšanje daljšega skladiščenja vstopnih surovin.

Pri procesu nastajajo izcedne vode. Lahko so notranje izcedne vode, ki nastanejo zaradi celične tekočine in stiskanja kompostne mase. Nastajajo tudi zunanje izcedne vode, ki nastopijo kot kondezati v fazi razkroja in precedne komponente v primeru, da na kompostni kup direktno vplivajo padavine. Padavinske vode je možno zmanjšati z izgradnjo nadstreškov ali z uporabo posebnih sintetičnih filcev, ki zadržujejo padavinsko vodo ter jo odvajajo, hkrati pa prepuščajo zrak in vlago v obe smeri. Za izcedne vode je možno uporabljati zbiralni bazen ter jih vračati nazaj v proces za vlaženje ali kot inokulacijo na začetku procesa. Najobičajnejši način je odvajanje izcednih voda in čiščenje skupaj s komunalnimi odpadnimi vodami na čistilnih napravah (Vuk, 1998).

3. PRAKTIČNI DEL

3.1 Podjetje OKP Rogaška Slatina, d. o. o.

1. 1. 1963 je nastala komunalna gospodarska organizacija: Obrtno komunalno podjetje. Nastala je z združitvijo samostojnih zavodov Komunalne uprave Šmarje pri Jelšah in Komunalnega zavoda Rogaška Slatina. Istega leta se je Obrtnemu komunalnemu podjetju priključilo obrtno podjetje Avtomehanične delavnice Rogaška Slatina. Od ustanovitve leta 1963 se je organiziranost podjetja spreminjala. Zadnja sprememba organiziranosti podjetja je bila leta 2012 z ustanovitvijo družbe OKP javnega podjetja za komunalne storitve Rogaška Slatina, d. o. o., katerega ustanoviteljice so občine: Rogaška Slatina, Šmarje pri Jelšah, Podčetrtek, Rogatec, Bistrica ob Sotli, Kozje in Poljčane. Podjetje za občine ustanoviteljice izvaja oskrbo s pitno vodo, odvajanje in čiščenje komunalnih ter padavinskih odpadnih voda, storitve, povezane z greznicami in malimi komunalnimi čistilnimi napravami, ter zbiranje in prevoz komunalnih odpadkov. Za občino Poljčane podjetje izvaja samo javno službo oskrbe s pitno vodo. V podjetju je zaposlenih približno 79 ljudi. Delovna področja podjetja (Medmrežje 4):

- oskrba s pitno vodo,
- odvajanje in čiščenje komunalnih in padavinskih odpadnih voda,
- zbiranje in prevoz komunalnih odpadkov,
- oskrba industrijskih porabnikov z vodo ter oskrba naselij s požarno vodo v javni rabi,
- vzdrževanje omrežja infrastrukturnih objektov in naprav, črpališč, čistilnih naprav, zbirnih centrov,
- izvajanje priključitev na javno omrežje infrastrukturnih objektov in naprav,
- projektiranje objektov komunalne rabe ter
- druge dejavnosti, ki dopolnjujejo izvajanje gospodarske javne službe.

3.2 Zbirni center Tuncovec

Zbirni center Tuncovec se nahaja v Rogaški Slatini v naselju Spodnje Sečovo. Namenjen je predelavi odpadkov iz gospodinjstev. Zbirni center je v celoti ograjen ter opremljen z vso potrebno komunalno infrastrukturo, ki ustreza okoljevarstvenim zahtevam. Zbirajo se ločene frakcije odpadkov v zato pripravljene in ustrezno označene kontejnerje različnih prostornin. Kontejnerji se nahajajo na vodotesni asfaltni podlagi. Del površine je namenjen pripravi materialov za ponovno uporabo, ki se izvaja v zgradbi Centra ponovne uporabe. Odpadna električna in elektronska oprema se zbira v namenskem prostoru z nadstrešnico, kjer so označeni kontejnerji za posamezne kategorije ločenih frakcij odpadne električne in elektronske opreme. Nevarni odpadki se zbirajo v posebnem kontejnerju za nevarne odpadke, ki je lociran na betonski ploščadi in ima vgrajeno lovilno posodo. Namenjen je individualnemu dovozu nevarnih odpadkov iz gospodinjstev. Mešani komunalni odpadki se po zbiranju s smetarskimi vozili na prispevnem območju podjetja (občine ustanoviteljice razen občine Poljčane) nalagajo v kontejner ter nato odpeljejo na nadaljnjo predelavo. Za mešano embalažo velja enako. Biološko razgradljivi odpadki se po zbiranju s smetarskim vozilom pripeljejo na severni del zbirnega centra, kjer se nahaja kompostarna. Tam se skladiščijo pod nadstreškom, kjer se jih pripravi za aerobno obdelavo (Interno gradivo podjetja OKP Javno podjetje za komunalne storitve Rogaška Slatina, d. o. o, 2015).



Slika 11: Posnetek Zbirnega centra Tuncovec iz zraka.

VIR: https://www.okp.si/galerija/jsnaga_galerija/IMG_2659.jpg

Tabela 1: Vrste odpadkov, ki se ločeno zbirajo v Zbirnem centru Tuncovec.

VIR: Načrt ravnanja z odpadki, 2015

KLASIFIKACIJSKA ŠTEVILKA ODPADKA	NAZIV ODPADKA
15 01 01	Papirna in kartonska embalaža
20 01 01	Papir in karton
15 01 07	Steklena embalaža
20 01 02	Steklo
15 01 02	Plastična embalaža
20 01 39	Plastika
20 01 40	Kovine
15 01 04	Kovinska embalaža
20 01 38	Les, ki ni naveden pod 20 01 37
15 01 03	Lesena embalaža
20 01 10	Oblačila
20 01 11	Tekstil
20 01 25	Jedilno olje in maščobe
20 01 28	Barve, tiskarske barve, lepila in smole, ki niso navedeni pod 20 01 27
20 01 30	Čistila, ki niso navedena pod 20 01 29
16 06 05	Druge baterije in akumulatorji
20 01 35*	Zavržena električna in elektronska oprema, ki vsebuje nevarne snovi in ni navedena pod 20 01 21 in 20 01 237
20 01 36	Zavržena električna in elektronska oprema, ki ni navedena pod 20 01 21, 20 01 23 in 20 01 35
20 01 23*	Zavržena oprema, ki vsebuje klorofluorogljike
20 03 07	Kosovni odpadki
17 01 07	Mešanice betona, opek, ploščic in keramike, ki niso navedene pod 17 01 06
16 01 03	Izrabljene gume
20 01 19*	Pesticidi
15 01 06	Embalaža
15 01 10*	Embalaža, ki vsebuje ostanke nevarnih snovi ali je onesnažena z nevarnimi snovmi

3.3 Odpadki za aerobno obdelavo

Aerobna obdelava biološko razgradljivih odpadkov se izvaja za občane na območju UE Šmarje pri Jelšah (občine Šmarje pri Jelšah, Rogatec, Rogaška Slatina, Podčetrtek, Kozje in Bistrica ob Sotli). Območja vseh občin so pretežno ruralna. Rogaška Slatina, Šmarje pri Jelšah in Podčetrtek predstavljajo občine, ki imajo večje poselitvene centre. Ločeno zbiranje biološko razgradljivih odpadkov v tipske posode je obvezno za gospodinjstva v stanovanjskih blokih ter gospodinjstva v individualnih stanovanjskih objektih, kjer ne morejo kompostirati na lastnem vrtu (Poslovník za obratovanje kompostarne, 2015).

Vrste biološko razgradljivih odpadkov, ki jih v Zbirnem centru Tuncovec uporabljajo za obdelavo:

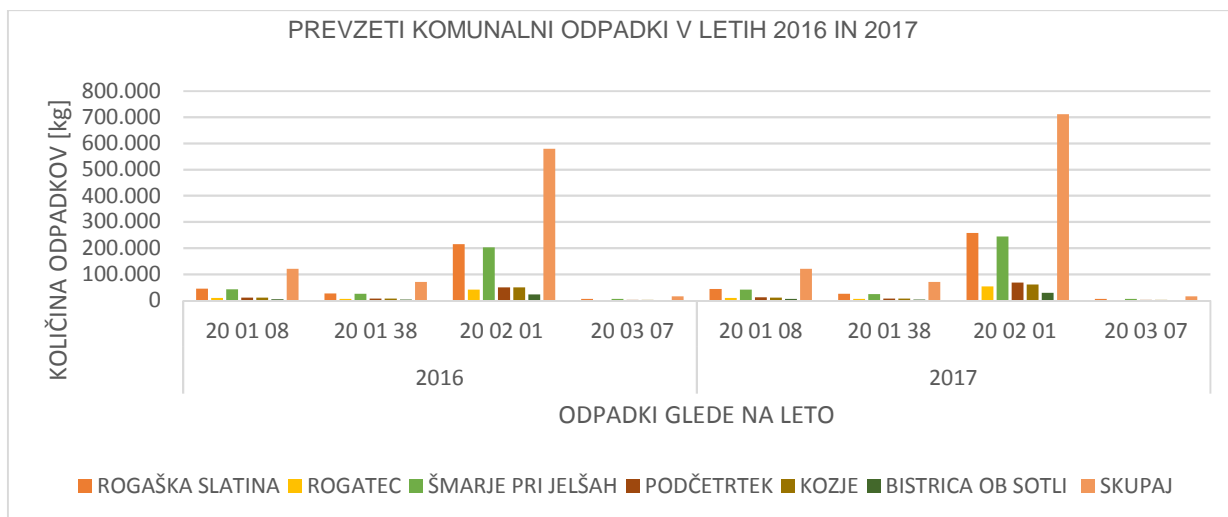
- 20 01 38 – les, ki ni naveden pod 20 01 37,
- 20 02 01 – biorazgradljivi odpadki,
- 19 08 05 – mulji iz čistilnih naprav komunalnih odpadnih voda,
- 20 03 07 – kosovni odpadki in
- 20 01 08 – biorazgradljivi kuhinjski odpadki.

