SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - **AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO**
LUONNONVARA- JA YMPÄRISTÖALA

KOMPOSTILÄMPÖÄ

Lämmön johtaminen kompostista case-tilan kasvihuoneeseen

TEKIJÄ: Susanna Pennanen

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Tiivistelmä

Koulutusala Luonnonvara- ja ympäristöala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Agrologin tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Susanna Pennanen	
Työn nimi Kompostilämpöä. Lämmön johtaminen kompostista case-tilan kasvihuoneeseen	
Päiväys 11.3.2019	Sivumäärä/Liitteet 35
Ohjaaja Pasi Eskelinen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Muuraismäen tila, Päivi ja Esko Pennanen	

Tiivistelmä

Maatiloilla syntyy tuotannon yhteydessä vuosittain suuria määriä biohajoavaa jätettä. Useimmille tiloille biojäte on vain jätettä, joka sitoo itseensä työaikaa ja aiheuttaa tilalle rahallista tappiota. Esimerkiksi ruokintapöydille jäävät rehun rippeet joutuvat ruokintapöydältä usein muiden hajoavien tuotteiden kanssa niille tarkoitetulle sijoituspaikalle, missä rehun tähteistä saatava hyöty on olematon. Kuitenkin oikein kompostoituna näistäkin jätteistä tilalliset voisivat saada rahallista hyötyä. Kompostissa elävien mikrobien ja pieneliöiden työskentelyn sivutuotteena syntyy lämpöenergiaa, jonka annetaan haihtua useimmista komposteista hyödyntämättömänä ilmaan. Lämpöenergian talteen ottaminen ja johtaminen tuotantotiloihin on ekologinen tapa parantaa tilan energiatehokkuutta ja muuttaa aiemmin arvoton biojäte arvokkaaksi maanparannusaineeksi.

Opinnäytetyö oli käytännössä toteutettavatutkimus, jossa tutkittiin kompostointiin ja siihen liittyviä tekijöitä sekä kompostoitumisen yhteydessä syntyvän lämmön johtamista case-tilan kotitalouskäytössä olevaan kasvihuoneeseen. Työhön investoidut rakennustarvikkeita, kuten vesiputkistoa ja vesikiertopatteria voidaan käyttää opinnäytetyön jälkeen uudestaan.

Tutkimuksen suunnittelu aloitettiin keväällä 2018 opinnäytetyön aloituskokouksella. Kompostin ja patteriston rakentaminen aloitettiin 24.8.2018. Kompostin sisälle asennetun vesiputkiston avulla lämpöä johdettiin kasvihuoneessa sijaitsevaan vesikiertopatteriin, joka lämmitti kasvihuonetta. Kompostista ja sen tuottamasta lämmöstä kerättiin dataa 63 päivän ajan pienillä nappimittareilla ja 73 päivän ajan manuaalisesti. Kerättävy tieto purettiin marraskuussa 2018 Excel-taulukkoihin, jonka jälkeen kompostin lämmittämän veden lämpötiloja ruettiin tarkastelemaan. Kompostista manuaalisesti kerätty tieto kirjattiin vihkoon ja kirjattua tietoa käytettiin mittareilla kerätyn tiedon ohessa. Kerättyjä tietoja vertailemalla pystyttiin parantamaan tuloksien luotettavuutta.

Tutkimuksessa lämpöenergian siirtäminen kasvihuoneeseen onnistui ja tutkimuksen aikana onnistuttiin määrittämään kompostoitumiseen vaikuttavia tekijöitä ja kuinka mitä seuraavissa kokeissa tulisi välttää ja huomioida lämmöntuotannon tehostamiseksi. Toimeksiantaja voi saatujen tuloksien pohjalta pohtia olisiko kompostin hyödyntäminen kannattavaa tilan tuotantotilojen lämmittämisessä. Sen lisäksi toimeksiantaja voi pohtia kompostoitumisen jälkituotteena syntyvän kompostimullan hyödyntämistä maanparannusaineena tilan pelloilla.

Avainsanat
Komposti, lämmöntuotanto, kWh, maanparannusaine, ympäristöystävällinen

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
Abstract

Field of Study Natural Resources and the Environment			
Degree Programme Degree Program in Agriculture and Rural Development			
Author Susanna Pennanen			
Title of Thesis Compost heat. Transferring heat from the compost to the greenhouse of the case-farm			
Date	11.3.2019	Pages/Appendices	34
Supervisor Pasi Eskelinen			
Client Organisation /Partners Muuraismäen tila, Päivi and Esko Pennanen			

Abstract

Biodegradable waste is created in the farms as a by-product a large amounts in one year. Usually biodegradable waste is seen as useless garbage that misspend the farmer precious time and money. For example the remnants of silage are usually removed from the feeding table to the place owned for them and anothers biodegradable waste where the possible use of them is zero. However there is way to get financial profit of biodegradable waste by composting. Microbibes and miro-organisms which live in compost porducts thermal energy that usually is not collected or made use off. Collecting and transfering the heat to production rooms is ecological way to improve farms energy efficiency and transform earlier useless waste to valuable soil improver.

This thesis is focused in research accomplished in practice. Research was implement in case-farms greenhouse which is used for households own vegetable production in Kiuruvesi. Researchs main point was to explore composting and the factors that had affect to compost. All the investment made for the test can be used in the future.

Planning of the research started at spring 2018 by the planning meeting. In the end of the summer 2018 the building of the compost and the pipeline installed in side of it started in the case-farm. By the help of the piping systems the warm water was runned to radiator which warmed the greenhouse. Data was collected from compost by small meters for 63 days. Data was aso collected manually for 73 days. Data was unoaded to excel table where the facts that had influence on work of compost could be seen. Manually collected data was written in the notebook and that data was used with the data collected by meters. This way the integrity of information on heat production was ensured.

The transferring of the thermal energy from the compost to the greenhouse was successful. Also specifying the factors that had affect to activity of the compost during the research and how to avoid those factors was successfully detected. Client organization is able to use the information as considering to use thermal energy harvested from compost in other production building located in farm and also ponder the value of after product of the compost used as soil improver in farms fields.

Keywords
Compost, warm production, kWh, soil improvers, environmentally friendly

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO 5
2 KOMPOSTOITUMINEN 7
2.1 Kompostoitumisen vaiheet 7
2.1.1 Lämpenemisvaihe 7
2.1.2 Kuumavaihe 7
2.1.3 Jäähtymisvaihe 7
2.1.4 Kypsymisvaihe 8
2.2 Kompostoitumiseen vaikuttavat tekijät 8
2.2.1 Happi 8
2.2.2 Kosteus 8
2.2.3 Ravinteet 9
2.3 Seosaineet 9
2.4 Kompostimulta 10
3 OPINNÄYTETYÖN VAIHEET 12
3.1 Valmistelu 12
3.2 Rakentaminen 16
3.3 Seuranta ja tiedonkeruumenetelmät 20
4 KOMPOSTIN RAKENNUSKUSTANNUKSET 23
5 CASE- TUTKIMUKSEN TULOKSET 24
5.1 Kompostin tuottama lämpö 24
5.2 Omat havainnot kompostin toiminnasta 25
6 JOHTOPÄÄTÖKSET 29
6.1 Kompostin onnistuminen 29
6.2 Energiatehokkuus 29
7 POHDINTA 32
LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT 34

1 JOHDANTO

Tulevaisuudessa maatalous tulee kohtaamaan uusia haasteita kannattavuuden ja tuotantotehokkuuden suhteen. Maatilat pysyvät elinvoimaisina, kun ne kehittävät omaa tuotantoaan ja tuotantotiloja olosuhteiden ja markkinoiden vaatimusten mukaan. Tilojen kehittäminen nykyistä energia- ja tuotantotehokkaammiksi avaa tiloille uusia mahdollisuuksia sekä varmistaa niiden toiminnan vaikeidenkin aikojen vallitessa. Nykyaikaiset tilat ottavat myös ympäristö asiat huomioon ja monet tilat ovat myös löytäneet heiltä huomaamatta jääneet rikkaat energialähteet, joita nykytekniikalla voidaan hyödyntää vaivattomasti. Ainoita vaivoja ovat aiheeseen perehtyminen sekä energialähteen valjastaminen hyötykäyttöön.

Maatiloilla syntyy vuosittain kiloittain pilaantunutta rehua, likaisia kuivikkeita, kuivalantaa, rehutähteitä, kasvimaajätettä sekä paljon muuta arvottomaksi luokiteltua biojätettä. Kuitenkin tuota arvotonta jätettä voidaan hyödyntää ravinteiden ja energian tuotannossa melkein ilmaiseksi. Oikein toteutettuna energiaa ja ravinteita saadaan tuotettua myös vähäisellä työmäärällä. Suomessakin monet tilat ovat löytäneet ratkaisun ongelmaan.

Esimerkiksi Kiuruvedellä sijaitsevan Hingunniemen ravitallin lattia ja käyttövesi lämmitetään rumpukompostorista kerätyllä hukkalämmöllä. Aiemmin ongelmaksi muodostunutta hevosenlantaa vietiin kaatopaikalle ongelmajätteenä, mutta nykyisin lanta voidaan hyödyntää energiatehokkaasti ja ympäristöystävällisesti. Vuodesta 2013 asti toiminnassa ollut kompostori on tuottanut ensimmäisen seitsemän kuukauden aikana 16 000 kW energiaa 400 kuutiosta hevosenlantaa ja karsinoissa olleesta kuivikkeesta. Kompostoitumisen lopussa syntyvää lopputuotetta on voitu käyttää peltojen parannusaineena. (SMTS 2014.)

Myös Mäntsälän Saaren kylässä sijaitsevan Pinewood Stables Oy:n yrittäjä, Tiina Ahlqvist, innostui aikoinaan kompostoitumisen yhteydessä syntyvän lämmön keräämisestä sekä lopputuotteena syntyvästä ravinteikkaasta maanparannusseoksesta. Lämmönlähteenä toimivat hevoskarsinoiden olkiset kestokuivikepatjat sekä lantalassa kompostoituva lanta. Kuivikepohjien kompostoitumisen yhteydessä vapautuva lämpö otetaan talteen karsinoiden ja lantalan valuun asennetun vesiputkiston avulla, joissa kiertää glykoliseos. Talteen otetulla lämmöllä pystytään lämmittämään ratsutallin varustetila ja tulevaisuudessa vielä rakenteilla oleva B&B majatalo. Lannasta saatavaan lämmön määrään vaikuttavat kestokuivikepohjan kompostoitumisvaihe, kosteus sekä ulkoilman lämpötila. Glykoliseos estää putkiston jäätymistä ja vähentää putkiston huollon tarvetta sekä mahdollisten toimintakatkojen riskiä. Putkiston päivityksen myötä lämmön ohjausta on nykyisin aiempaa helpompi kontrolloida hybridivaraajan avulla. Työn määrää vähentää kestokuivikepatjan koneellinen tyhjentäminen. Vuodessa tilan käyttöön valmistuu noin 160 kuutiota kompostoitunutta lantaa, joka hyödynnetään maanparannusaineena tilan pelloilla. (Ahlqvist 2018.)

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin kompostista kerätyn lämmön hyödyntämiseen ja sen energiatehokkuuteen case-tilalla. Käytännössä toteutettavassa kokeessa case-tilalle rakennettiin komposti,

jonka avulla lämmitettiin tilalla sijaitsevaa kotitalouskasvihuonetta vesikiertopatterin avulla. Kasvihuoneen lämmitykseen oli aikaisemmin käytetty sähköllä toimivaa lämmitintä, joka otettiin käyttöön aina ilmojen viiletessä.

Kokeen aikana kompostilla pystyttiin lämmittämään case-tilan kasvihuonetta ja parhaimmillaan veden vesikiertopatterissa kiertävän veden lämpötila saatiin nostettua lähes 40 asteiseksi. Tietoa veden lämpötilasta kerättiin pienien nappimittareiden avulla, joiden keräämä data pystyttiin kokeen lopuksi siirtämään Excel-taulukkoon. Kompostia tutkittiin myös aistinvaraisesti ja kompostin toiminnasta sekä sen hoitamisesta tehtiin muistiinpanoja. Muistiinpanojen sekä nappimittareiden keräämän tiedon avulla pystyttiin tutkimaan kompostiin vaikuttaneita tekijöitä, jotka nostivat tai laskivat kompostin lämmöntuotantokykyä.

Aiheen valintaan vaikutti sen mielenkiintoisuus sekä aiheen sisältämät tulevaisuuden mahdollisuudet. Idea aiheesta syntyi useita vuosia sitten vielä ammattikoulussa opiskellessani, mutta silloin en vielä pystynyt lähteä toteuttamaan koetta. Idea syttyi uudelleen ammattikorkeakoulussa, kun aloimme miettimään opinnäytetyöaiheita. Silloin tutustuin Jean Painin töihin. Jean Pain oli ranskalainen tutkija, jonka intohimona oli varsinkin kompostista kerättävän lämmön talteenotto. Lämmön talteen ottamisessa hän hyödynsi vesipattereita, kaasua sekä ilmaa. Hänen kehittelemänsä tavat kerätä lämpöä kompostista ja hyödyntää sitä jokapäiväisessä elämässä ovat innoittavia ja osa niistä on suhteellisen helppoa toteuttaa kotona. (Feineigle 2015.) Jean Pain toimii tämän opinnäytetyön innoittajana ja opinnäytetyössä hyödynnetään Painin kompostointimetodia, josta löytyy tietoa internetistä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli herättää ihmisten mielenkiinto ryhtyä hyödyntämään komposteissa piilevää energiaa. Oikeilla raaka-aineilla ja metodeilla kompostista pystytään keräämään lämpöä, jonka avulla tilojen energiatehokkuutta voidaan parantaa ympäristöystävällisesti ja edullisesti. Samalla myös aikaisemmin hyödyttömässä muodossa olevat maatuvat jätteen voidaan jalostaa aiempaa käyttökelpoisempaan, ravinteikkaaseen muotoon.

2 KOMPOSTOITUMINEN

Kompostoituminen on biohajoavien tuotteiden hajoamista bakteerien, sädesienien, lierojen ja sienien vuoksi. Kompostoituminen voidaan jakaa neljään vaiheeseen: lämpenemis-, kuuma-, jäähtymis- sekä kypsymisvaiheeseen. Eri vaiheissa kompostin pieneliöstö muuttuu ja muokkaa kompostia omalla tavallaan. (Biolan 2018.) Näiden vaiheiden lisäksi on myös kypsymisvaihe, jonka aikana kompostin lopputuote valmistuu mullaksi tai humukseksi (Jätekukko s.a.) Kompostoitumisen avain sanoja ovat kosteus, happi sekä eloperäinen jäte (Biolan 2017.)

2.1 Kompostoitumisen vaiheet

Kompostoituminen on pitkä prosessi, johon kuuluu useita vaiheita. Vaiheiden aikana eri pieneliöt hajottavat kompostia tuottaen lämpöä, vesihöyryä, ravinteita sekä hiilidioksidia. Pieneliöiden elintoimintojen sivutuotteena syntyvällä lämmöllä on suuri vaikutus kompostoitumiseen ja sen onnistumiseen. Matalassa lämpötilassa kompostoituminen on hitaampaa, kuin korkeissa lämpötiloissa. (Suomen ympäristöopas s.a.)

2.1.1 Lämpenemisvaihe

Ensimmäisessä kompostoitumisen vaiheessa kompostin ottavat haltuun bakteerit ja sädesienet, jotka hyödyntävät kompostin ravinteikkaammat osat ravintonaan. Niiden ravintona toimivat sokerit ja valkuaisaineet. Komposti happamoituu lämpenemisvaiheen aikana. Myöhemmissä vaiheissa komposti neutralisoituu ja pH nousee lähemmäs 7:ää. (Biolan 2018.) Lämpenemisvaihe kestää muutamia päiviä ja lämpötila nousee tällöin 30–50 asteeseen (Jätekukko s.a.).

2.1.2 Kuumavaihe

Muutamasta päivästä muutamaan viikkoon kestävän kuumavaiheen alussa kompostista siirtyvät lämpenemisvaiheen hajottajat ja tilalle tulevat kuumiin oloihin tottuneet hajottajat. Niiden ravintoa ovat kompostin helpoiten hajoavat ravintoaineet. Tällöin kompostin lämpötila voi nousta parhaimmillaan 80–85 asteeseen. (Suomen ympäristöopas s.a.) Kuumavaihe kestää muutaman viikon ajan, kunnes helposti hajotettavat ainekset ovat hajonneet kompostista. Parhaiten jätteet hajoavat 30–35 asteessa. (Ikonen s.a., 25.)

2.1.3 Jäähtymisvaihe

Helposti hajoavien ravintoaineiden loppuessa kompostiin muodostuu niin kutsuttu energiakriisi. Tällöin kompostin lämpötila voi laskea. Kompostin valtaavat taas uudet hajottajat, jotka käyttävät ravinnokseen vaikeasti hajoavia ravintoaineita, kuten puuta. Kompostiin voi tällöin kasvaa silmin havaittavia sieniä, homeita, lieroja ja muita ötököitä. Jäähtymisvaihe on pisimpään kestävä vaihe kompostissa ja se voi kestää useita kuukausia. (Biolan 2018.)

2.1.4 Kypsymisvaihe

Kypsymisvaiheessa kompostissa on jäljellä enää hitaasti hajoavia orgaanisia aineksia, ja vaihe voi kestää useita kuukausia. Vaiheen aikana kompostissa syntyy humusta sekä kypsää kompostia, jonka pH on lähellä neutraalia (pH 7). Kompostin lämpötila laskee kypsymisvaiheessa ympäristön lämpötilan kanssa samoihin lukemiin, mikä mahdollistaa hajottajien, kuten lierojen, elämisen kompostissa. (Ikonen s.a, 25). Kompostin värin muututtua tummanruskeaksi ja rakenteeltaan murumaiseksi on komposti valmis käytettäväksi maanparannusaineena. Tällöin kompostilla on multainen tuoksu. (Kontkanen 2013.)

2.2 Kompostoitumiseen vaikuttavat tekijät

Riittävä kosteus, lämpö ja happi mahdollistavat kompostin pieneliöiden toiminnan. Pieneliöstölle tulee olla myös tarpeeksi ravinteita elintoimintojen ylläpitämiseen. Perusvaatimuksien täyttyessä komposti toimii tehokkaasti ilman ongelmia. (Biolan 2017.) Seuraavissa kappaleissa kerrotaan hieman tarkemmin näistä kompostoitumiseen vaikuttavista tekijöistä ja kuinka varmistetaan niiden riittävyys kompostissa.

2.2.1 Happi

Pieneliöt käyttävät eloperäistä jätettä oman energian tuottamiseen ja sivutuotteena eloperäisen jätteen hajottamisesta syntyy hiilidioksidia, vettä, lämpöenergiaa sekä lopputuotetta eli multaa tai humusta. Happi on kompostia hajottaville pieneliöille elintärkeätä, joten kompostia rakentaessa on oltava tarkka, ettei kompostista tule liian tiivistä, tunkion tapaista kasaa. Happea kompostiin voidaan sitoa käyttämällä karkeita raaka-aineita, kuten metsän pohjan kariketta tai olkea. Liian märäksi päässyt komposti tiivistyy, jolloin hapen määrä kompostissa vähentyy ja pieneliöiden toiminta kompostissa hidastuu tai loppuu kokonaan. On siis tärkeää pitää huolta, ettei komposti pääse liian märäksi. (Biolan 2017.)

2.2.2 Kosteus

Kompostissa elävät pieneliöt ovat uimareita ja vesi on niille ensimmäinen ehto. Kompostia ei pidä päästää kuivumaan, sillä silloin sen toiminta pysähtyy pieneläimien elintoimintojen loppumisen myötä. Kompostin liian ilmava rakenne tai liian vähäinen kastelu voi aiheuttaa kompostin kuivumisen. Biolanin verkkosivuilta löytyi hyvä nyrkkisääntö kompostin kosteuden mittaamiseen: Puristaessa kompostia nyrkissä, siitä tulee irrota muutama pisara vettä. Jos vettä valuu virtana sormien lomasta, komposti on liian märkä. (Biolan 2017.)

2.2.3 Ravinteet

Energiansa tuottamiseen pieneliöt tarvitsevat hiiliyhdisteitä ja solujensa raaka-aineeksi typpeä. Pieneliöt käyttävät myös muitakin ravintoaineita, mutta elintärkeimpiä niille ovat hiilen ja typen yhdisteet. Varmistamalla niiden riittävyys voidaan turvata kompostin lämmöntuotanto ja toimiminen. (Biolan 2017.)

Esimerkiksi puun lehdet, oksa- ja puuhake, olki, turve ja heinä ovat esimerkiksi hiilipitoisia jätteitä. Typpeä voidaan saada kompostiin vihreistä kasvinosista, kuten ruohonleikkuujätteestä, lannasta ja virtsasta. On myös olemassa teollisia typpivalmisteita, joilla voidaan tehostaa kompostin toimintaa. (Biolan 2017.)

Typen puute aiheuttaa pieneliöiden lisääntymisen hidastumista ja vähentää kompostin toimintaa. Lisäksi lopputuotteen ravinteikkuus kärsii ja kompostoituminen hidastuu. Eloperäinen jäte sisältää paljon hiiltä, minkä vuoksi typen puute kompostissa on yleisempää. Liian typen määrän voi todeta kompostin hajun perusteella. Pieneliöt käyttävät runsaasti liiallista typpeä, jolloin se haihtuu ilmaan ammoniakkina. (Biolan 2017.) Liika typpi saa kompostin taas haisemaan ammoniakilta. Typpipitoisuutta voidaan laskea käyttämällä hiilipitoisia seosaineita. Oikealla seosainevalinnalla voidaan vähentää kompostin tiivistymistä ja liikaa märkyyttä. (Kompostoitumisopas 2015, 7.)

2.3 Seosaineet

Hyvin suunniteltu komposti helpottaa sen hoitamista. Suunnittelu alkaa jo kompostin rakennusvaiheessa, kun kompostoitavaan jätteeseen sekoitetaan seosainesta (olkea, vanha komposti, haketta, risuja), jotka parantavat kompostin toimivuutta ja vähentävät kompostin hoidon tarvetta. Kompostista 20–40 prosenttia tulisi olla seosainetta riippuen kompostissa käytetyn biojätteen määrästä. Seosaineen oikealla käyttösuhteella voidaan vähentää kompostin haju- sekä kärpäsongelmia. (Ikonen s.a., 14–15.)

Oksahake toimii hyvänä seosaineena kompostista. Hakkeesta muodostuu paljon humusta, joka lisää valmiin kompostimullan pitkäikäisyyttä maanparannusaineena. Hakkeen käyttäminen seosaineena lisää myös kompostin ilmavuutta. Sahanpuru yksistään seosaineena on liian hienojakoista, joten sen joukkoon kannattaa lisätä karkeampaa seosainesta. (Ikonen s.a., 15.)