3.4 Količina prevzetih odpadkov za aerobno obdelavo v letih 2016 in 2017

Tabela 2: Količina prevzetih odpadkov za aerobno obdelavo v letih 2016 in 2017 (v kg) po občinah.

VIR: Poročilo o obdelavi odpadkov za leti 2016 in 2017

OBČINA	2016				2017			
	20 01 08	20 01 38	20 02 01	20 03 07	20 01 08	20 01 38	20 02 01	20 03 07
ROGAŠKA SLATINA	44.508	25.963	214.867	5.562	43.464	25.354	257.684	5.433
ROGATEC	8.436	4.921	40.726	1.055	9.012	5.257	53.429	1.127
ŠMARJE PRI JELŠAH	41.880	24.430	202.181	5.235	41.160	24.010	244.024	5.144
PODČETRTEK	10.332	6.027	49.879	1.292	11.412	6.657	67.658	1.426
KOZJE	10.236	5.971	49.415	1.280	10.164	5.929	60.259	1.271
BISTRICA OB SOTLI	4.608	2.688	22.246	576	4.788	2.793	28.386	599
SKUPAJ	120.000	70.000	579.314	15.000	120.000	70.000	711.440	15.000



Graf 1: Količina prevzetih komunalnih odpadkov v letih 2016 in 2017 po občinah.

VIR: Poročilo o obdelavi odpadkov za leti 2016 in 2017.

V zgornji tabeli in grafu je prikazana količina prevzetih komunalnih odpadkov ter njihova vsota, ki se uporablja za proces aerobne obdelave odpadkov. Podatki so za leti 2016 in 2017. Razvidno je, da največ odpadkov nastane v občini Rogaška Slatina, ki je največja občina po številu prebivalcev na tem območju. V sredini leta 2014 je po podatkih SURS-a v Rogaški Slatini živel 11.000 ljudi (Medmrežje 5). Druga največja občina po številu prebivalcev je občina Šmarje pri Jelšah, kjer je po podatkih SURS-a, leta 2014 živel 10.025 ljudi (Medmrežje 6). V obeh občinah je nastalo največ biorazgradljivih odpadkov pod klasifikacijsko številko 20 02 01, najmanj pa kosovnih odpadkov (20 03 07). V občinah Rogatec, Kozje, Bistrica ob Sotli in Podčetrtek je nastalo manj odpadkov kot v občinah Šmarje pri Jelšah in Rogaška Slatina, vendar je količina odpadkov v letu 2017 večja kot v letu 2016.

Prevzeto blato iz čiščenja komunalnih odpadkov v letih 2016 in 2017 (Poročilo o obdelavi odpadkov v letih 2016 in 2017):

- 2016: 1.400.000 kg
- 2017: 1.400.000 kg.

3.5 Aerobna obdelava biološko razgradljivih odpadkov v zbirnem centru Tuncovec

3.5.1 Zbiranje, odvoz in sprejem biološko razgradljivih odpadkov

Uporabnik na dan odvoza na odjemno mesto do 6.00 zjutraj postavi zabojnik za biološko razgradljive odpadke. Zabojnik delavec podjetja vizualno pregleda; v primeru večjih nepravilnosti, kot so močan smrad, viden pojav insektov ali druge nečistoče, se napiše list o nepravilnem ločevanju odpadkov. Nato sledi izpraznitev zabojnika v vozilo za transport odpadkov ter odvoz v kompostarno. Pripeljana tovorno vozilo z odpadki se ustavi na vhodni kontroli, kjer se odpadki stehtajo. Odpadki se nato odpeljejo na zbirno mesto v kompostarno, kjer se tovornjak izprazni. Vsi odpadki, ki ne sodijo med biološko razgradljive odpadke, se med celotnim procesom od sprejema do same obdelave sproti izločajo in ločujejo glede na vrsto odpadka. Biološko razgradljivi odpadki se začasno skladiščijo pod nadstreškom. Tam se delno posušijo in odcedijo. Na dnu asfaltirane površine so vgrajeni ustrezni jaški za zajem izcednih vod, ki se vodijo v biološko čistilno napravo. Sprejemni del za biološko razgradljive odpadke je ločen od ostalih delov kompostarne, saj se tako poskrbi, da ne pride do kontaminacije zrelega komposta s svežim biološkim materialom (Poslovnik za obratovanje kompostarne, 2015).



Slika 12: Izpraznitev biološko razgradljivih odpadkov pod nadstrešek.

VIR: Lasten, julij 2018

3.5.2 Priprava kompostne mešanice

Odpadki se zmeljejo v drobilcu proizvajalca Farmi CH 260FH, nečistoče se izločijo na situ za grobo sejanje s fiksno določenimi luknjicami velikosti 10 mm. Na ta način se iz nadaljnega procesa izločijo vsi delci, ki so večji od 12 mm. Kontrola velikosti delcev po situ je kritična kontrolna točka. Luknjice na situ velikosti 10 mm ne prepuščajo večjih delcev. Odpadke se razvrsti v ustrezne zabojnike v zbirnem centru. Po izvedenem sejanju se s pomočjo traktorja z nakladačem kompostna mešanica prestavi na aktivni del kompostiranja. Nevtralizacija ali aktivno zorenje komposta iz biološko razgradljivih odpadkov se izvaja s formiranjem kompostnih gred na odprti utrjeni asfaltni ploščadi – depoju za kompostne grede. Pripravljena kompostna mešanica se formira v prvo gredo, ki je trapezne oblike in je dolga 20 metrov, široka dva metra pri tleh, en meter na vrhu in je visoka približno en meter. Ko je greda formirana, se izvaja periodično mešanje gred z mešalcem komposta. Zadnja greda predstavlja končno zorenje in stabilizacijo komposta. Na ploščadi za kompostiranje je možno pripraviti največ pet kompostnih gred. Gredo za kompostiranje pripravijo tako (Poslovnik za obratovanje kompostarne, 2015):

- **PRVA PLAST:** strukturni material – sekanci,
- **DRUGA PLAST:** mulji iz čistilnih naprav komunalnih odpadnih voda – 19 08 05,
- **TRETJA PLAST:** strukturni material – sekanci,
- **ČETRТА PLAST:** biološko razgradljivi odpadki.

Strukturni material predstavljajo sekanci, ki jih pridobijo z mletjem lesa v zbirnem centru; skladišči se na odprti ploščadi. Pri izvedbi aerobne obdelave biološko razgradljivih odpadkov je treba pozornost nameniti prilagajanju same obdelave (mešanje kompostnih kupov) ter preprečevanju raztrosa materiala med transportom.



Slika 13: Prvi dve plasti kompostnega kupa (strukturni material in mulji iz čistilnih naprav komunalnih voda).

VIR: Lasten, september 2017



Slika 14: Mletje lesa – nastane strukturni material.

VIR: Lasten, september 2017

3.5.3 Aerobna obdelava – kompostiranje

Kompostiranje poteka tako, da se v obdobju treh tednov zagotavlja visoka stopnja biotske aktivnosti pri temperaturi v termofilnem območju, pri primernih razmerah glede vodnih in zračnih lastnosti kot vsebnosti hranil ter njihovega medsebojnega razmerja. Kompost se kompostira pri temperaturi od 55-70 °C. V zimskem času se kompostiranje izvaja normalno, seveda je zaradi nižje temperature okolja proces upočasnen. Ves čas kompostiranja se zagotavlja ustrezno merjenje temperature in vlage v kompostu. Merjenje temperature se izvaja s pomočjo sond, ki kontinuirano merijo temperaturo. Sonde so nameščene v sredini kompostnega kupa in na obeh koncih. Podatki se ustrezno shranjujejo. V prvih 3–4 tednih je kompostne kupe treba premešati 4- do 6-krat. Celotna faza kompostiranja traja okoli šest tednov, kar je odvisno od vremena in zunanje temperature. Približno trije tedni so namenjeni aktivni fazi, kar predstavlja razgradnjo, v preostalem času se kompost ohlaja, stabilizira in dozori (Poslovnik za obratovanje kompostarne, 2015).

FAZE KOMPOSTIRANJA (Poslovník za obratovanje kompostarne, 2015):

- **1. faza:** traja 3–4 tedne, pri temperaturi 55–70 °C poteka aerobna razgradnja lažje razgradljivih organskih snovi. V tej fazi se zmanjša volumen vstopne snovi. Nastane surovi kompost.
- **2. faza:** traja 1 teden. Gre za fazo presnove in razgradnje težje razgradljivih organskih snovi. Nastane sveži kompost.
- **3. faza:** traja 1 teden, poteka sinteza novih huminskih snovi, nastane zreli kompost.



Slika 15: Formirane kompostne grede, ki so že v zaključni fazi kompostiranja.

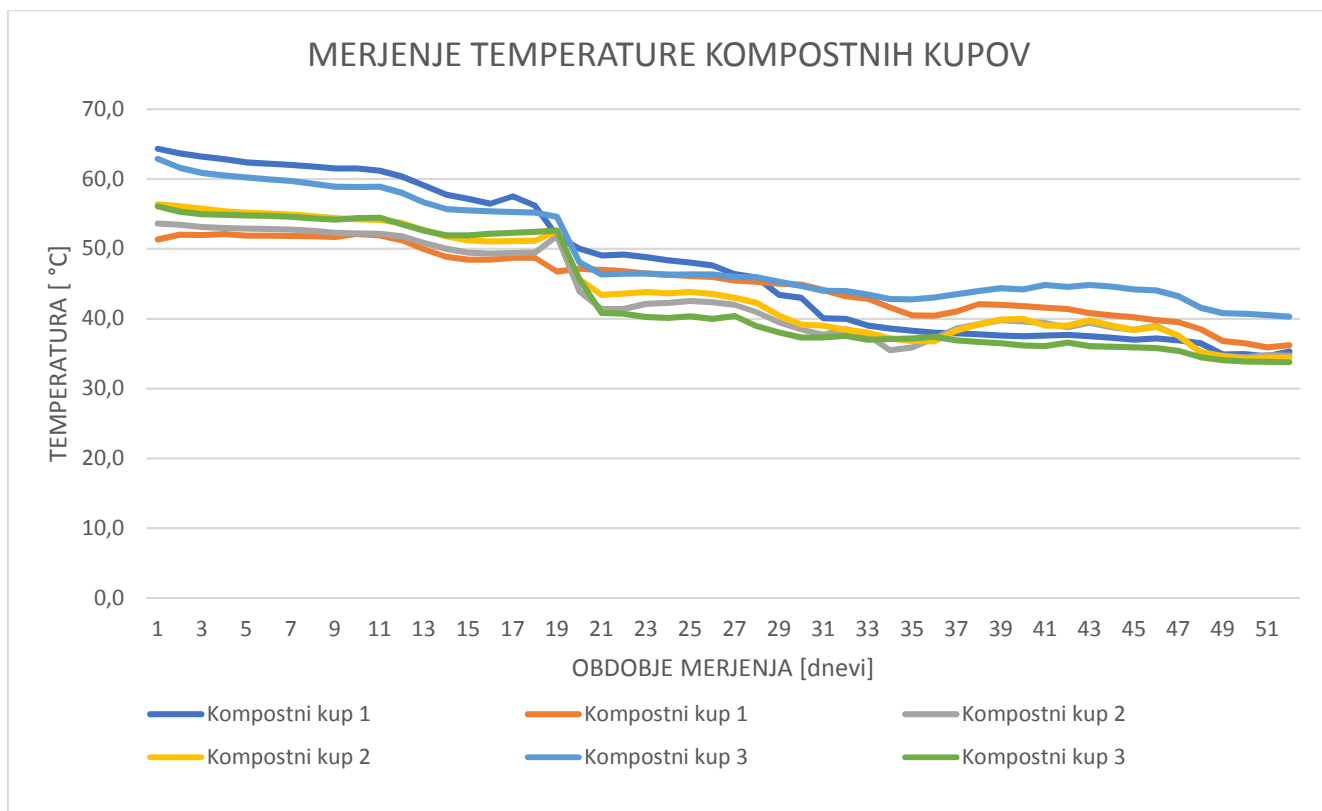
VIR: Lasten, september 2017

3.5.4 Merjenje temperature in vlažnosti kompostnega kupa

Podrobnejša navodila za izvedbo meritev (Uredba o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata Uradni list RS, št. 99/13 in 56/15):

- Meritev temperature: temperatura se meri v sredici kope, najmanj 30 cm nad podnožjem kope in 30 cm pod površino kope, – pri kontinuirnem merjenju temperature s sondo za merjenje temperature z računalniško podprtim zapisovanjem rezultatov med higienizacijo se meritve izvajajo v obdobju 10 ali 14 zaporednih dni, pri diskontinuirnem merjenju temperature s sondo med higienizacijo se dnevno izvede najmanj ena meritev v časovnem obdobju 14 zaporednih dni – po končani higienizaciji se temperatura meri najmanj enkrat tedensko, dokler dve zaporedni meritvi ne izkazujeta temperature, nižje od 40 °C, pri zaprtem kompostiranju se temperatura lahko meri s pomočjo merjenja temperature izhodnega zraka in preračunom po matematičnem modelu.
- Meritev vsebnosti vode in ocenjevanje vlažnosti: meritev vsebnosti vode je treba izvajati kontinuirano s senzorji v biološko razgradljivih odpadkih ali v odpadnih plinih. Vlažnost biološko razgradljivih odpadkov se oceni s poskusom s pestjo vsaj enkrat tedensko in ob merjenju temperature in se opredeli kot presuho, dobra vlažnost ali premokro.

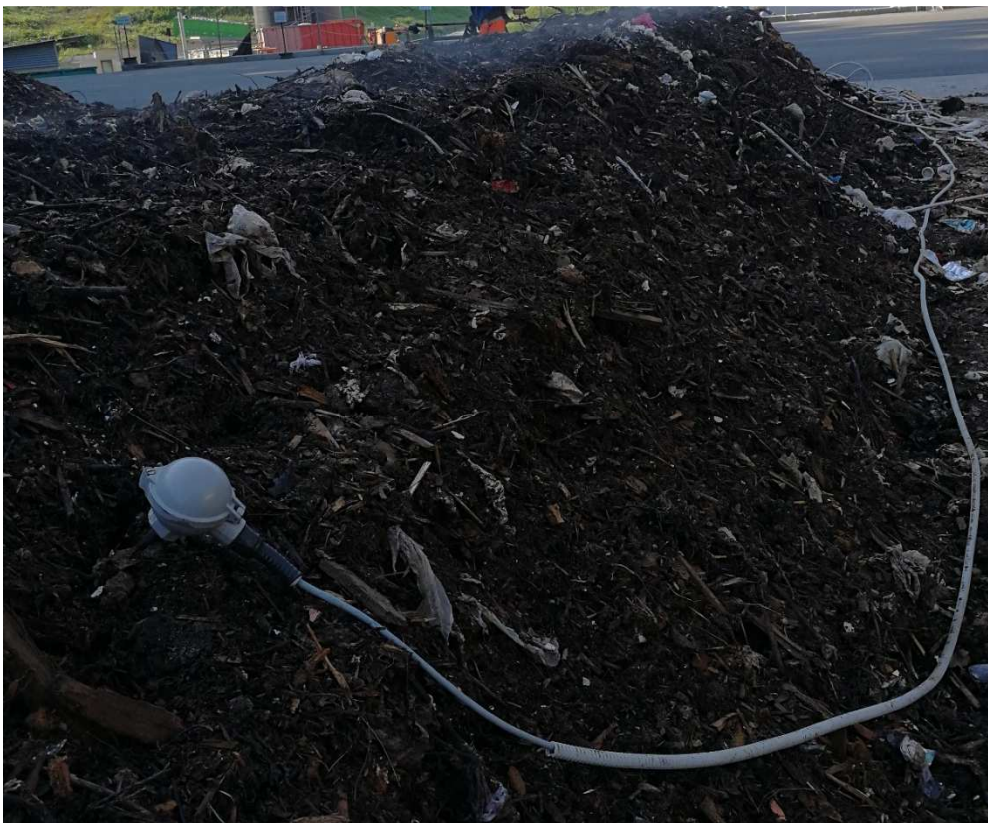
Ključni parametri pri pridobivanju komposta so razmerje ogljika in dušika, vlaga, kisik ter temperatura. V začetni fazi obdelave – fazi razgradnje mora temperatura kompostnega kupa doseči 70 °C za najmanj teden dni. Pri takšni temperaturi se material ustrezno higienizira. Uničijo se patogeni mikroorganizmi in semena plevelov. Temperatura kasneje pade na 40 °C. V zadnji fazi obdelave – fazi zorenja se temperatura kompostnega kupa prilagaja zunanji temperaturi. Merjenje temperature se izvaja s pomočjo merilnih sondnih termometrov. Izmerjene temperature se avtomatizirano beležijo in shranjujejo. Nad termometri se izvaja periodična kontrola in kalibracija, ki poteka enkrat v obdobju dveh let. Kalibracijo izvede za to pooblaščen podjetje. Vlažnost kompostnega materiala se kontrolira sproti. V primeru, da je material suh, ga ovlažijo z odvečnimi izcednimi vodami iz kompostne mase. Če je material preveč moker, se dodaja strukturen material (sekanci, žagovina, zrel kompost). Vsebnost vlage mora biti na začetku obdelave med 55 in 60 % (Poslovník za obratovanje kompostarne, 2015).



Graf 2: Merjenje temperature kompostnih kupov.

VIR: Interno gradivo podjetja, OKP Rogaška Slatina, d.o.o., 2016.

Graf 2 prikazuje merjenje temperature treh kompostnih kupov za obdobje 51 dni. Iz grafa je razvidno obdobje intenzivne razgradnje na začetku, kar vidimo po visoki temperaturi, ki je višja od 60 °C. Obdobje intenzivne razgradnje traja med 15 in 17 dni. Sledi obdobje hlajenja, stabilizacije in zorenja komposta. Med 17 in 23 dnem se je izvajalo mešanje kompostnih kupov, kar je razvidno iz padca temperature. Med mešanjem se sonde za merjenje temperature odstranijo, saj se lahko med postopkom mešanja poškodujejo. Po mešanju sledi faza zorenja kompostnih kupov, kjer se temperatura počasi izenačuje s temperaturo okolja. Po približno 52 dneh je kompost tako zrel (temperatura znaša okoli 30°C) in pripravljen za sejanje.



Slika 16: Sonde za merjenje temperature, ki se nahajajo na treh mestih po celotni dolžini kompostnega kupa.

VIR: Lasten, julij 2018

3.5.5 Sejanje in uporaba končnega produkta

Ko je kompost zrel (temperatura kompostnega kupa je nizka), je pripravljen na sejanje. Tako nastane končni produkt kompostiranja, ki mu pravimo fina frakcija. Kompostu se redno preverja kakovost v skladu z veljavno uredbo. Presejan kompost uvrščajo v drugi kakovostni razred. Meritve parametrov izvaja oseba, ki je pridobila pooblastila za izvajanje meritev parametrov komposta. Vzorčenje se izvaja dvakrat letno. Kompost ni namenjen prodaji, temveč ga uporabljajo kot pokrivni material na odlagališču (Poslovník za obratovanje kompostarne, 2015).



Slika 17: Sejalnica komposta.

VIR: Lasten, julij 2018



Slika 18: Presejan kompost.

VIR: Lasten, julij 2018

V letu 2016 je bilo pridelanega več komposta kot v letu 2017.