Pihakarike on haravointijätettä (tässä työssä on käytetty metsänpohjan kariketta), ja se sopii myös seosaineeksi, kunhan sen seassa on karkeaa ainesta kuten heinää ja neulasia (Biolan 2017). Pihakarike on edullinen seosaine, jota voidaan kuivana kerätä talteen isompiakin määriä. On tärkeää, ettei pihakarike ole yksistään lehtiä, sillä litistyessään ne muodostavat kompostiin tiiviitä kerroksia, jotka huonontavat kompostin ilmavuutta. Tuorekasvijäte, kuten leikattu ruoho, ei ole seosainesta ja se voidaan rinnastaa elintarvikejätteeseen. (Ikonen s.a., 15.)

Turve imee kompostista liiallista kosteutta ja hajua itseensä mikä tekee siitä hyvän seosaineen. Se ei kuitenkin yksistään sovellu seosaineeksi tiivistyvyytensä vuoksi. Turvetta käyttäessä kannattaa sen sekaan sekoittaa karkeampaa ainesta kuten oksasilppua. Näin parannetaan kompostin ilmataloutta. (Ikonen s.a., 15.)

Käymälöistä tutumpi murskattu ja kuivattu havupuunkuori eli kuorike käy myös seosaineesta. Kuorikkeen lisäksi seosaineeseen kannattaa sekoittaa turvetta. Turpeen ja kuorikkeen sekoitus tekee kompostista ilmavan ja hajua sitovan. (Biolan 2017.)

Silputtu olki on hyvä seosaine sen hitaan hajoavuuden vuoksi. Lisäämällä sekaan esimerkiksi turvetta, joka sitoo kosteutta ja ravinteita. (Ikonen s.a., 15.) Tässä opinnäytetyössä oljen kanssa käytettiin hevostenkarsinoista siivottua sahanpurua.

2.4 Kompostimulta

Kompostoinnin lopputuotteena syntyy kompostimultaa, jota voidaan käyttää uudelleen maanparannusaineena sen rikkaan ravinnepitoisuutensa vuoksi. Maanparannusaineen lisääminen lisää pieneliöiden määrää sekä eloperäisen aineksen määrää maaperässä. Pieneliöiden lisääntyessä myös maan mururakenne paranee. Mururakenteen parantuessa myös vesi- ja ilmatalous parantuu maassa, mikä edesauttaa kasvien kasvamista.

Kompostimullan käyttö maanparannusaineena kannattaa sijoittaa keväälle, jotta ravinteet eivät huuhtoudu ympäristöön syksyn sadevesien mukana. Korkea ravinnepitoisuus voi myös haitata talvehtivien kasvien talvenkestävyyttä. Kompostimulta, toisin kuin kypsä kompostimulta, sisältää vielä hajoamattomia jätteitä, kuten oksia tai haketta. Tämän vuoksi kompostimultaa ei kasvimaalla kannata sekoittaa syvälle kasvualustaan, sillä vielä hajoamattomat jätteet jatkavat hajoamista kuluttaen maahan sitoutunutta happea ja sitoen ravinteita. (Ikonen s.a., 22.)

Kompostin toimivuus ja käytetyt raaka-aineet vaikuttavat kompostin kypsymisaikaan. Kypsymisaikaan vaikuttavat myös kompostin hoidontarve ja hoidon toteuttaminen. Raaka komposti on iältään noin 2-5 kuukautta. Tällöin helpoiten maatuva jäte ei ole enää erotettavissa lähtöaineesta. Kompostimassan väri on ruskeaa ja se tuoksuu humusmaiselta. Raaka komposti, jonka raaka-aineena on käytetty elintarvikkeita, saattaa olla hyvinkin ravinnepitoista jo tässä vaiheessa, mutta raaka komposti ei sovellu vielä maa-alustaan sekoitettavaksi maantumattomien osiensa vuoksi. Puolikypsä komposti on iältään 5–12 kuukautta, jolloin kompostimulta on puolikypsää. Seosaineen karkeimmat osat vielä erottuvat massasta. Tässä vaiheessa kompostin lämpötilaa ei saada enää nostettua kääntelemällä kompostia.

Kypsän kompostointimullan saamiseen kuluu 1–2 vuotta, jolloin lähtöaineita ei enää voi erottaa massasta. Tällöin kompostimulta haisee mullalle ja on ruskeaa. Kypsän kompostimullan voi sekoittaa maa-alustaan ja Kompostointioppaan kirjoittajan, Tiina Ikosen (s.a.), mukaan sitä voidaan levittää 30–50 litraa neliömetrille (m2) riippuen maan kunnosta.

Täysin kypsää kompostia saadaan, kun komposti on saanut kypsyä yli kaksi vuotta. On kuitenkin huomioitavaa, että liian kauan kompostoituneesta kompostissa humusaine sekä ravinteet vähenevät. (Ikonen s.a., 22.) Tällöin sen arvo ja vaikutus maanparannusaineena vähenee.

3 OPINNÄYTETYÖN VAIHEET

Opinnäytetyö oli käytännössä toteutettava tutkimusprojekti, joka alkoi työn suunnittelemisella sekä varusteiden hankinnalla. Tämän jälkeen aloitettiin kompostin rakentaminen sekä tuloksien mittaaminen. Koejakson pituus oli yhteensä 73 päivää, joista 12 ensimmäisen päivän aikana tuloksia kerättiin ylös manuaalisesti mittareita odotellessa. Mittauksien loputtua alkoi työn kirjallinen vaihe eli mittareiden tiedon purku sekä tuloksien analysoiminen. Opinnäytetyö sisälsi monia vaiheita, minkä vuoksi työ pysyi hyvin mielenkiintoisena.

3.1 Valmistelu

Ennen kompostin rakentamista suunnittelimme kompostista lämpöä keräävän vesikiertopatteria. Mallina päätettiin käyttää Jean Painin töistä tuttua tapaa, jossa putkisto oli asennettu kompostiin lieriömäisesti useaan kerrokseen. Kuitenkin metodia muokattiin, siten että putkea aiottiin asentaa useampi kieppi per kerros.

Kompostin rakentaminen aloitettiin valmistelulla. Valmisteluun sisältyi laitteiden (patterin, putken, pumpun) hankinta ja tarvittava huolto, kompostin paikan valinta sekä kompostiin käytettävän eloperäisien raaka-aineiden valinta sekä hankinta. Valmisteluun myös kuului kompostin muodon sekä koon päättäminen. Kompostista päätettiin rakentaa lieriönmuotoinen ja alkuperäisesti kompostista suunniteltiin 1,5 metriä korkea ja 1,0 metriä leveä. Työtä tehdessä komposti kuitenkin kasvoi kahden metrin korkuiseksi. Kompostin paikka vakiintui kasvihuoneen nurkalta, josta putket saatiin vedettyä kasvihuoneeseen helposti maan alitse. Kompostin ulkopuolelle jäävät putkiosuudet päätettiin myös eristää muovilla, jotta hukkalämmön osuus saataisiin minimoitua.

KUVA 1. Vesikiertopatterin muoviputki eristettiin vaahtomuovilla, jotta hukkalämmön määrä saatiin minimoitua putken kulkiessa kompostin viimeisestä kerroksesta kasvihuoneeseen. (Pennanen 2018-08-25.)
Kuva 2. Eristetyt tulo- ja poistovesiputket kulkevat maan alitse kasvihuoneeseen (Pennanen 2018-08-25.)

Kompostissa päätettiin käyttää läheisen hevostilan hevoskarsinoista kerättyä hevosenlanta-puru-seosta, vanha säilörehupaali, olkea ja kuivaheinää. Näiden lisäksi kompostissa käytettiin pienempiä määriä metsänpohjankariketta, nuorkarjan kuivalantaa ja kotitaloudessa syntynyttä biojätettä. Raaka-aineiden valintaan vaikutti niiden kompostoituminen, kyky tuottaa lämpöä kompostoituessa sekä myös suositukset, joita raaka-aineet olivat saaneet muista samankaltaisista töistä. Hevosen-lanta ja puruseosta ja säilörehua käytettiin kompostissa sen korkean palamisasteen vuoksi. Case-tilallisten ja hevostilallisten tiedon pohjalta tiedettiin, että hevosenlantakasoissa lämpötilat nousivat hyvin korkeiksi samalla tavalla kuin säilörehulla. Hevosen lantaa saatiin käyttöön kahdesta eri pai-kasta.

Säilörehupaali, jota kompostissa käytettiin, oli case-tilan vanhaa satoa, eikä sitä enää voitu käyttää ruokinnassa pilaantuneiden kohtien takia. Säilörehupaali oli kostea, mutta sitä puristaessa siitä ei irronnut vettä. Ennen kompostiin laittamista paalista poistettiin jo melkein maatuneet kohdat, joilla ei kompostissa enää olisi ollut hyötyä.

Olki ja kuivaheinä olivat myös case-tilalta. Olkea ja heinää käytettiin, jotta kompostiin saataisiin il-mavuutta sekä karkeampia raaka-aineita. Kuivaheinäpaali oli myöskin huonolaatuista ja se oli alka-nut jo lämpenemään, joten kuivaheinälläkään ei ollut ruokinnallista arvoa. Metsänpohjan kariketta, nuorkarjan kuivalantaa sekä kotitaloudessa syntynyttä biojätettä työssä käytettiin vähiten. Paikalliset metsät ovat hyvin sammalpeitteisiä, joten metsänpohjan karikkeen hankinta olisi ollut työlästä sekä

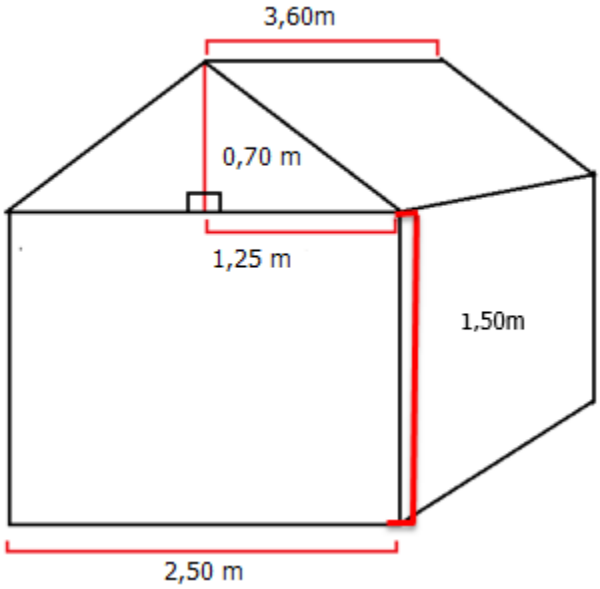
aikaa vievää. Sen lisäksi metsien sammalpohjia ei haluttu vahingoittaa. Nuorkarjan kuivalantaa käytettiin vain yhden kottikärryllisen verran. Kuivalanta raaputettiin tilan nuorkarjan ulkoaitauksesta. Biojätettä käytettiin vain kompostin yhdessä kerroksessa, kun tilan vanha emäntä heitti marjanperkkeet työvaiheessa kerrosten väliin. On huomioitavaa, että monet kunnat vaativat kotitaloudessa syntyvien biojätteiden, kuten ruoantähteiden, kompostoinnissa käytettävän umpikompostoreita (Riikonen ja Asikainen 1996, 171). Tässä työssä pieni määrä marjanperkkeitä olivat ainoa kotitaloudessa syntyvä biojäte, jonka vuoksi ne päätettiin lisätä kompostiin. Suurempia kotitaloudessa syntyviä biojäte määriä tulisi kompostoida kompostorissa, joka on haittaeläimiltä suojattu (Kiertokapula 2019).

Case-tilalle rakennettavassa kompostissa nuorkarjanlannalla ja hevosenlanta-purusekoituksella kompostiin saatiin sekä typpeä lannasta, että hiiltä seosaineena toimivasta sahanpurusta. Kuten aiemmin mainitut olki, heinä, puuhake ja myös metsänpohjankarike toimivat hyvinä hiililähteinä kompostissa ja ovat sahanpurun tavoin kosteutta imeviä raaka-aineita, jotka myös parantavat kompostin ilmataloutta.

Kompostin kokoon vaikutti lämmitettävän ilmatilavuuden koko. Case tilan kasvihuoneen pohjan mitat olivat 3,6 metriä x 2,5 metriä. Korkeutta kasvihuoneessa oli korkeimmillaan 2,2 metriä ja suoran seinän korkeus oli 1,5 m. Kasvihuoneen tilavuus selvitettiin ensin laskemalla pohjasta ja suorasta seinästä syntyvän kartion tilavuus. Tähän lisättiin kasvihuoneen katon muodostaman kolmion tilavuus. Kasvihuoneen runkojen muodostaman kartion tilavuus laskettiin kaavalla; 3,6 m X 2,5 m X 1,5m = 13,5 kuutiota.

KUVA 3. Kasvihuone, johon kompostilämmitys toteutetaan (Pennanen 2018-05-27.)

Katon harjan muodostaman kolmion tilavuus voidaan laskea muokkaamalla kuviollisesti ensiksi harjan muotoa. Harja jaetaan puoliksi ja osat asetetaan uudelleen niin, että harja on suorakulmaisen särmiön muodossa. Voimme päätellä, että särmiön korkeus on 0,70 metriä (2,20 m – 1,50 m), leveys 1,25 metriä (2,50 metriä / 2) ja pituus sama kuin kasvihuoneellakin eli 3,60 metriä. Täten kattoharjan tilavuus on 0,70 m X 1,25m X 3,60m = 3,15 kuutiota.



KUVA 4. Case-tilan kasvihuoneen mittoja

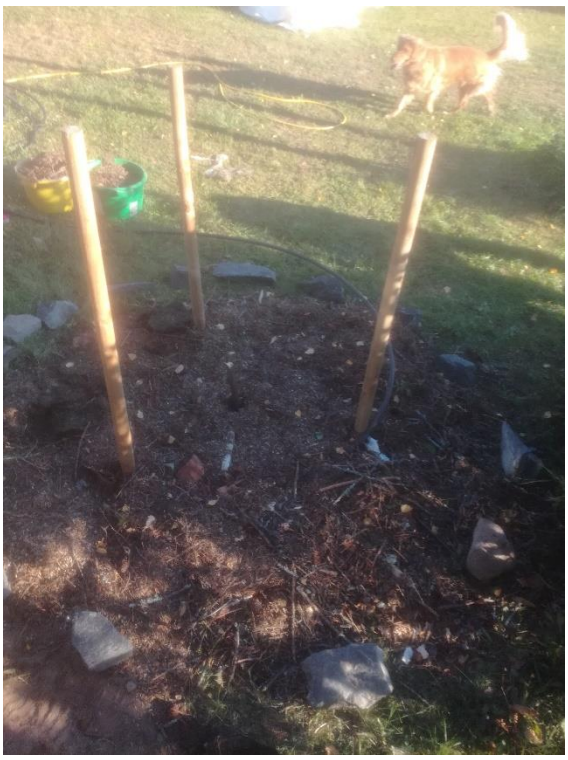
Sen lisäksi kasvihuoneen ilmatilavuuteen pitää lisätä vielä kasvihuoneen pohjalle jäävän kulkuväylän tilavuus. Kulkuväylän pituus on 2,75 m, korkeus 0,25 m ja leveys 0,55 m. Täten tilavuus on 0,378125 m3. Yhteen laskettuna kasvihuoneen ilmatilavuus on 13,5 m3 + 3,15 m3 + 0,378125 m3 = 17,028… m3 eli pyöristettynä 17 kuutiota. Jean Pain lämmitti 12 m3 kokoisen vajan kompostista kerätyllä lämmöllä läpi talven. Lämpötila, joka kompostista saatiin kerättyä, oli todella korkea ja sitä kuvailtiin jopa sietämättömän lämpimäksi. Komposti, jolla vaja lämmitettiin, oli suurikokoinen, ja se painoi noin 50 tonnia. (Feineigle 2011.)

Kasvihuoneeseen asennettu vesikiertopatteri on ostettu käytettynä paikalliselta LVI-yritykseltä. Patteria piti hieman kunnostaa ennen käyttöönottoa ja sen meno- ja tuloputkiin asennettiin lämpömittarit, joista kiertoveden lämpötilaa pystyttiin seuraamaan manuaalisesti. Lisäksi meno- ja tuloputkien liitoskohtiin asennettiin patterin ilmausta helpottavat ilmausventtiilit.

KUVA 5. Kuva toisesta patteriin asennetusta lämpömittarista, josta lämpötilaa voitiin seurata aina tarvittaessa. Kuvan mittarista voitiin tarkastaa poistoveden lämpötila. (Pennanen 2018-08-22.)
KUVA 6. Kasvihuoneeseen asennettu patteri sopii hyvin kasvihuoneen päätyyn ja tilaa jää vielä vesipumpun sekä putkiston asentamiseen. (Pennanen 2018-08-22.)

3.2 Rakentaminen

Kompostin rakentaminen alkoi 24.8.2018. Kompostin rakentamisen ensimmäinen vaihe oli hahmotella kompostin pohja rakennuspaikalle. Pohja mitattiin mittanauhan avulla ja hahmottelussa käytettiin apuna isoja kiviä, joiden sisälle kompostin alimmainen kerros oli helppo rakentaa. Kompostin sisälle asennettiin alussa kolme puutolppaa, jotta kompostista tulisi jykevämpi ja tolpat myös helpottivat putken asennusta kompostiin. Puutolpilla muoviletkua saatiin pysymään paikoillaan sillä välin, kun putkien päälle lisättiin uutta biomassaa. Apuna putken pitelemisessä käytettiin myös kiviä, jotka olivat tarpeeksi painavia pitelemään putkea paikallaan mutteivat kuitenkaan liian painavia, että putki olisi litistynyt.



KUVA 7. Kompostin sisälle asennetut puutolpat, joiden avulla kompostiin saatiin ryhtiä. Kuvassa kompostin ensimmäinen metsänpohjankarikkeesta tehty kerros (Pennanen 2018-08-24.)

Uloimman putkikiepin etäisyys kompostin ulkoreunasta oli 25–30 senttimetriä. Jokaisen putkikiepin väli toisistaan oli 15–20 senttimetriä paitsi kompostin keskuksessa, jossa putkia piti asennussyistä asettaa lyhyen matkaa lähemmin. Yhteensä kompostiin ja liitäntöihin kului 140 metriä putkea. Putken sisähalkaisija oli kaksi senttimetriä.

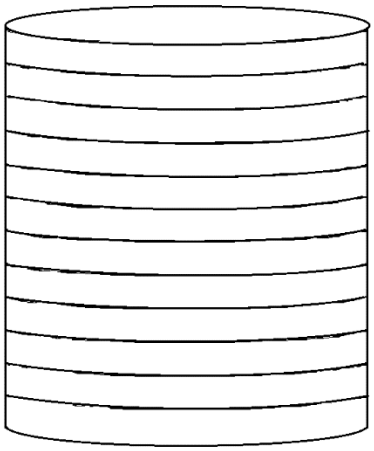
KUVA 8. Putkea asennetaan kompostiin useaan kerrokseen kieppeinä (Pennanen 2018-08-24.)
KUVA 9. Komposti rakennusvaiheessa hieman alle metrin korkuisena. Kuvassa putkea ei vielä ole asennettu ylimpään kerrokseen kiepeille (Pennanen 2018-08-27.)

Jokaista kompostiin rakennettua kerrosta kasteltiin sade- tai vesijohtovedellä. Kastelun määrä riippui siitä, kuinka kosteita kerroksessa käytettävät raaka-aineet olivat. Hevosenlanta-puruseos esimerkiksi saattoi olla välillä hyvinkin kuivaa, jolloin vettä käytettiin runsaammin. Vettä käytettiin kerroksissa 40–70 litraa ja kastelu toteutettiin 40 litran puutarhakastelukannulla, jonka suuaukolla oli sihti. Sihdin avulla kompostia pystyttiin kastelemaan tasaisemmin eikä kompostimateriaalit alkaneet valua veden mukana kompostista pois.

Kompostin piti aluksi olla 1,5 metriä x 1,0 metriä, jolloin sen tilavuus olisi ollut 1,76 kuutiota (m3). Koska raaka-aineita oli hyvin saatavilla, päätettiin heti alussa kompostin korkeutta sekä leveyttä kasvattaa 2,0 metriin, jolloin tilavuudeksi tuli pyöristettynä 6,28 m3. Laskukaavana käytettiin r2 x r2 x 3,14 x k = V. (r2=säde, 3,14=pii, k=korkeus, V=korkeus).

KUVA 10. Kompostin leveys pyrittiin pitämään koko ajan 200 cm:n levyisenä (Pennanen 2018-08-24.)

Kompostiin tehtiin 12 kerrosta. Jokaisen kerroksen paksuudeksi tuli 15–20 cm, riippuen miten paljon kerros litistyi kastelun aikana. Jokaista kerrosta myös tiivistettiin reunoilta, jotta komposti pitäisi muotonsa. Kompostin ylimmäiseen kerrokseen lisättiin kerros olkea, minkä tarkoituksena oli ehkäistä kosteuden haihtumista kompostista.



KUVA 11. Hahmotelma valmiista kompostista jaettuna kerroksiin

Taulukosta 1. voidaan tarkastella erikerroksiin tulleita raaka-aineita. Kerroksien tekemisellä haluttiin ehkäistä kompostin tiivistymistä, lisätä kompostin vesi- ja ilmataloutta ja mahdollistaa kompostin tasainen toiminta. Raaka-aineiden määrään vaikutti raaka-aineiden laadut. Esimerkiksi säilörehun ollessa erittäin märkää lisättiin kerrokseen myös hevosen lantaa, jotta kompostin kosteus pysyisi tasaisena.

TAULUKKO 1. Kompostiin rakennettujen kerrokset alimmasta ylimpään (1-12), raaka-aineet eriteltyinä kerroksittain ja kerroksiin asennettujen putkikieppien määrät

	HL= Hevosen lanta		KR= Metsänpohjan karike			SR= Säilörehu			HK= Hake		KL = Kuivalanta		
Kerros	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Raaka-aineet	HK, KR	HL	SR	SR,HL	HL	HL	SR	HL	SR	HL	HV,SR	SR	OLKI
Putki kieppien lkm.	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	

Kaikkiin, paitsi yhteen kerrokseen muoviputkea asennettiin neljä kierrosta. Poikkeuksena oli kompostin alimainen kerros, johon laitoimme vain kolme kierrosta kieppiä. Seuraavan kerroksen kohdalla huomasimme, että putkikierroksia mahtuu laittamaan neljä kieppiä per kerros, joten päätimme lähteä asentamaan putkea siten myös jatkossakin.

KUVA 12. Valmis komposti (Pennanen 2018-08-25.)

3.3 Seuranta ja tiedonkeruumenetelmät

Kompostista kerättiin tietoa sekä manuaalisesti, kuin myös automaattisesti. Automaattisen tiedonkeruun tekivät pienet nappimittarit, jotka asennettiin mittaamaan ulkoilman, kasvihuoneen sekä patterin tulo- ja menovesiputkien lämpötilaa. Mittareiden keräämä tieto pystyttiin kokeilun jälkeen purkamaan Excel-taulukkoon, josta ne oli helppo lukea. Ikävä kyllä, nappimittarit saatiin käyttöön vasta 4. päivä syyskuuta, jolloin komposti oli ollut toiminnassa jo 10 päivää. Tämän vuoksi manuaalisesti etukäteen kerätty tieto on hyvin tärkeätä. Manuaalisesti kerättyä tietoa pystyttiin myös käyttämään siinä tapauksessa, jos mittareiden toiminnassa olisi myöhemmässä vaiheessa ilmennyt häiriöitä, joiden vuoksi niiden keräämä data ei olisi ollut tutkimuskelpoista.