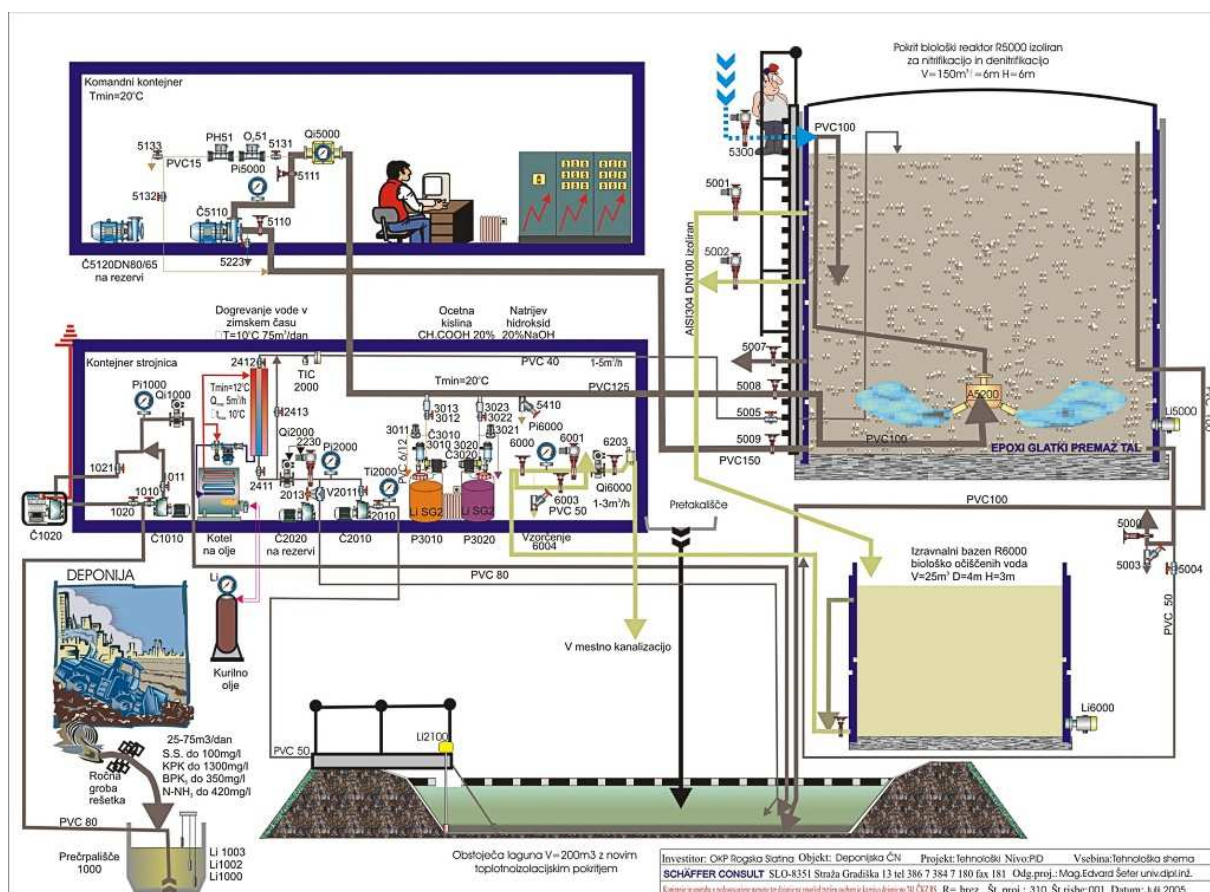
- 2016 = 2.157 ton
- 2017 = 2.109 ton

3.6 Vpliv kompostiranja na okolje

Pri obratovanju kompostarne so pričakovane emisije prahu, hlapnih organskih spojin in vonjav pri transportu in razkladanju odpadkov, drobljenju odpadkov ter med samim procesom aerobne obdelave biološko razgradljivih odpadkov. Nastajajo tudi izcedne vode in ogljikov dioksid. Pri obratovanju drobilca, traktorja in transportnih vozil za prevoz odpadkov nastajajo emisije hrupa. Nastajajo tudi odpadne izcedne vode, ki se odvajajo v čistilno napravo. V izogib neprijetnim vonjavam je potrebno dosledno izvajanje postopka aerobne obdelave, redno mešanje in prezračevanje kompostnega kupa, pokrivanje kompostnih kupov z ustreznimi pokrivali ter dodajanje večjih količin strukturnega materiala. Za preprečevanje onesnaževanja podzemnih voda in tal je poskrbljeno z zatesnitvijo tal z asfaltno površino, ki je obdana z betonskimi robniki. Urejen je nepropustni kanalizacijski sistem za odvod odvečnih izcednih voda in zbirni bazen, v katerega se zbirajo izcedne tehnološke vode. Zagotovljeno mora biti pravilno skladiščenje odpadkov, ki se bodo kompostirali, preprečiti je treba tudi raznašanje odpadkov v okolico. Kompostarna med delovanjem in po prenehanju obdelave odpadkov nima in ne bo imela negativnih vplivov na okolje. Na območju kompostiranja se izvaja higienski nadzor nad sprejemom odpadkov v kompostiranje, objekti in napravami kompostarne, nad izvajanjem tehnološkega postopka kompostiranja in higienizacije komposta, nad skladiščenjem komposta, čiščenjem objektov in naprav ter nad osebno higieno zaposlenih. Plan dezinfekcije in deratizacije je izdelalo pooblaščen podjetje – Veterinarska postaja Šmarje pri Jelšah. Notranji nadzor nad deratizacijo poteka v smislu pregledovanja vab (če so vabe uničene ali nagrižene), ki poteka enkrat tedensko in ga opravi strojnik. Pregleda se količina sredstva v vabah in stanje ohišja vab. V primeru odstopanj (prazne ali uničene vabe) se le-te zamenjajo. Za izvajanje higienskega nadzora je zadolžen vodja kompostarne. Objekti in naprave kompostarne morajo biti redno čiščeni in razkuženi (Načrt ravnanja z odpadki – kompostarna Tuncovec, 2015).

3.6.1 Čiščenje odpadnih vod

V okviru obratovanja kompostarne nastajajo odpadne vode iz kompostarne in onesnažene padavinske vode iz manipulativnih površin. Odpadne vode se vodijo v zbirni bazen izcednih vod, od tam se vodijo na tehnološko čistilno napravo, ki deluje v okviru Zbirnega centra Tuncovec. Čistilna naprava je zasnovana tako, da zmore največjo hidravlično obremenitev 75 m³/dan. Izcedne vode se zbirajo in kvalitetno ter količinsko izravnava v izravnalni laguni, ki je prekrita s plavajočim prekritjem, tako se prepreči ohlajanje vode, saj mora biti temperatura vode vsaj 12 °C, da poteče nitrifikacija. Iz izravnalne lagune, katere volumen meri 200 m³, se voda preko toplotnega izmenjevalca prečrpa v reaktor za biološko čiščenje. Naprava temelji na SBR-reaktorju. Reaktor omogoča avtomatsko prilagajanje hidravličnim in organsko kemijskim obremenitvam. SBR-reaktor se enakomerno polni, pri tem se odpadna voda meša z biomaso ob zadostnem prezračevanju. Na takšen način pridemo do oksidacije amonijaka do nitratov – nitrifikacija, nato sledi razgradnja nitratov do dušika in kisika – denitrifikacija. V vodi ni dovolj hrane za mikroorganizme, zato se jim le-ta dodaja v obliki očetne kisline (Poslovnik za obratovanje kompostarne, 2015).



Slika 19: Shema delovanja biološke čistilne naprave za predčiščenje odpadnih vod iz kompostarne Tuncovec.

VIR: https://www.okp.si/galerija/cn_tuncovec/TP_tuncovec050915

Čistilna naprava lahko na dan očisti do 75 m³/ dan izcednih voda – z zmanjšano učinkovitostjo in do 25 m³/ dan. Maksimalna predpisana učinkovitost (75% biološka razgradljivost, amonijev dušik pod 200 mg/l). Čistilna naprava čisti onesnažene padavinske vode iz manipulativnih površin in izcedne vode iz kompostarne. Očiščene vode se iztekajo v kanalizacijo od koder se stekajo na Čistilno napravo Rogaška Slatina.

Tabela št. 3.: Kazalniki obratovanja

Zmogljivost CN	Očistiti do 75 m ³ /dan izcedne vode – z zmanjšano učinkovitostjo in do 25 m ³ /dan – z maksimalno predpisano učinkovitostjo (75 % biološka razgradljivost, amonijev dušik pod 200 mg/l).										
Vode, ki se čistijo:	Izcedne vode odlagališča Tuncovec										
	Leto										Normativ za izpust v kanalizacijo
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Indeks 15/14	
Količina iztoka iz CN (očiščena voda) – m ³	6.000	7.527	5.364	5.950	3.628	5.262	6.294	8.638	6.263	0,73	
	Iztok (mg/l)										
Nerazto. snovi	59,5	44,3	88	37,8	34,5	47,3	31,5	29,4	18,0	0,61	
Usedljive snovi	0,1	0,06	0,13	0,16	0,1	0	0,1	0,1	0,1	1,00	10 ml/l
Amonijev dušik	21,32	0,75	1,06	1,06	8,9438	1,975	0,4938	0,5	1,0	2,00	200 mg/l
Sulfid	0,01	0,01	0,017	0,018	0,0238	0,0138	0,0175	0,009375	0,01	1,06	2 mg/l
Celotni ogljikovodiki	0,1	0,125	0,1	0,1	0,0536	0,0563	0,05	0,05625	0,1	1,77	20 mg/l
Kadmij	0,0005	0	0	0	0	0	0	0	0,0003	-	0,1 mg/l
Zivo srebro	0,0005	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0	0	0	0,00015	-	0,01 mg/l
Baker	0,0225	0,021	0,025	0,014	0,015	0,0173	0,0178	0,0131	0,0107	0,81	0,5 mg/l
Cink	0,2125	0,1075	0,142	0,1	0,1513	0,32	0,225	0,115	0,10	0,86	2mg/l
KPK	484,3	480,8	595,5	478	395	545,3	442,5	547,5	270	0,49	
BPKs	32,5	27	32,5	33,5	32,5	53,3	39	13,25	11,5	0,86	
Nikelj	0,115	0,063	0,081	0,052	0,0808	0,0888	0,07	0,07275	0,042	0,57	0,5 mg/l
Svinec	0,0475	0,0233	0,037	0,017	0,0105	0,0055	0,0098	0,01335	0,0046	0,34	0,5 mg/l
AOX	0,3668	0,3675	0,457	0,275	0,2875	0,3225	0,255	0,2875	0,1375	0,48	
Celotni fosfor	5,00	0	3,45	1,725	2,775	4,55	5,65	6,15	4,35	0,70	
Nitratni dušik	269,0	252,75	388,2	326,15	326,25	221,5	255,0638	189,75	126,0	0,66	
Celotni krom	0,19	0,063	0,257	0,144	0,1956	0,1925	0,124	0,139	0,0727	0,52	0,5 mg/l
Klond	496,5	/	509,25	469,98	460,75	497,85	642,5	520	267,5	0,51	
Lahkohlapni arom. CH	0,005	0,005	0,001	0,005	0,003	0,003	0	0	0,005	-	0,5 mg/l
Biološka razgradljivost	22,5 %	29,70%	27,50%	22,50%	30,00%	40,00%	14%	21%	23%	1,09	>50 %
Benzen	0,0025	0,001	0,001	0,001	0	0	0	0	0,004	-	
Toluen	0,0025	0,001	0,001	0,001	0	0	0	0	0,005	-	