KUVA 13. Kompostin tuottamaa lämpöä mitattiin kuvan mukaisilla nappimittareilla (Pennanen 2018-09-04.)

Tulo- ja menovesiputkien lämpötilat kirjattiin ylös 2-3 kertaan päivässä putkiin asennettujen mittareiden avulla. Myös kaikki normaalista poikkeavat seikat, kuten lämpötilan nopea pudotus, kirjattiin ylös ja kompostia tarkasteltiin päivittäin. Kompostin seurantaan kuului muun muassa kompostin huoltotoimenpiteet kuten lisäkastelu, kompostin käänteleminen tai peittely.

Aina lämpötilan laskiessa kompostin ylintä kerrosta käytiin kääntelemässä. Kääntelyä tehtiin kolme kertaa ja kahdella ensimmäisellä kerralla kompostin lämmön tuotantoa saatiin nostettua. Kuitenkaan kolmannella kerralla kääntelyllä ei enää ollut vaikutusta.
Kompostia peiteltiin pitkään kestävien sateiden ajaksi paalimuovilla, jotta komposti ei kastuisi liikaa. 6.10.2018 komposti käärittiin pysyvästi paalimuoviin ja kompostin päälle myös asennettiin paalimuovi. Muovituksen aikana ulkoilman lämpötilat olivat jo kylmät. Muovieristyksellä haluttiin selvittää, voidaanko lämpötiloja kohottaa tai säilyttää pidempään kompostissa. Muovin ja kompostin väliin laitettiin olkikerros, jonka tarkoituksena oli eristää sekä sitoa happea kompostin käyttöön. Kompostin kääriminen paalimuoviin ei nostattanut enää kompostin lämpötilaa, mutta sen avulla saatiin mahdollisesti kompostin lämpötila pysymään pidempään samalla tasolla ja hillittyä lämmön laskua.

KUVA 14. Kuva kompostin päällystämisestä muovilla (Pennanen 2018-10-06.)

4 KOMPOSTIN KUSTANNUKSET

Kasvihuoneeseen asennettavan pumpun ja vesikiertopatterin yhteishinnaksi tuli 130 €. Hintaan kuului myös patteriin ja pumppuun asennettavat liittimet, käyrät ja patterin korjaus. Patteri oli vanha käytössä ollut vesikiertopatteri ja siinä oli muutama reikä, jotka piti paikata ennen käyttöönottoa. Pumpun teho on 65 wattia (W) ja litran verran vettä pumppu kierrätti kompostiin asennetussa putkistossa 23,5 sekunnissa. Kompostiin asennettu muoviputki tuli olemaan kallein opinnäytetyön osa. Muoviputkelle ja liittimille hintaa tuli yhteensä 208 € sisältäen arvolisäveron. Muoviputkea ostettiin yhteensä 140 metriä. Yhteensä työn vaatimiin tarvikkeisiin siis kului 338 €. Kompostiin tarvittavat raaka-aineet saatiin sekä tilalta, että naapureilta ilmaiseksi.

Putkea, pumppua ja patteria voidaan käyttää jatkossa, jos komposti aiotaan perustaa uudelleen seuraavina vuosina. Kompostia purkaessa tulee olla varovainen, ettei putki pääse littaantumaan tai rikkoutumaan, jotta sitä voitaisiin käyttää tulevina vuosina. Putkisto sekä patteri tullaan tyhjentämään vesikierron loputtua, jotta vältytään mahdollisilta pakkasen aiheuttamilta vahingoilta.

Vettä kompostiin kului noin 408 litraa rakennusvaiheessa ja sen lisäksi kompostia kasteltiin noin 40 litran verran myöhemmin kompostin kuivuessa. Yhteensä kompostiin käytettiin noin 448 litraa vettä. Veden alvilliseksi litrahinnaksi määriteltiin 0,00187 €, joten kompostiin käytettiin vettä yhteensä 0,83 € arvosta, jos ei oteta huomioon, että osa kompostista kasteltiin sadevedellä, jolloin ostetun veden määrä olisi vielä entistäkin pienempi. Koska kompostiin kulutetun veden arvo olisi hyvin pieni eikä sitä voida tarkasti määrittää, jätetään veden arvo pois laskelmista.

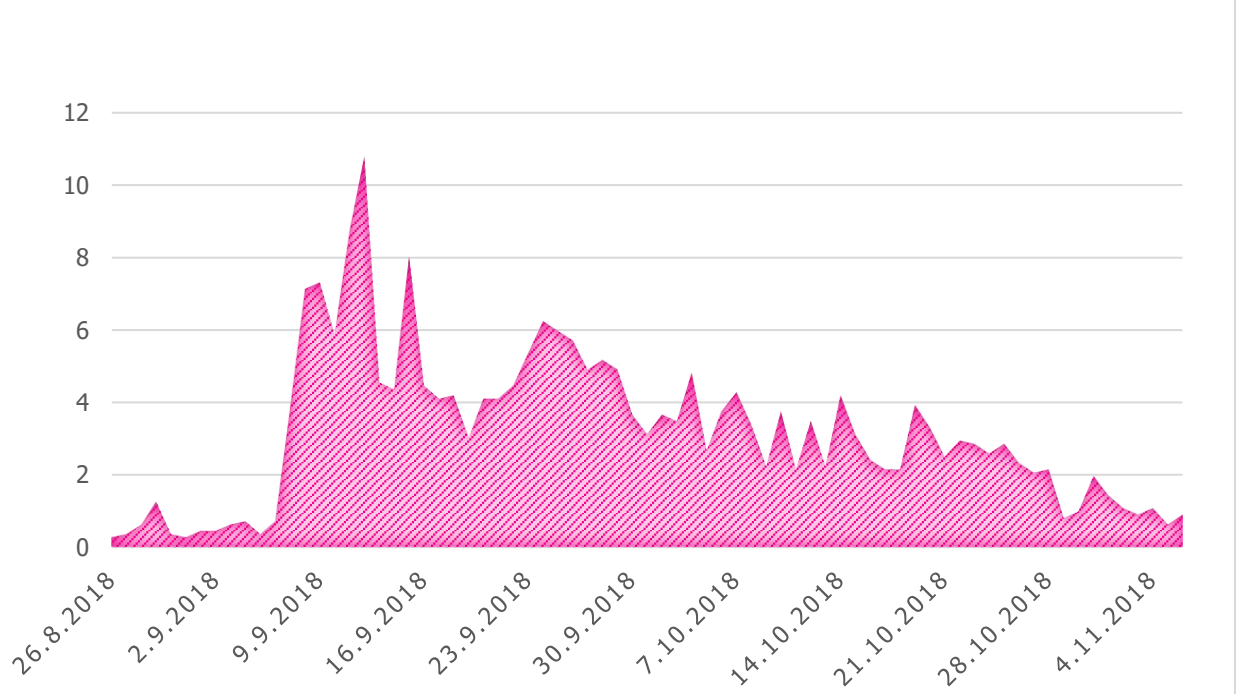
5 CASE- TUTKIMUKSEN TULOKSET

Kompostista kerättiin dataa nappimittareiden avulla. Sen lisäksi kompostin toimintaa seurattiin ja tietoja kerättiin ylös paperille. Paperille kerättiin tietoja kompostin lämmittämän veden lämpötilasta, joka tarkistettiin kasvihuoneeseen sijoitetun patterin tulo- ja poistoputkien mittareista. Sen lisäksi ylös kirjattiin kompostin hoitotoimenpiteistä, kuten kompostin kääntelystä ja lämmöntuotantoon tai muuhun kompostin toimintaan vaikuttavista tekijöistä. Paperille kirjattujen tietoja voitiin verrata nappimittareiden keräämään dataan, joka antoi luotettavuutta tietojen paikkansapitävyydelle. Kirjattujen tulosten avulla voitiin myös selittää erilaisten lämmöntuotantoa heikentäviä tai parantavia tekijöitä.

5.1 Kompostin tuottama lämpö

Kompostin rakentamisessa kului kaksi päivää. Toisena rakennuspäivänä jatkaessamme kompostin rakentamista olivat ensimmäiset kerrokset kompostista alkaneet jo lämpenemään. Toisena rakennus päivänä saimme kompostin rakennettua valmiiksi, jonka jälkeen jäimme odottamaan tuloksia. Kompostin lämmittämän veden lämpötila lähti nousemaan alussa lupaavasti ja se nousi 27.08.218 päivä ensimmäistä kertaa 30 asteeseen. Tällöin komposti oli ollut valmiina kaksi päivää. Sen jälkeen lämpimin kompostin lämmittämän veden lämpötila oli 36 astetta, johon päästiin 3.9.2018. Viimeinen päivä, kun kompostin avulla lämmitetyn veden lämpötila nousi yli 30 asteen, oli 13.9.2018. Tällöin komposti on ollut kuumavaiheessa ja jos kompostin materiaalit olisivat tarjonneet vielä lisää ravintoa kuumavaiheen pieneliöille, olisi kuumavaihe voinut vielä jatkua pidempään.

Oheisesta kuviosta 1 voidaan tarkastella milloin komposti tuotti eniten lämpöä. Kuten aiemmin jo mainittu, komposti pääsi korkeimpiin lämpötiloihin 12.9.2018 jolloin myös kilowattituntien tuotos oli korkeimmillaan. Tällöin komposti tuotti 10,8 kilowattituntia (kWh) sen päivän aikana.



KUVIO 1. Kompostin tuottama lämpö kokeen aikana

5.2 Omat havainnot kompostin toiminnasta

Komposti toimi aluksi hyvin ja lämpötila nousi liki 40 asteeseen. Aamuisin kompostin toimivuuden pystyi havaitsemaan silmin, kun kasvihuoneen ikkunaruudut olivat huurussa sisälämpötilan ollessa korkeampi kuin ulkolämpötilan. Kompostin lämpötila alkoi kuitenkin hiipua muutaman viikon päästä.

Vesikiertopumpun toiminnassa ei missään työnvaiheessa todettu olevan vikaa ja kasvihuoneen patteri pysyi koko ajan kättä lämpimämpänä. Tosin patterin lämpötila laski, kun kompostin lämmitysteho hiipui. Lämpötilaa yritettiin nostaa kolmeen otteeseen kääntelemällä kompostin ylimpiä kerroksia tai kastelemalla kompostia. Kääntelyn avulla kuohkeutettiin kompostia, jotta kompostiin saataisiin lisää happea ja lisää hajoamatonta ainesta kompostin reunoilta kompostin keskelle hajottajien ravinnoksi. Kuitenkin kompostin sisälle asennettu putkisto vaikeutti kääntelyä. Talikkoa kääntelyssä täytyi käyttää varovasti, ettei kompostin sisällä kiertävää putkistoa puhkottaisi.

Vaikka kompostista saatiin lämpöä kasvihuoneeseen, havaittiin myös lämpimän kesän vaikuttaneen kompostiin. Kompostin yksi sivu oli jatkuvasti suojassa suoralta auringon paisteelta minkä vuoksi se puoli ei kuivunut samalla tavalla, kuin auringon puoleinen puoli. Tätä ei osattu ajatella kokeen aikana minkä vuoksi kompostia kasteltiin aina tasaisesti. Tästä johtuen kompostin varjoisa puoli saattoi olla merkittävästi märempi, kuin kompostin auringon puoleinen puoli, mikä ei ole hyväksi kompostin pieneliöstölle.