Vir: Poročila o rezultatih obratovalnega monitoringa

Slika 20: Kazalniki obratovanja čistilne naprave Tuncovec od leta 2007 do leta 2015.

VIR: https://www.okp.si/cistilne_kcn.php

4. RAZPRAVA IN SKLEPI

4.1 Kakovost odpadkov

Kot sem omenila v uvodu diplomske naloge, sem 14 dni opazovala pripeljane biološko razgradljive odpadke. Beležila sem prisotnost nečistoč v pripeljanih biološko razgradljivih odpadkov. Osredotočala sem se predvsem na prisotnost plastičnih vrečk, ki lahko pri samem mešanju in sejanju kompostne mešanice povzročajo težave. Plastične vrečke se ovijajo okoli mešalca za mešanje komposta, kar pomeni, da delavec v kompostarni potrebuje več časa za mešanje, saj je treba mešalec večkrat očistiti. Prav tako se lahko težave pojavijo tudi pri sejanju komposta, kjer plastične vrečke padajo na sito in ga zamašijo, zato je potrebno večkratno čiščenje. Biološko razgradljive odpadke zbirajo po urniku odvoza v naslednjem tedenskem razporedu:

- PONEDELJEK: Rogaška Slatina,
- TOREK: Kozje, Bistrica ob Sotli, Podčetrtek, Šmarje pri Jelšah,
- SREDA: Šmarje pri Jelšah,
- ČETRTEK: Rogaška Slatina in
- PETEK: Rogaška Slatina, Rogatec, Šmarje pri Jelšah.

Tabela 3: Opazovanje biološko razgradljivih odpadkov in beleženje nečistoč.

VIR: Lasten, julij 2018

DATUM OPAZOVANJA	IN DAN	PRISOTNOST NEČISTOČ	MASA PRIPELJANIH ODPADKOV [kg]	KOLIČINA NEČISTOČ PRIPELJANIH ODAPDKIH	V
11.6	PON	Nečistoče prisotne	6110	30 vrečk	
12.6	TOR	Ni nečistoč	2720		
13.6	SRE	Ni nečistoč	3750		
14.6	ČET	Nečistoče prisotne	4260	15 vrečk in plastični lončki od rož	
15.6	PET	Ni nečistoč	4040		
18.6	PON	Nečistoče prisotne	5440	7 vrečk	
19.6	TOR	Ni nečistoč	3060		
20.6	SRE	Ni nečistoč	3220		
21.6	ČET	Nečistoče prisotne	4190	20 vrečk, pasji povodec	
22.6	PET	Ni nečistoč	2390		
3.7	TOR	Ni nečistoč	2800		
4.7	SRE	Ni nečistoč	3600		
5.7	ČET	Nečistoče prisotne	4280	25 vrečk	
6.7	PET	Nečistoče prisotne	2170	20 vrečk	

KRITERIJ ZA OCENO KAKOVOSTI PRIPELJANIH BIOLOŠKO RAZGRADLJIVIH ODPADKOV:

- 10 vrečk ali manj = malo prisotnih nečistoč
- 10 do 20 vrečk = srednje veliko prisotnih nečistoč
- 20 vrečk ali več = veliko prisotnih nečistoč



Slika 21: Pripeljani biološki odpadki, kjer ni prisotnih nečistoč.

VIR: Lasten, junij 2018

Biološko razgradljivi odpadki se v Zbirni center Tuncovec vozijo vsak dan po točno določenem urniku, kar je navedeno zgoraj. V ponedeljek in četrtek se v večini biološko razgradljivi odpadki pripeljejo dvakrat (veliko območje zbiranja). Pripeljane odpadke sem opazovala 14 delovnih dni, in sicer deset dni v juniju ter štiri dni v mesecu juliju. Ugotovila sem, da so odpadki razmeroma dobro ločeno zbrani. Nečistoče, predvsem plastične vrečke in razni plastični lončki z ostanki hrane, se v odpadkih pojavijo v večini takrat, ko so pripeljani z območja občine Rogaška Slatina in Rogatec, po mojem mnenju tudi zato, ker je v Rogaški Slatini v poletnem času veliko turistov predvsem v hotelih. V poletnem času je v pripeljanih odpadkih tudi več trave, listja in raznega vejevja od rezanja in urejanja živih mej ter zelenic. V drugih občinah, kjer zbirajo biološke odpadke, nečistoč ni prisotnih, tako da ljudje dobro ločujejo biološke razgradljive odpadke. Nečistoče ovirajo sam proces mešanja in sejanja komposta. Ljudem ter ostalim ustanovam, kjer nastajajo biološko razgradljivi odpadki, bi bilo po mojem mnenju treba večkrat na leto po pošti poslati navodila, kaj sodi v zabojnik za biološko razgradljive odpadke. Prav tako jih je treba informirati preko socialnih omrežij ter drugih medijev. Ostali odpadki, ki se uporabljajo so ločeno zbrani. Les se uporablja za izdelavo sekancev, tako pridobijo strukturni material za pripravo kompostnih gred. Del kosovnih odpadkov predstavlja tudi les, ki se ga izloči ter nato zmelje, ostale dele kosovnih odpadkov se odloži v zato namenjene zabojnike.

Iz Tabele 4 je razvidna tudi masa pripeljanih odpadkov v tistih dneh, ko sem jaz opazovala pripeljane odpadke v kompostarno Zbirnega centra Tuncovec. Nečistoče so prisotne v večini v tistih dneh, ko je tudi masa pripeljanih biološko razgradljivih odpadkov velika v primerjavi z drugimi dnevi. Majhna masa pripeljanih odpadkov se pojavi 6.7 (petek), vendar je prisotnih srednje veliko nečistoč (20 vrečk).



Slika 22: Zbrani biološki razgradljivi odpadki, v katerih so prisotne nečistoče – plastične vrečke.

VIR: Lasten, julij 2018.

4.2 Merjenje (ocenjevanje) vonjav in prahu

Pri obratovanju kompostarne se pričakuje emisije prahu, hlapnih organskih spojin in vonjav pri transportu in razkladanju odpadkov, pri drobljenju odpadkov ter pri aerobni razgradnji odpadkov. Za vrednotenje vplivov posega in sprejemljivosti obremenitev in sprememb okolja sta uporabljeni petstopenjski pozitivna in negativna vrednostna lestvica. Z njima se ocenjuje sprejemljivost pričakovanih sprememb in obremenitev posameznih sestavin okolja – ne gre za neposredno pretvorbo količinsko opredeljenih sprememb sestavin okolja v vrednostne ocene, ampak za ustrezno interpretacijo pričakovanih sprememb. Za nekatere sestavine okolja (zrak, voda) so določene mejne vrednosti, za ostale pa je ocena vpliva in sprejemljivosti stvar strokovne presoje izvajalca (Načrt ravnanja z odpadki – Kompostarna Tuncovec, 2015).

Tabela 4: Pozitivna in negativna vrednostna lestvica.

VIR: Načrt ravnanja z odpadki – kompostarna Tuncovec, 2015

POZITIVNA VREDNOSTNA LESTVICA		
+5	Zelo veliko izboljšanje stanja	Količinska in/ali kakovostna sprememba sestavine v okolju v smislu izboljšanja je zelo velika
+4	Veliko izboljšanje stanja	Količinska in/ali kakovostna sprememba sestavine v okolju v smislu izboljšanja je velika
+3	Zmerno izboljšanje stanja	Količinska in/ali kakovostna sprememba sestavine v okolju v smislu izboljšanja je zmerna
+2	Majhno izboljšanje stanja	Količinska in/ali kakovostna sprememba sestavine v okolju v smislu izboljšanja je majhna
+1	Neznatno izboljšanje stanja	Neznatna in/ali malo pomembna količinska in/ali kakovostna sprememba sestavine okolja v smislu izboljšanja stanja

0	Obstoječe stanje	Vpliva ni, nespremenjeno stanje
---	------------------	---------------------------------

NEGATIVNA VREDNOSTNA LESTVICA		
-1	Neznaten vpliv	Neznatna in/ali malo pomembna količinska in/ali kakovostna sprememba sestavine okolja
-2	Majhen vpliv	Količinska in/ali kakovostna sprememba sestavine okolja je majhna
-3	Zmeren vpliv	Količinska in/ali kakovostna sprememba sestavine okolja je zmerna
-4	Velik vpliv	Količinska in/ali kakovostna sprememba sestavine okolja je velika – je na meji dopustnega, vendar še sprejemljiva
-5	Nedopusten vpliv	Količinska in/ali kakovostna sprememba sestavine okolja presega zakonsko predpisane vrednosti in/ali je vpliv na sestavino okolja prevelik

Pričakovani vpliv emisij plinastih, tekočih ali trdnih snovi v zrak ocenjujejo z -3. Emisijske koncentracije izpušnih plinov vozil so odvisne od vrste vozil, tipa in vrste pogonskega goriva. Kakovost zraka zaradi izpušnih plinov bo glede na obstoječe stanje malo slabša, saj se je število tovornih vozil povečalo. Prisotni so tudi izpušni plini iz delovnih naprav na območju kompostarne (Načrt ravnanja z odpadki – Kompostarna Tuncovec, 2015).