Jäähtymisvaiheessa onnistuneeseen kompostiin alkaa kasvamaan homeita sekä sieniä, jotka ovat silmin havaittavissa. Sienet ja homeet ovat merkki kompostin siirtymisestä jäähtymisvaiheeseen, jonka aikana kompostin lämpötila lähtee laskemaan, koska hajottajat ovat käyttäneet nopeasti hajoavat energialähteet. Kompostissa tässä vaiheessa on jäljellä vain karkeat ja hitaasti hajoavat jätteet. (Biolan 2018.) Samalla tavalla case-tilan kompostiin alkoi nousemaan sieniä sekä erilaisia homeita kompostin päällimmäisiin kerroksiin. Kompostia tutkiessa pystyi huomaamaan, että kaikkein hienojakoisimmat ja helpoiten hajoavat raaka-aineet olivat muuttuneet silmin tunnistamattomiksi. Tällaisia olivat muun muassa sahanpuru sekä hevosenlanta. Säilörehun väri oli myös muuttunut radikaalisti tummemmaksi ja sen koostumus oli muovailuvahaisempaa.

Koska kompostista tuli hyvin korkea, sen huomattiin tiivistyvän enemmän pohjakerroksista suuren painon alla. Suunnitteluvaiheessa kompostista haluttiin tehdä mieluummin korkea kuin leveä tilan puutteen vuoksi. Painon takia aiheutuvaa tiivistymistä olisi voitu välttää raaka-ainevalinnalla, kuten käyttämällä enemmän haketta tai oksia, jotka olisivat sitoneet kompostiin ilmaa ja olleet kantavampia materiaaleja kompostin alimpiin kerroksiin.

Kompostin korkeus aiheutti muitakin ongelmia. Korkeuden vuoksi kompostin rakentaminen oli loppuvaiheessa aikaa vievää ja raskasta, kun raaka-aineita alettiin siirtämään yli 1,5 metrin korkeuteen aluksi käsipelin. Korkeuden kasvaessa raaka-aineita lastattiin ensiksi traktorin etukuormaajaan, jonka jälkeen raaka-aineet siirrettiin etukuormaajasta kompostiin. Myös myöhemmin toteutettu kom-

postin hoito oli kompostin korkeuden vuoksi hankalaa. Kompostia käänneltiin tikapuilta käsin talikolla, mikä oli hankalaa ja oli fyysisesti raskasta. Kompostissa kiertävien putkien suojeleminen ilmeni myös haastavaksi vaikean työasennon vuoksi. Seisominen kompostin päällä kääntelyn aikana olisi tiivistänyt kompostin rakennetta, jolta haluttiin välttyä.

Komposti aiotaan perustaa uudelleen ensi kesänä, jolloin mietitään uudelleen kompostin raaka-aineita ja rakentamistyyliä. Tämän kompostiversion kanssa tuli selväksi, ettei kompostiin jäänyt tarpeeksi ilmaa tiivistymisen vuoksi. Seuraavaan kompostiin aiotaan laittaa enemmän lujia raaka-aineita, joiden avulla voidaan välttää kompostin liiallista tiivistymistä. Tällaisia raaka-aineita ovat esimerkiksi risut, metsänpohjan karike ja hake. Metsänpohjankarike ja risut ovat edullisia raaka-aineita, joista varsinkin risuja on paljon saatavissa.

Ongelmaksi ilmeni myös kompostissa käytetty säilörehu ja sen käyttö rakennusvaiheessa. Säilörehu irtosi helposti paalista isoina palasina, joita oli helppo käyttää kompostin rakennuksessa, mutta palaset olivat tiiviitä. Palasia kannattaisi rikkoa ja möyhentää, jolloin säilörehu sitoisi itseensä enemmän happea ja tiivistymisen uhka vähentyisi.

Kompostin ilmataloutta voitaisiin myös parantaa nostamalla komposti maasta, esimerkiksi trukkilavan päälle, jolloin komposti saisi ilmaa myös pohjasta päin. Maasta nostamisella voitaisiin myös helpottaa kompostin vesitaloutta, kun liika vesi pääsisi valumaan kompostin läpi. Kompostin nostaminen trukkilavan päälle vaatisi kompostin tarkkaa seurantaa, ettei se pääse kuivumaan liikaa veden läpäisykyvyn parantuessa. Tällöin kompostoituminen ja lämmöntuotanto pysähtyisivät. Vaihtoehtoisesti kompostin pohjalle voitaisiin miettiä ilmaputkiston asentamista, jos kompostin nostaminen ei olisi mahdollista. Ilmaputkistoon voitaisiin käyttää esimerkiksi salaojaputkea, jolloin ylimääräinen vesi myös pääsisi poistumaan kompostista suoraan sille tarkoitettuun astiaan. Tällöin vettä voitaisiin käyttää tarvittaessa uudelleen.

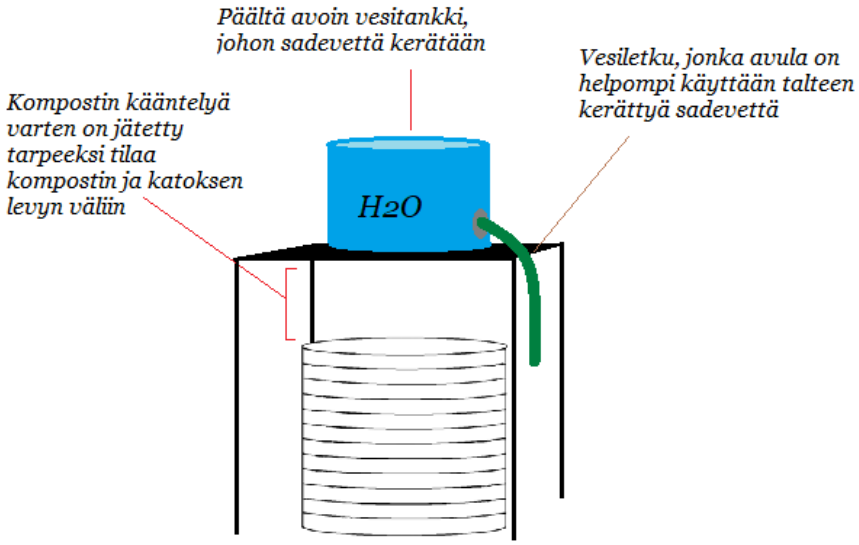
Vettä kompostin rakentamiseen kului paljon. Kerroksien kasteluun kului 20–40 litraa vettä riippuen kerroksen rakentamiseen käytettyjen raaka-aineiden kosteudesta. Toisena rakennuspäivänä, ennen rakentamisen jatkamista, kompostin ylintä kerrosta kasteltiin runsaammin sen kuivuttua paljon lämpimän päivän ja tuulen johdosta. Kerroksen kasteluun käytettiin 70 litraa vettä. Keskimäärin kompostin yhden kerroksen kasteluun käytettiin 34 litraa vettä. Yhteensä vettä kului rakennusvaiheessa kerrosten kastelemiseen 408 litraa. Ensimmäisten kerrosten kastelemiseen käytettiin talteen kerättyä sadevettä, mutta loput kerrokset kasteltiin vesijohtovedellä.

Märkyyden ja kompostin korkeuden aiheuttama tiivistyminen synnytti kompostiin hapenpuutteen minkä vuoksi komposti haisi sen siirtyessä kuumavaiheesta jäähtymisvaiheeseen. Haju oli ammoniakkimainen ja sen pystyi haistamaan jo 5-10 metrin päähän kompostista. Hajuun olisi voitu vaikuttaa valitsemalla kompostiin raaka-aineita, jotka imevät itseensä hajua, mutta tämä olisi voinut vaikeuttaa ongelman havaitsemista.

Seuraavaa kompostia rakentaessa voitaisiin huomioida veden kulutus paremmin keräämällä talteen enemmän sadevettä. Vaihtoehtoisesti kastelussa voitaisiin käyttää järvivettä. Järvivesi on vesijohtovettä ja sadevettä ravinteikkaampaa ja ravinteikkuudella voisi olla positiivisia vaikutuksia kompostin lämmöntuotannon kannalta. Ympäristöystävällisin ja eettisin vaihtoehto olisi kerätä sadevettä käyttöön, jolloin veden kuljetuksesta ei koituisi kustannuksia eikä puhdasta juomavettä käytettäisi kompostin kasteluun. Ongelmaksi voi muodostua sadeveden varastointi mahdollisuudet ja sateiden vähyys, jos edessä on kuiva kesä. Kuivaan kesään voitaisiin varautua keräämällä talteen lunta, jonka sulamisen jälkeen se on hyödynnettävissä kompostin rakennuksessa. Lumi tulisi varastoida astioihin, joista se ei pääse haihtumaan sulamisen jälkeen ilmaan.

Kompostin toinen sivu kuivui nopeasti auringon paisteessa. Kompostin kattamisella olisi kompostin kuivumiselta voitu välttyä, mutta samalla ei myöskään olisi voitu suoraan hyödyntää taivaalta satanutta sadevettä. Toisaalta kompostin kattaminen olisi myös vähentänyt kompostin kastelun tarvetta, kun komposti olisi välttynyt suoranaiselta auringon säteilyltä. Kompostin suojaaminen auringolta pitäisi toteuttaa siten, että komposti saa suojasta huolimatta riittävästi ilmaa, ettei sen pieneliökanta kuole hapenpuutteeseen. Vaihtoehtona voisi olla, esimerkiksi kompostin kattavan tasakattoisen katoksen rakentaminen. Tason päälle voisi asentaa päältä avonaisen, pienisilmäisellä verkolla varustetun säiliön, johon kerättäisiin sadevettä. Säiliön varustaminen verkolla ehkäisisi roskien, lintujen ja pienten nisäkkäiden tipahtamista säiliöön. Säiliöön asennettavan sulkuhanan ja letkun avulla sadevettä voitaisiin helposti hyödyntää kompostin kastelussa. Rakennelmaan ei tarvitsisi asentaa pumppua, koska vesi virtaisi painovoimaisesti alaspäin hanan auetessa. Katosta rakentaessa tulisi ottaa huomioon, että sen ja kompostin ylimmän kerroksen välille jäisi tarpeeksi tilaa kompostin kääntelyä ja muita hoitotoimenpiteitä varten. Tällöin ongelmaksi voi muodostua katoksen korkeus sekä katoksen varjostavuus. Korkean katoksen varjo ei ylety varjostamaan kompostin alimpia kerroksia, jolloin auringonvalo pääsee kuivattamaan kompostia. Tekemällä katoksen kattolevystä hieman kompostia leveämmän tai verhoamalla katoksen avoseinät tiheä silmäisellä, mutta ilmaa läpäisevällä kankaalla voidaan auringonvalon osumista kompostiin välttää. Katoksen avulla komposti ei pääse myöskään kastumaan vesisateessa liikaa.

Kompostin alimpien kerrosten kupeeseen voitaisiin istuttaa isolehtisiä kasveja, jotka suojaisivat kompostia suoralta auringonvalolta. Kasvien juurien porautuminen kompostiin parantaisi kompostin ilma- ja vesitaloutta. Kompostista vapautuva lämpö, kosteus sekä ravinteet auttaisivat myös kasvia kasvamaan. Hyötykasveista kurpitsat ovat todettu menestyvän hyvin komposteihin istutettuina. Kasvien istuttaminen ja hoito tulisi toteuttaa siten, etteivät kasvustot ole tiellä kompostia hoitaessa. Kasvit helpottaisivat myös kompostin kastelun tarpeen seuraamista. Kompostin ollessa liian kuiva, alkavat siihen istutettujen kasvien lehdet luupahtamaan. (Riikonen ja Asikainen 1996, 62.)