4.3 Merjenje hrupa

V letu 2014 je podjetje KOVA, d. o. o., izvedlo meritve hrupa. Glavni viri hrupa v kompostarni so stroj za drobljenje lesa in mešanje komposta, traktor in vozila za dovoz odpadkov. Merilno mesto je bilo v smeri najbližjih stanovanjskih objektov (Strokovna ocena obremenitve okolja s hrupom, Kova, d. o. o., 2014).

Tabela 5: Rezultati meritev vrednosti kazalca dnevnega hrupa.

VIR: Strokovna ocena obremenitve okolja s hrupom, Kova, d. o. o., 2014

KAZALEC HRUPA	DNEVNEGA	Skupna ocenjena raven (dBA) L_{dan}	Mejna vrednost kazalca hrupa L_{dan} (dBA)
		54	58

Tabela 6: Rezultati meritev vrednosti kombiniranega kazalca hrupa.

VIR: Strokovna ocena obremenitve okolja s hrupom, Kova, d. o. o., 2014

KOMBINIRANI HRUPA	KAZALEC	Skupna ocenjena raven (dBA) L_{dvn}	Mejna vrednost kombiniranega hrupa L_{dvn} (dBA)
		51	58

Tabela 7: Mejne vrednosti kazalcev hrupa L_{dan} , $L_{noč}$, $L_{večer}$ in L_{dvn} , ki ga povzročata naprava ali obrat.

VIR: Strokovna ocena obremenitve okolja s hrupom, Kova, d. o. o., 2014

Območje varstva pred hrupom	L_{dan} dB(A)	$L_{večer}$ dB(A)	$L_{noč}$ dB(A)	L_{dvn} dB(A)
IV. območje	73	68	63	73
III. območje	58	53	48	58
II. območje	52	47	42	52
I. območje	47	42	37	47

Izmerjene vrednosti kazalcev hrupa so pokazale, da se merilno mesto nahaja v III. območju varstva pred hrupom. **III. območje varstva pred hrupom** je območje površin podrobnejše namenske rabe prostora na katerih je dopusten poseg v okolje, ki je manj moteč zaradi povzročanja hrupa in sicer (Strokovna ocena obremenitve okolja s hrupom, Kova, d. o. o., 2014):

- na območju stanovanj: površine podeželskega naselja,
- na območjih centralnih dejavnosti: osrednja območja,
- centralnih dejavnosti in druga območja centralnih dejavnosti,
- na posebnem območju: športni centri,
- na območju zelenih površin: za vse površine,
- na površinah razpršene poselitve,
- na območju voda: vse površine razen površine vodne infrastrukture in površin na mirnem območju na prostem.

4.4 Kakovost komposta

V skladu z naročilom je podjetje ERICO, d. o. o., opravilo nadzor kakovosti komposta ter uvrščanje komposta v določen razred kakovostni glede na parametre okoljske kakovosti. Obseg parametrov, ki so potrebni za uvrstitev komposta v kakovosti razred, je določen s tabelo 1 priloge 4 k Uredbi o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Ur. l. RS, št. 99/13). Obseg parametrov za nadzor kakovosti komposta je določen s tabelo 3, priloge 3 k Uredbi o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Ur. l. RS, št. 99/13). Meritve kakovosti komposta se izvajajo dvakrat letno.

Tabela 8: Obseg parametrov za uvrstitev komposta v kakovostni razred – tabela 1 priloge 4 k Uredbi o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata.

VIR: Ocena kakovosti komposta Šarža marec 2016, ERICO, d. o. o., 2016.

SNOV	PARAMETRI
Kompost	Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, Cr, PAH, PCB (mg/kg, ss), trdni delci iz stekla, plastike ali kovine >2 mm, mineralni trdni delci > 5 mm (%), organska snov, biološka stabilnost (AT4), semena in vegetativni reproduktivni deli plevela Salmonela, Escherichia coli

Tabela 9: Obseg parametrov za nadzor kakovosti komposta – tabela 3 priloge 3 Uredbi o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata.

VIR: Ocena kakovosti komposta Šarža marec 2016, ERICO, d. o. o., 2016

SNOV	PARAMETRI
Kompost	Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, Cr, PAH, PCB (mg/kg, ss), trdni delci iz stekla, plastike ali kovine >2 mm, mineralni trdni delci > 5 mm (%), voda (%), suha snov (%), organska snov (%), električna prevodnost (mS/m), pH, celotni dušik (N in NH ₄) mg/kg s.s., nitratni dušik (raztopljeni), amonijski dušik (raztopljeni), določevanje sprejemljivosti za rastline, semena in vegetativni reproduktivni deli plevela, biološka stabilnost (AT4) (mg O ₂ / g s.s.) Celotni fosfor, celotni kalij, kalcij (mg/kg s.s.) Salmonela, Escherichia coli

Vzorec komposta je voden pod oznako **T1-464/16**, odvzet je bil v kompostarni Tuncovec, ki je v upravljanju OKP Rogaška Slatina, d. o. o. Na osnovi opravljenih analiz kaže naslednje značilnosti (Ocena kakovosti komposta Šarža marec 2016, ERICO, d. o. o.):

- Je zmes s pH-vrednostjo 8,6 z 61,9 % suhe snovi (razlika med svežim in zračno suhim vzorcem).
- Organska snov je zastopana z 41,7 %.
- Vsebnosti hranil znašajo:
 - celotni dušik: 22508 mg/kg s. s.,
 - fosfor (izražen kot P₂O₅): 10128 mg/kg s. s.,
 - kalij (izražen kot K₂O): 15000 mg/kg s. s.,
 - kalcij (izražen kot CaO): 8,8 %,
 - amonijev dušik: 2009 mg/kg s. s. ter
 - nitratni dušik: 1510 mg/kg s. s.

Druge izmerjene vrednosti onesnaževal so navedene v spodnji tabeli. Prikazane so tudi mejne vrednosti za kompost glede na kakovostni razred (1. in 2. kakovostni razred).

Tabela 10: Vsebnosti analiziranih parametrov v kompostu, primerjanimi z mejnimi vrednostmi za določitev kakovostnega razreda komposta.

VIR: Ocena kakovosti komposta Šarža marec 2016, ERICO, d. o. o., 2016.

Parameter	Enota	Mejne vrednosti za kompost		T1-464/16	Kakovostni razred
		1. kakovostni razred	2. kakovostni razred		
Kadmij (Cd)	mg/kg s.s.	1,5	3	1,2	1.
Krom (Cr)	mg/kg s.s.	100	250	36	1.
Baker (Cu)	mg/kg s.s.	200	500	79	1.
Živo srebro (Hg)	mg/kg s.s.	1	3	0,05	1.
Nikelj (Ni)	mg/kg s.s.	50	100	23	1.
Svinec (Pb)	mg/kg s.s.	120	200	84	1.
Cink (Zn)	mg/kg s.s.	400	1800	570	2.
Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH)	mg/kg s.s.	6	6	1,4	1.
Poliklorirani bifenili (PCB)	mg/kg s.s.	0,2	1	<0,1	1.
Organska snov	% mase s.s.	>15	>15	41,7	1.
Biološka stabilnost (AT4)	mg/kg s.s.	<15	<15	2,9	Ustreza

Določevanje učinka izboljševalcev tal in rastnih substratov na kalitev in rast rastlin	%	15 % m/m ali 25 % (v/v): Sveže rastlinske mase: ≥100 % od kontrolnega substrata, kaljivost ≥95 %, zamik kaljivosti 0 dni; 30 % m/m ali 50 % (v/v): Sveže rastlinske mase ≥90 % od kontrolnega substrata, kaljivost ≥ 90 %, zamik kaljivosti 0 dni	/	90	/
Trdni delci iz stekla, plastike ali kovine, večji od 2 mm	% mase s.s.	<0,5	<2	<0,5	1.
Mineralni trdni delci, večji od 5 mm	% mase s.s.	<5	<5	<5	1.
Semena in vegetativni reproduktivni deli plevela	št/l	≤2	≤2	<2	1.
Salmonella sp.	Odsotnost v 25 g sveže snovi	Ni najdeno: 0	Ni najdeno: 0	Ni najdeno	Ustreza
Escherichia coli	CFU ali MPN /1 g sveže snovi	1000	1000	>1000	Ustreza

Vrednosti nevarnih anorganskih snovi (Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb), izmerjenih v kompostu so v okviru mejnih vrednosti določenih za kompost 1. kakovostnega razreda. Vrednost parametra Zn je v okviru mejne vrednosti za kompost 2. kakovostnega razreda. Vrednosti nevarnih organskih snovi (PAH in PCB) so v okviru mejnih vrednosti za kompost 1. kakovostnega razreda. Kompost je **biološko stabiliziran**, saj je vrednost AT₄ v okviru mejne vrednosti, ki znaša <15 mg O₂/ g s. s. semena in vegetativni deli plevelov niso prisotni. Prisotnost nezaželenih primesi (trdni delci iz stekla, plastike ali kovine) in mineralni trdni delci so v okviru mejnih vrednosti 1. kakovostnega razreda. Kompost je glede prisotnosti Salmonelle in E.coli **ustrezno higieniziran**. Šarža komposta, ki je v kompostarni Tuncovec vodena pod oznako marec 2016, glede mejnih vrednosti, ki jih določa Uredba o spremembah in dopolnitvah Uredbe o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Ur. l. RS, št. 56/15), **ustreza kriterijem za uvrstitev komposta v 2. kakovostni razred** (Ocena kakovosti komposta Šarža marec 2016, ERICO, d. o. o., 2016).

4.5 Komentiranje postavljenih hipotez

Na začetku pisanja diplomske naloge sem si zastavila tri hipoteze, in sicer:

H1: Pri kompostiranju v Zbirnem centru Tuncovec ni negativnih vplivov na okolje.

H2: V zbranih biološko razgradljivih odpadkih je v času opazovanja malo nečistoč (10 vrečk ali manj), kar pomeni, da ljudje dobro ločujejo.

H3: Kompost, ki ga pridelajo v Zbirnem centru Tuncovec, uvrščamo v 2. kakovostni razred.

Kompostarna, ki se nahaja v zbirnem centru Tuncovec, med obratovanjem povzroča negativne vplive na okolje. Zaradi obratovanja strojev (traktor, sejalnica komposta) in vozila za dovoz odpadkov v delovnem času kompostarne nastajajo emisije hrupa, nastajajo tudi emisije neprijetnih vonjav ter izcedne vode, ki se čistijo na čistilni napravi, ki se nahaja v Zbirnem centru. Negativni vplivi so tako prisotni, vendar so za širše okolje **majhni oz. zanemarljivi**. Prvo hipotezo lahko tako delno potrdim, saj so negativni vplivi vsekakor prisotni, ampak niso moteči ali nevarni za širšo okolico kompostarne. Kompost, ki ga pridelajo v Zbirnem centru Tuncovec na podlagi ocene kakovosti komposta, ki jo je izvedlo podjetje ERICO, d. o. o., iz Velenja, spada v **2. kakovostni razred**. Na podlagi izvedenih meritev za šaržo komposta marec 2016 lahko tretjo hipotezo potrdim.

Pri opazovanju pripeljanih biološko razgradljivih odpadkov sem ugotovila, da so nečistoče prisotne takrat, ko so odpadki, pripeljeni z območja občin Rogaška Slatina in Rogatec. Drugo hipotezo glede nečistoč v pripeljanih bioloških odpadkih lahko potrdim, saj se nečistoče pojavijo šestkrat, medtem ko sem opazovala pripeljane biološke odpadke 14 dni. Večje plastične vrečke in plastični lončki se tako iz odpadkov odstranijo pred samim procesom kompostiranja. Moje mnenje je, da je treba ljudi redno obveščati, saj sčasoma nekako pozabijo ločevati. Veliko uporabnikov vrže v rjav zabojnik odpadke, ki tja ne sodijo, vendar jih pokrijejo s travo ali listjem, ki v rjav zabojnik sodijo. Delavec podjetja, ki vizualno pregleda vsebino zabojnika tako vidi, da vsebina ustreza. Tako se odpadki tudi z nečistočami zbirajo. Morda bi bil potreben podrobnejši pregled zabojnika (uporaba rokavic in zaščitnih mask) ter pisanje opozoril o nepravilno ločenih odpadkih, v skrajnem primeru tudi denarno kazen.

5. ZAKLJUČEK

Količina prevzetih komunalnih odpadkov, ki jih v Zbirnem centru Tuncovec uporabljajo za aerobno obdelavo, narašča. Največ je biološko razgradljivih odpadkov, sledijo jim biološko razgradljivi kuhinjski odpadki in les, najmanj je kosovnih odpadkov. Količino zbranih biološko razgradljivih odpadkov lahko zmanjšamo že doma, in sicer tako, da kupimo in pripravimo toliko hrane, kot je bomo dejansko uporabili. Če imamo možnost, lahko biološko razgradljive odpadke ustrezno uporabimo in na lastne vrtu pridelamo kompost, ki ga lahko uporabimo, v vrtu ali za sajenje okenskih lončnic. Tisti, ki nimajo možnosti kompostiranja na domačem vrtu (večstanovanjske zgradbe, hoteli in druge ustanove), biološko razgradljive odpadke zbirajo v za to namenjen zabojnik. Pomembno je, da v zabojnik odlagamo zgolj biološke odpadke in ne drugih odpadkov, ki tja ne sodijo (pepel, cigaretni ogorki, plastične vrečke in druga plastična embalaža itd.).

Biološke odpadke lahko damo tudi v vrečke, ki so biološko razgradljive, saj so narejene iz koruznega škroba. Aerobna obdelava biološko razgradljivih odpadkov ali kompostiranje je najenostavnejši in najcenejši način, kako učinkovito porabiti biološko razgradljive odpadke. Cilj kompostiranja je pridobiti novo snov, ki je bogata z organskimi hranili. Gre za tehnološki proces, ki zahteva nadzor in doslednost pri samem izvajanju postopka. Potrebno je redno merjenje temperature in vlažnosti ter redno mešanje kompostnih gred. Z merjenjem temperature redno spremljamo sam proces kompostiranja. Merjenje temperature v kompostarni Zbirnega centra Tuncovec poteka avtomatizirano. Prikazala sem merjenje temperature v kompostnih kupih. Iz Grafa 2 je razvidno, da je na začetku razgradnje visoka temperatura, da se uničijo patogeni organizmi, zaradi mešanja se temperatura zniža, ter nato tekom razgradnje postopoma pada, dokler ne pade na približno 30°C, kar pomeni, da je kompost stabiliziran in zrel, ter pripravljen na nadaljnjo obdelavo. V kompostarni v Tuncovcu po zaključku kompostiranja kompost presejejo. Z ustreznim zbiranjem biološko razgradljivih odpadkov (brez nečistoč) dosežemo kakovostno razgradnjo in proizvod kompostiranja. Če v pripeljanih odpadkih ni nečistoč to pomeni, da sama priprava odpadkov in kasneje mletje ter sejanje poteka hitreje, saj ni težav s stroji, ki jih povzročajo nečistoče (ovijajo se okoli vrtečih delov mešalca za kompost).

Kot sem omenila v prejšnjem poglavju, bi predlagala podrobnejšo vizualno kontrolo odpadkov na odjemnem mestu ter ustrezne sankcije v primeru nepravilnega ločevanja odpadkov. Število prebivalstva narašča, s čimer narašča tudi število novih večstanovanjskih objektov in hiš. Med opravljanjem praktičnega usposabljanja v Zbirnem centru Tuncovec sem opazila, da je veliko uporabnikov komunalnih storitev tistih, ki imajo hišo in s tem tudi vrt ter zagotovo nekaj prostora za postavitev kompostnika. Vendar je bilo veliko takšnih, ki so odpadke enostavno pripeljali v kompostarno, morda zaradi pomanjkanja časa ali neznanja kako kompostirati na domačem vrtu. Prebivalce bi bilo potrebno periodično ozaveščati o zbiranju in predelavi biološko razgradljivih odpadkov. Ozaveščanje lahko poteka preko družbenih omrežij, ki so brezplačna, ter preko pošte na dom uporabnikov. V obdobju enega leta bi lahko v podjetju organizirali dan odprtih vrat, kjer bi predstavili aerobno obdelavo odpadkov, ter kaj se zgodi oziroma kaj povzročajo nečistoče, ki jih uporabniki odložijo v rjav zabojnik skupaj z biološko razgradljivimi odpadki.

Zaradi rasti prebivalstva in s tem števila odjemnih mest in uporabnikov komunalnih storitev bo v prihodnjih letih verjetno potrebna širitev kompostarne in posodobitev opreme.

6. POVZETEK

V diplomski nalogi z naslovom Aerobna obdelava biološko razgradljivih odpadkov v Zbirnem centru Tuncovec sem v splošnem predstavila biološko razgradljive odpadke, načine obdelave le – teh ter celoten proces obdelave odpadkov v Zbirnem centru Tuncovec. 14 dni sem opazovala pripeljane biološko razgradljive odpadke ter beležila prisotnost nečistoč v pripeljanih odpadkih.

Definicija bioloških odpadkov po Uredbi o odpadkih (Uradni list RS, št. 37/15 in 69/15) pravi, da so biološki odpadki biorazgradljivi odpadki z vrtov in iz parkov, živilski in kuhinjski odpadki iz gospodinjstev, restavracij, gostinske dejavnosti in trgovin na drobno ter primerljivi odpadki iz obratov za predelavo hrane. Biološko razgradljivi odpadki predstavljajo med 30 do 40 % mase vseh komunalnih odpadkov. Z ločenim zbiranjem biološko razgradljivih odpadkov pripomoremo k zmanjšanju količin odloženih odpadkov ter zmanjšanju emisij toplogrednih plinov (metan in ogljikov dioksid), ki jih povzročijo nekontrolirana razgradnja bioloških odpadkov (Medmrežje 1). V Sloveniji se v večini biološko razgradljivi odpadki zbirajo v rjave zabojnike.

Aerobno obdelavo biološko razgradljivih odpadkov ali kompostiranje lahko definiramo kot biološko razgradnjo organskih snovi v aerobnih pogojih, ob prisotnosti zraka. Končni produkt aerobne obdelave biološko razgradljivih odpadkov je kompost, ki je rezultat aktivnosti različnih organizmov: bakterij, gliv, aktinomiset in višjih organizmov.

Proces kompostiranja lahko v grobem razdelimo na dve fazi: aktivna faza in faza zorenja oz. stabilizacije. V aktivni fazi je prisotna visoka mikrobnost ter relativno visoka temperatura, kjer se snovi razgradijo. Aktivni fazi sledi faza zorenja, kjer je aktivnost mikroorganizmov manjša. Stabilizirajo se produkti aktivne faze. Stabilizacija vključuje razpadanje organskih kislin, tvorbo huminskih spojin ter nastanek nitratnega dušika.