KUVA 14. Luonnos sadeveden hyödyntämisestä kompostin hoidossa sekä kompostin kuivumista estävästä katoksesta

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kompostista saatiin paljon tuloksia, joiden pohjalta uutta kompostia on seuraavana vuonna hyvä lähteä rakentamaan. Tuloksien pohjalta tehdyt johtopäätökset auttavat ymmärtämään kompostin toimintaa sekä siihen vaikuttavia tekijöitä. Johtopäätöksiin vaikuttivat omat havainnot kompostin toimintaan liittyen ja eri tahojen julkaisut komposteista, kompostoinnista sekä lämmöntuotannosta.

6.1 Kompostin onnistuminen

Komposti onnistui kokeena hyvin. Kompostin toiminnasta saatiin tuloksia ja tuloksien pohjalta pystyttiin myös sanomaan mitkä seikat ehkäisivät ja mitkä paransivat kompostin lämmöntuotantoa. Alussa komposti saatiin lämpenemään nopeasti eli kompostissa oli ihanteelliset olosuhteet kompostin lämpenemisvaiheessa eläville pieneliöille ja bakteereille. Kompostissa oli siis tarpeeksi ravintoaineita ensimmäisen vaiheen hajottajille. Kuumavaihe saatiin hyvin käynnistettyä, mutta se loppui hyvin pian. Komposti olisi tarvinnut lisää huokoisuutta, jotta tiivistymiseltä ja hapenpuutteelta olisi vältytty.

Jäähtymisvaiheessa kompostissa kasvoi sieniä sekä homeita, jotka kielivät kompostin siirtymisestä kuumavaiheesta jäähtymisvaiheeseen. Jäähtymisvaiheessa kompostissa tapahtuu yhä hajoamista sekä hajoamisen myötä syntyy myös lämpöä. Tällöin kompostin energiatehokkuus on pienimmillään. Kuitenkin jäähtymisvaiheessa tapahtuva hajoaminen on vielä hyödyksi, sillä silloin hajoavat kaikkein vaikeimmin hajoavat materiaalit kuten oksat. (Biolan 2018). Näin jätteistä saadaan käyttökelpoista maa-ainesta seuraavana vuonna kasvihuoneeseen.

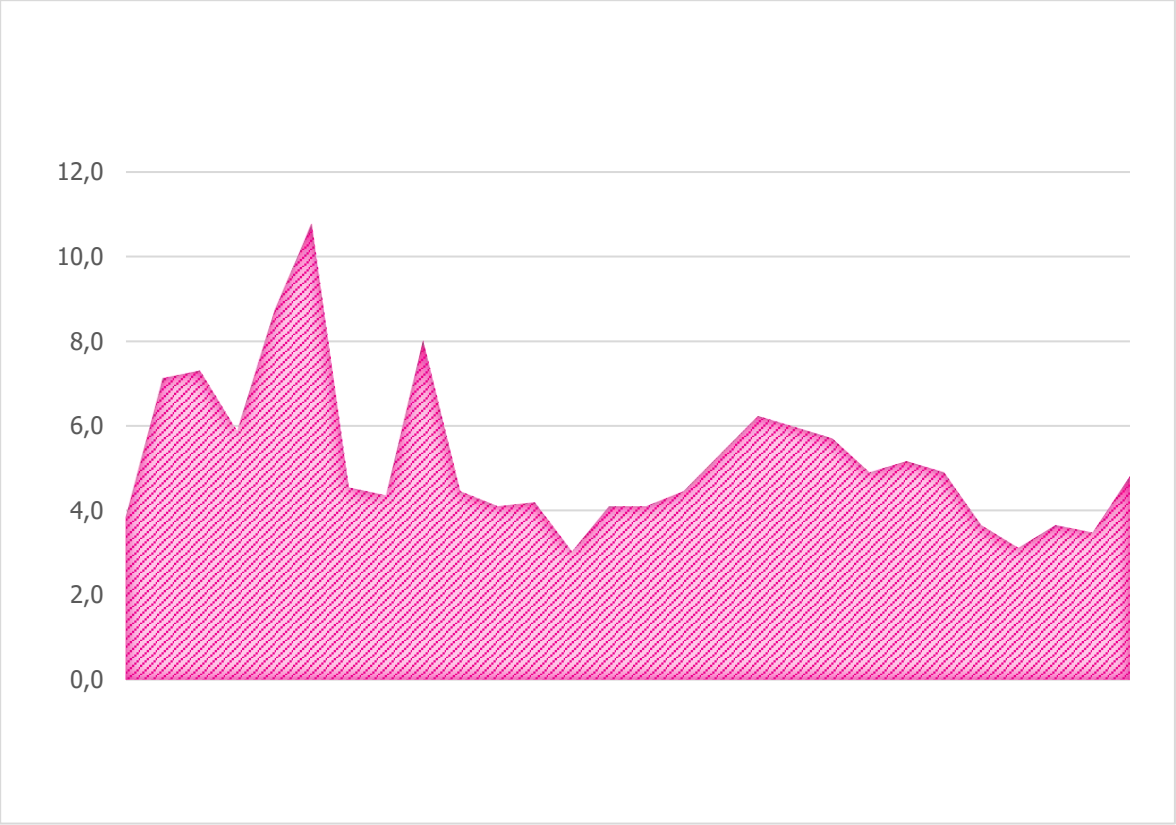
Kompostin lyhyt toiminta aika johtuu kompostin tiivistymisestä. Tiivistymiseen vaikutti kompostin rakennusvaiheessa vähän käytetyn seosaineiden määrä. Lisäämällä seosaineita kompostin kerroksiin olisi kompostista saatu ilmavampi, mikä olisi parantanut kompostissa toimivien bakteerien ja pieneliöiden toimintaa. Hevosenlanta-sahanpuru sekoitukseen olisi voitu sekoittaa haketta tai oksasilppua sillä yksistään sahanpuru oli liian hienojakoista eikä hevosenlantaa voi kutsua seosaineeksi sen pehmeän ja muotoutuvan rakenteen vuoksi.

Vuonna 2019 rakennettavassa kompostissa voidaan käyttää opinnäytetyötä varten tehtyä kompostia seosaineena. Vanhan kompostin käyttö uudessa kompostissa seosaineena parantaa uuden kompostin ilmataloutta sekä ehkäisee kärpästen pesiytymistä kompostiin. Näiden yhteisenä tekijänä myös pahan hajun muodostumisen riski kompostiin vähenee. (Kompostoitumisopas s.a.)

6.2 Energiatehokkuus

Kompostin energiatehokkuutta tarkastellessa on otettava huomioon kompostin toiminnassa ollut aika sekä tehokkaasti tuotetun lämmön aika. Komposti ei tuottanut tehokkaasti lämpöä koko tutkimuksen ajan, minkä vuoksi keskiarvo kompostin tuottamasta lämmöstä jää 3,2 kilowattituntiin (kWh) vuorokaudessa (vrk). Tällöin kompostin tuottaman energian arvo oli noin 0,38 €/vrk, kun kWh:n hinnaksi on määritetty 0,12 €. Tutkiessani aikajanaa 7.9.2018–4.10.2018, jolloin komposti tuotti parhaiten

lämpöä, oli keskimääräinen energiantuotanto 5,4 kWh/vrk. Tuona aikajaksona (28 vrk) komposti tuotti noin 18,14 € arvosta energiaa. Muina päivinä komposti tuotti 2,6 kWh/pv eli noin 0,20 €/vrk.



KUVIO 2. Kompostin tuottama lämpö 7.9–4.10.2018

Parhaimmillaan kompostin energiantuotanto on ollut kello 7:33–15:33, jolloin keskiarvoisesti (ka) komposti tuotti energiaa 0,13–0,35 kWh. Huonoimmillaan energian tuotanto oli kello 0:33–6:33 ja 16:33–23:33. Parhaiten energiaa tuottaneilla tunneillaan (7:33–15:33) kompostin lämmöntuotantoon alkoi vaikuttamaan ulkoilman lämpötilan nousu. Auringon noustessa tai yön viileyden hävitessä myös kompostin lämpötila alkoi nousemaan. Kuitenkin kello 16:33 eteenpäin kompostin lämpötila oli keskiarvoltaan madaltunut, vaikka siihen aikaan auringon valo vielä osui kompostiin. Aikajakson 16:33–6:33 heikkoa lämmön tuotantoa voidaan selittää kokeen loppuajalla vallinneella kylmällä aikajaksolla, joka hidasti lämmön tuotantoa aamuisin ja iltapäivisin.

Auringon valo ei lämmittänyt kasvihuoneen patteria ja vääristänyt tuloksia. Siinä tapauksessa poistuvan veden lämpötila olisi ollut korkeampi kuin tuloveden lämpötila, mikä olisi voitu todeta mittareiden mittauksista. Kello 17:33–19:33 välisenä aikana yhteenlaskettujen arvojen summa on huomattavasti pienempi. Syynä lämmön laskuun voi olla sateiden ja pilvisyyden sattuminen juuri noille kellonajoille tai mittareiden tekemä virhe. Alla olevasta taulukosta (taulukko 2) voidaan tarkastella kellonaikojen yhteenlaskettuja energian tuotoksia sekä myös tunnittaisia keskiarvoja.

TAULUKKO 2. Kellonaikakohtaisesti yhteenlasketut kompostin tuottamat lämpötilat.

Kellonaika	kJ yht.	kWh yht.	kJ ka.	kWh ka.
0:33	23727,9	6,6	395,5	0,11
1:33	25010,5	6,9	416,8	0,12
2:33	25010,5	6,9	416,8	0,12
3:33	24689,9	6,9	411,5	0,11
4:33	23086,6	6,4	384,8	0,11
5:33	25427,4	7,1	423,8	0,12
6:33	25523,5	7,1	425,4	0,12
7:33	28184,9	7,8	469,7	0,13
8:33	16737,8	4,7	279,0	0,08
9:33	29018,6	8,1	483,6	0,13
10:33	46109,1	12,8	768,5	0,21
11:33	**77628,8**	**21,6**	1293,8	0,35
12:33	**77404,3**	**21,5**	1290,1	0,35
13:33	**63392,0**	**17,6**	1056,5	0,29
14:33	34950,6	9,7	582,5	0,16
15:33	42421,7	11,8	707,0	0,20
16:33	19110,6	6,5	318,5	0,11
17:33	17603,6	4,6	293,4	0,08
18:33	17379,1	4,6	289,7	0,08
19:33	15551,4	4,2	259,2	0,07
20:33	24625,7	7,2	410,4	0,12
21:33	24721,9	7,0	412,0	0,12
22:33	24176,8	6,8	402,9	0,11
23:33	23952,4	6,7	399,2	0,11

Hyvillä raaka-aineilla ja rakentamisella kompostiin ei pitäisi vaikuttaa ulkoilman lämpötila. Talvella kompostin jäätyminen on normaalia, eikä sen pitäisi estää kompostoinnin jatkumista keväällä kompostin sulaessa, sillä jätteet säilyvät pakastettuina seuraavaan kevääseen. (Riikonen ja Asikainen 1996, 171.)

7 POHDINTA

Keskimääräisesti komposti tuotti 3,2 kWh/vrk eli noin 0,38 €/vrk. Näin alhainen energian tuotanto ei riitä ylläpitämään lämpöä tuotantotiloissa eikä komposti kata kustannuksiaan. Kustannuksia kompostia rakentaessa tuli 343,84 € ja kompostin tuottama energia arvo voidaan laskea kertomalla kompostin keskiarvoinen energiantuotoksen arvo mittauspäivillä; 0,38 €/vrk x 73 pv= 27,74 €. Kompostin rakentamisessa jäätiin siis miinukselle 315,26 €. On otettava huomioon, että kompostin vesikiertosysteemiin investoituja välineitä voidaan kuitenkin käyttää seuraavinakin vuosina ja kompostoinnin lopputuotteena syntyvä kompostimulta on arvokasta maanparannusainetta.