Aerobna obdelava biološko razgradljivih odpadkov v Zbirnem centru Tuncovec se izvaja za občane na območju UE Šmarje pri Jelšah (občine Šmarje pri Jelšah, Rogatec, Rogaška Slatina, Podčetrtek, Kozje in Bistrica ob Sotli). Območja vseh občin so pretežno ruralna. Rogaška Slatina, Šmarje pri Jelšah in Podčetrtek predstavljajo občine, ki imajo večje poselitvene centre. Ločeno zbiranje biološko razgradljivih odpadkov v tipske posode je obvezno za gospodinjstva v stanovanjskih blokkih ter gospodinjstva v individualnih stanovanjskih objektih, kjer ne kompostirajo na lastnem vrtu. Aerobna obdelava biološko razgradljivih odpadkov poteka v kompostarni, kjer biološko razgradljive odpadke ustrezno pripravijo ter formirajo kompostne kupe. Redno se izvajajo meritve temperature in vlažnosti. Kompostu se redno preverja kakovost v skladu z veljavno uredbo.

Med opazovanjem biološko razgradljivih odpadkov sem ugotovila, da so v večini prisotne plastične vrečke ter lončki. Nečistoče so prisotne v tistih dnevih, ko je tudi količina biološko razgradljivih odpadkov večja. Prisotnost nečistoč je večja takrat, ko so odpadki pripeljani z območja občin Rogaška Slatina in Rogatec.

Meritve kakovosti komposta izvaja podjetje Erico d.o.o.. Meritve se opravijo dvakrat letno. Na podlagi izvedenih meritev kompost, ki nastane v Zbirnem centru Tuncovec uvrščajo v 2. kakovostni razred. Kompostiranje v zbirnem centru Tuncovec ima negativne vplive na okolje. Pri kompostiranju nastajajo emisije neprijetnih vonjav, hrup zaradi obratovanja strojev, ki jih uporabljajo za kompostiranje ter izcedne odpadne vode. Izcedne vode se očistijo na čistilni napravi, ki se nahaja v samem zbirnem centru, ter se odvajajo v kanalizacijo od koder se vodijo na Čistilno napravo Rogaška Slatina. Hrup in emisije neprijetnih vonjav so za širšo okolico nenevarni. Glede prisotnosti nečistoč lahko hipotezo dva potrdim, saj je bilo več dni, ko v pripeljanih odpadkih ni bilo prisotnih nečistoč. Ljudje tako dobro ločujejo.

7. SUMMARY

In my degree paper with title Aerobic treatment of biodegradable waste at the Zbirni Center Tuncovec, I have generally presented biodegradable waste, methods for treating them and the entire waste treatment process at the Zbirni center Tuncovec. For 14 days, I watched the transported biodegradable waste and recorded the presence of impurities in the transported waste.

The definition of bio-waste according to the Uredba o odpadkih (Uradni list RS, št. 37/15 in 69/15) states that bio-waste is biodegradable waste from gardens and parks, food and kitchen waste from households, restaurants, catering activities and shops retail and comparable waste from food processing plants. Biodegradable waste accounts for between 30 and 40% of the mass of all municipal waste. By separate collection of biodegradable waste, we contribute to reducing the amount of deposited waste and reducing greenhouse gas emissions (methane and carbon dioxide) caused by uncontrolled degradation of bio-waste (Medmrežje 1). In Slovenia, most biodegradable waste is collected in brown containers. Aerobic treatment of biodegradable waste or composting can be defined as biodegradation of organic substances in aerobic conditions, in the presence of air. The final product of aerobic treatment of biodegradable waste is compost, which is the result of the activity of various organisms: bacteria, fungi, actinomycetes and higher organisms.

The composting process can be roughly divided into two stages: the active phase and the maturation phase, respectively, stabilization. In the active phase there is a high microbial activity and a relatively high temperature, where the substance decomposes. The active phase is followed by a maturation phase where the activity of the microorganisms is smaller. The products of the active phase are stabilized. Stabilization involves the decomposition of organic acids, the formation of humic compounds and the formation of nitrate nitrogen. In the ripening phase, the final product ripens - compost.

The aerobic treatment of biodegradable waste at the Zbirni center Tuncovec is carried out for citizens in the area of UE Šmarje pri Jelšah (the municipalities of Šmarje pri Jelšah, Rogatec, Rogaška Slatina, Podčetrtek, Kozje and Bistrica ob Sotli). The areas of all municipalities are predominantly rural. Rogaška Slatina, Šmarje pri Jelšah and Podčetrtek are municipalities with larger settlement centers. Separate collection of biodegradable waste into type vessels is mandatory for households in residential blocks and households in individual residential buildings, where they do not compost in their own garden. Aerobic treatment of biodegradable waste takes place in a compost where biodegradable waste is properly prepared and composted in compost piles. Temperature and humidity measurements are performed regularly. Compost is regularly checked for quality in accordance with the applicable regulation.

During the observation of biodegradable waste, I found that plastic bags and pots are mostly present. Impurities are present in those days when the amount of biodegradable waste is also higher. The presence of impurities is greater when waste is brought from the Rogaška Slatina and Rogatec municipalities.

The measurements of compost quality are carried out by Erico d.o.o. Measurements are made twice a year. On the basis of the performed measurements, the compost, which occurs in the Zbirni center Tuncovec, is classified in the 2nd grade. Composting at Zbirni center Tuncovec has negative effects on the environment. Composting produces emissions of unpleasant odors, noise from the operation of machines used for composting and leachate waste water. The leachate is purified on a treatment plant located in the collection center itself and

discharged into the sewage system from where they are driven to the wastewater treatment plant in Rogaška Slatina. Noise and emissions of unpleasant odors are non-hazardous for the wider surroundings. Regarding the presence of impurities, I can confirm the hypothesis of two, as there were several days when there were no impurities present in the delivered waste. People separate biodegradable waste well.

8. VIRI IN LITERATURA

Bertoldi de M., Lemmes B., Papi T., Segui P. European Commission International Symposium: The Science of Composting. Springer-Science + Business Media, B. V. Dostopno na: [https://books.google.si/books?id=5krtCAAQBAJ&pg=PA541&lpg=PA541&dq=De+Bertoldi,+M.+\(1987\)+Compost:+Production,+Quality+and+Use.+Elsevier+Applied+Science,+London.&source=bl&ots=oOBW09bskX&sig=GIRK1i8ATAiBx0P9xTV3AIJtNs&hl=sl&sa=X&ved=0ahUKEwitqjY6q3ZAhUQQMAKHaglDc8Q6AEIPzAE#v=onepage&q&f=false](https://books.google.si/books?id=5krtCAAQBAJ&pg=PA541&lpg=PA541&dq=De+Bertoldi,+M.+(1987)+Compost:+Production,+Quality+and+Use.+Elsevier+Applied+Science,+London.&source=bl&ots=oOBW09bskX&sig=GIRK1i8ATAiBx0P9xTV3AIJtNs&hl=sl&sa=X&ved=0ahUKEwitqjY6q3ZAhUQQMAKHaglDc8Q6AEIPzAE#v=onepage&q&f=false) (30.6.2018)

Gantar A. (2014). Študijsko gradivo za predmet Ravnanje z odpadki, Velenje.

Graves E. R. (2000), Environmental Handbook, Chapter 2 Composting, United States Department of Agriculture. Dostopno na: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs143_022229.pdf (1.7.2018)

Interno gradivo podjetja OKP Rogaška Slatina d.o.o., (2016).

Medmrežje 1:

http://www.komunalacrnometlj.si/clanek1.asp?nm_tbl_cate.id=19&id=23&n=Lo%E8eno%20zbiranje%20odpadkov%20-%20biolo%9Aki%20odpadki (5.6.2018)

Medmrežje 2: https://www.okp.si/jsnaga-loceno_zbiranje.php (5.6.2018)

Medmrežje 3: <https://learn.eartheasy.com/guides/composting/> (17. 7. 2018).

Medmrežje 4: https://www.okp.si/index_katalog_IJZ.php (1.7.2018)

Medmrežje 5: <http://www.stat.si/obcine/sl/2014/Municip/Index/143> (12. 7. 2018).

Medmrežje 6: <http://www.stat.si/obcine/sl/2014/Municip/Index/175> (12. 7. 2018).

Načrt gospodarjenja z odpadki – kompostarna Tuncovec (2015), OKP, d. o. o. Rogaška Slatina.

Obeng A. L., Wright W.F., Integrated Resource Recovery: The Co – composting of Domestic Solid and Human Wastes. World bank technical paper, Number 57. Dostopno na: <http://documents.worldbank.org/curated/en/559121468740171556/pdf/multi-page.pdf> (5.6.2018)

Ocena kakovosti komposta Šarža marec 2016, (2016), ERICO, d. o. o.

Poslovnik za obratovanje kompostarne Tuncovec (2015), OKP, d. o. o. Rogaška Slatina.

Poročilo o obdelavi odpadkov za leti 2016 in 2017, OKP, d. o. o. Rogaška Slatina.

Partanena in sod. (2010). Bacterial diversity at different stages of the composting process. Dostopno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2907838/> (16.8.2018)

Strokovna ocena obremenitve okolja s hrupom (2015), Kova, d. o. o., Celje.

Uredbe o emisiji snovi pri odvajanju izcedne vode iz odlagališč odpadkov (Uradni list RS, št. 62/08).

Uredba o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Uradni list RS, št. 99/13 in 56/15).

Dostopno na: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED6281>

Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju (Uradni list RS, št. [43/18](#)).

Uredba o odpadkih (Uradni list RS, št. 37/15 in 69/15). Dostopno na: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED7011>

Vuk, D. (1998). Ravnanje z odpadki biološkega izvora: skripta (dopolnjena in popravljena izdaja). Kranj, Moderna organizacija, 15–42.

Williams T. P. (2005). Waste Treatment and Disposal. England. John Wiley and Sons, Ltd.

Dostopno na:

<http://www.znrfak.ni.ac.rs/serbian/010studije/oas2/PREDMETI/III%20GODINA/316KOMUNALNI%20SISTEMI%20I%20ZIVOTNA%20SREDINA/SEMINARSKI%20RADOVI/2014/S105%20-%20S150.pdf> (30.6.2018)