Oletetaan, että seuraavien neljän vuoden aikana kompostin toimintaa saadaan kehitettyä siten, että se tuottaa 73 päivän (yhden mittausjakson) aikana 10 kWh/vrk eli 1,2 €/vrk. Yhden mittausjakson aikana komposti tuotti 87,60 € edestä energiaa eli seuraavassa neljässä vuodessa kompostilämmitys on maksanut siihen käytettyjen investointien kustannukset ja tehnyt hieman voittoa. Tämä kuitenkin vaatii, että komposti onnistutaan rakentamaan joka vuosi onnistuneesti. Myös sään vaihtelulla on merkitystä kompostin toimivuuteen ja sen lämmöntuotantoon. Liian kuivana kesänä kompostia joudutaan kastelemaan, jolloin myös kompostin hoitokustannukset nousevat. Hyvin sateisena kesänä kompostia tulisi taas suojella liialta kosteudelta, ettei komposti tiivisty liikaa.

Case-tilan komposti pääsi tiivistymään, minkä vuoksi kompostiin syntyneen hapenpuutteen vuoksi kompostin kuumavaihe jäi hyvin lyhyeksi. Kompostin rakennusvaiheessa kompostia tiivistettiin enemmän reunoista, jotta se pitäisi ympyrälieriöisen muotonsa, mutta samalla kompostin ilmataloutta heikennettiin. Hapen ja ravinteiden loputtua kompostista myös pieneliöiden toiminta loppui puutteellisten olosuhteiden vuoksi. Ravinnonpuutteelta ja tiivistymiseltä halutaan välttyä seuraavalla kerralla kompostia rakentaessa, joten se on otettava huomioon kompostissa käytettävien raaka-aineiden valinnassa sekä rakennustyylissä.

Kompostoimalla voidaan vähentää tilalla tuotannossa syntyvien biojätteiden määrää. Komposti voidaan rakentaa käyttämällä ruokintapöydille tähteeksi jäänyttä tai pilaantunutta rehua, vasikkakarsinoissa kuivikkeena käytettyä olkea, nuorkarjan jaloitteluaitaukseen kertyvää lantaa ja kasvihuoneessa syntyvää biojätettä. Hevosenlanta muodostuu monille hevostilallisille ongelmaksi sen vaatiman varastointitilan vuoksi, joten hevosenlannan käyttäminen tilan kompostissa helpottaisi myös hieman hevostilallisia. Hevosenlannan hakemisesta kuitenkin muodostuu kustannuksia, minkä vuoksi lantaa kannattaisi käydä hakemassa kerralla isompi määrä ja tarvittaessa varastoida tilalle, kunnes lantaa voidaan käyttää.

Komposti aiotaan rakentaa uudelleen ensi kesänä tai syksynä riippuen sääoloista. Kylmänä kesänä komposti voidaan rakentaa aikaisemmin, kuin opinnäytetyön komposti, kun taas kuumana kesänä kompostista saatava lämpö on enemmän hyödyksi syksyllä lämpötilojen laskiessa. Seuraavassa kompostissa keskitytään kompostin tiivistymiseltä välttymiseen, sen lämmöntuotantojakson pidentämiseen ja lämmitettävän veden lämpötilan nostamiseen. Myös sadeveden hyödyntämistä kompostissa

aiotaan lisätä aloittamalla sadeveden keräämisen hyvissä ajoin ennen kompostin rakentamista. Kompostin peittämistä katoksella tai muulla suojalla täytyy myös harkita. Näin vältyttäisiin mahdollisten pitkään kestävien sateiden aiheuttamalta kompostin liialliselta kastumiselta ja tiivistymiseltä.

Kompostin rakentamisessa kannattaisi miettiä myös uutta tyyliä. Koska kompostoituvaa jätettä syntyy tilalle päivittäin pieniä määriä, voitaisiin harkita, lähdetäänkö kompostia täyttämään pikkuhiljaa työpäivän aikana syntyneillä jätteillä, eikä rakentaa kompostia kerralla, kuten kokeessa. Kompostista tulisi näin ilmavampi, eikä se vaatisi kerralla isoa työpanosta. Ongelmaksi voi kuitenkin muodostua lämmön keräämisen toteuttaminen kompostista. Putki voitaisiin asentaa patteriin kiinni vasta kompotin valmistuttua, minkä vuoksi osa jo syntyneestä lämmöstä on menetetty. Tähän voitaisiin harkita kiinteää putkistoa, jonka ympärille komposti rakennettaisiin. Kuitenkin putkisto pitäisi saada nopeasti peitettyä kompostilla, jotta energiahukka voitaisiin minimoida paljaana olevan putkiston kohdalta.

Jo johdannossa mainittiin, että työllä halutaan innostaa ihmisiä, niin tilallisia kuin muitakin, kokeilemaan komposteissa piilevän energian hyödyntämistä. Kompostien hyödyntäminen tiloilla ja myös muussakin tuotannossa voi tulevaisuudessa olla arkipäivää, kuten se jo muutamilla tiloilla on. Jotta kompostien hyödyntäminen voisi yleistyä tiloilla, tulisi siitä tiedottaa enemmän ja kertoa kuinka sen voi toteuttaa. Myös uusia tapoja kompostista kerättävän lämmön hyödyntämiseen kehitellään varmasti. On toivottavaa, että näinkin energiarikasta ja hyödyllistä ekoenergian tuottajaa pystytettäisiin jossain vaiheessa arvostamaan yhtenä maailmaa mullistavana energiantuotannon lähteenä.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

AHLQVIST, Tiina 2019-01-30. Toimitusjohtaja Pinewood Stables Oy. [Puhelinhaastattelu] Iisalmi. haastattelija: Pennanen Susanna.

BIOLAN 2017a. Kompostoinnin perustarpeet [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2018-10-08] Saatavissa: https://www.biolan.fi/artikkelit/kompostointi/kompostin-perustarpeet

BIOLAN 2017b. Seosaineet ja ravinnetäydennys kompostoinnissa.

BIOLAN 2018. Mitä kompostointi on? [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2018-10-08.] Saatavissa: https://www.biolan.fi/artikkelit/kompostointi/mita-kompostointi-on

FEINEIGLE, Mark 2015. The Jean Pain Way. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-02-20.] Saatavissa: https://permaculturenews.org/2011/12/15/the-jean-pain-way/

JÄTEKUKKO s.a. Kompostoitumisvaiheet [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2018-10-08.] Saatavissa: https://www.jatekukko.fi/materiaalipankki/kompostointi/kompostoitumisen-vaiheet.html

KIERTOKAPULA 2019. Kompostointi [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-03-06.] Saatavissa: https://www.kiertokapula.fi/jatehuolto/kompostointi/

KONTKANEN, Minna 2013. Kaupunkiviljely. [Viitattu 2019-02-18] Saatavissa: https://savonia.finna.fi/Record/aapeli.158491 Vantaa: ProAgria Keskusten Liitto.

PENNANEN, Susanna 2018-08-25a. Vesikiertopatterin muoviputki eristettiin vaahtomuovilla, jotta hukkalämmön määrä saatiin minimoitua putken kulkiessa kompostin viimeisestä kerroksesta kasvihuoneeseen. Kuvassa 2. eristetyt tulo- ja poistovesiputket kulkevat maanalitse kasvihuoneeseen [digikuva]. Sijainti Iisalmi: Susanna Pennasen sähköiset kokoelmat.

PENNANEN, Susanna 2018-08-25b. Vesikiertopatterin muoviputki eristettiin vaahtomuovilla, jotta hukkalämmön määrä saatiin minimoitua putken kulkiessa kompostin viimeisestä kerroksesta kasvihuoneeseen. Kuvassa 2. eristetyt tulo- ja poistovesiputket kulkevat maanalitse kasvihuoneeseen [digikuva]. Sijainti Iisalmi: Susanna Pennasen sähköiset kokoelmat.

PENNANEN, Susanna 2018-05-27. Kasvihuone, johon kompostilämmitys toteutetaan [digikuva] Sijainti Iisalmi: Susanna Pennasen sähköiset kokoelmat

PENNANEN, Susanna 2018-11-28. Case-tilan kasvihuoneen mittoja [paint-piirros] Sijainti Iisalmi: Susanna Pennasen sähköiset kokoelmat.

PENNANEN, Susanna 2018-08-22a. Kuva toisesta patteriin asennetusta lämpömittarista, josta lämpötilaa voitiin seurata aina tarvittaessa. Kuvan mittarista voitiin tarkastaa poistoveden lämpötila [digikuva]. Sijainti Iisalmi: Susanna Pennasen sähköiset kokoelmat.

PENNANEN, Susanna 2018-08-22b. Kasvihuoneeseen asennettu patteri sopii hyvin kasvihuoneen päätyyn ja tilaa jää vielä vesipumpun sekä putkiston asentamiseen [digikuva]. Sijainti Iisalmi: Susanna Pennasen sähköiset kokoelmat.

PENNANEN, Susanna 2018-08-24a. Kompostin sisälle asennetut puutolpat, joiden avulla kompostiin ryhtiä. Kuvassa kompostin ensimmäinen metsänpohjankarikkeesta tehty kerros [digikuva]. Sijainti Iisalmi: Susanna Pennasen sähköiset kokoelmat

PENNANEN, Susanna 2018-08-24b. Kompostin leveys pyrittiin pitämään koko ajan 200 cm levyisenä [digikuva]. Sijainti Iisalmi: Susanna Pennasen sähköiset kokoelmat

PENNANEN, Susanna 2019-01-15. Hahmotelma valmiista kompostista jaettuna kerroksiin [paint-piirros]. Sijainti: Iisalmi: Susanna Pennasen sähköiset kokoelmat.

PENNANEN, Susanna 2018-08-25c. Valmis komposti [digikuva]. Sijainti Iisalmi: Susanna Pennasen sähköiset kokoelmat

PENNANEN, Susanna 2018-09-04. Kompostin tuottamaa lämpöä mitattiin kuvan mukaisilla nappimittareilla [digikuva]. Sijainti Iisalmi: Susanna Pennasen sähköiset kokoelmat

PENNANEN, Susanna 2018-10-06. Kuva kompostin päällystämisestä muovilla [digikuva]. Sijainti: Iisalmi: Susanna Pennasen sähköiset kokoelmat

PENNNANEN, Susanna 2018-12-20. Luonnos sadeveden hyödyntämisestä kompostin hoidossa sekä kompostin kuivumista estävästä katoksesta. [paint-piirros]. Sijainti: Iisalmi Pennasen sähköiset kokoelmat.

PIRKANMAAN-JÄTEHUOLTO 2015. Kompostointiopas [verkkokirja]. [Viitattu 2019-01-20.] Saatavissa: http://pjhoy.fi/inet/pjoy/flow.nsf/documents/CF41F3754DA8F84FC22577D1003FBFFB/$file/Kompostointiopas.pdf

RIIKONEN, Antti ja ASIKAINEN, Seppo 1996. Suomalainen puutarha käsikirja. Kahdeksas painos. [Viitattu 2019-03-06] Helsinki: WSOY.

SMTS 2014. Rumpukompostorista hevostallien lantalogistiikan ratkaisu? [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-01-18.] Saatavissa: http://www.smts.fi/MTP_julkaisu_2014/Posterit/106Huttunen_ym_Rumpukompostorista_hevostallien_lantalogistiikan_ratkaisu.pdf

SUOMEN YMPÄRISTÖOPAS s.a. Kompostointi [verkkodokumentti]. [Viitattu 2019-02-18] Saatavissa: http://www.ymparistoopas.com/kompostointi/