

# **Kierrätysmateriaalien kompostointi kasvualustakäyttöön – kypsyyden tes- taus**

Joni Hänninen

Opinnäytetyö

Marraskuu 2020

Luonnonvara- ja ympäristöala

Agrologi (AMK), maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Hänninen Joni	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Marraskuu 2020
	Sivumäärä 25	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Kierrätysmateriaalien kompostointi kasvualustakäyttöön – kypsyyden testaus</b>		
Tutkinto-ohjelma Agrologi (AMK) maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Tarja Stenman		
Toimeksiantaja(t) Tiina Siimekselä		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia kypsän kompostin käyttöä kasvualustoina erilaisilla puutarhakasveilla. Opinnäytetyössä tutkitaan erilaisten kompostien vaikutusta kasvien kasvuun. Opinnäytetyössä selvitetään myös, mitä tarkoitetaan kompostoitumisella ja mitä vaikutusta kompostin kypsyydellä on kasvien kasvuun.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkitaan neljä erilaista kompostiseosta. Tavoitteena on selvittää, sopivatko nämä kompostiseokset kasvien kasvattamiseen. Tätä varten näille seoksille tehdään kokeita, joita ovat kompostin kypsyyskoe, fytoksisuuskoee, ja ja juurenpituuskoee. Kompostien tutkimisen jälkeen kaikkiin komposteihin tehdään kaksi eri kasvatuskoetta, jotka ovat juurenpituusindeksi ja kasvatuskoee. Kasveista krassille ja kiinankaalille saatiin tulokset, joiden perusteella eri kompostiseoksia on mahdollista verrata. Valkoapilan osalta kokeesta ei saatu luotettavia tuloksia.</p> <p>Opinnäytetyössä ei käsitellä itse kompostoinnin prosessia eli miten se tapahtuu, vaan tässä opinnäytetyössä käsitellään, miten valmista kompostia tutkitaan, ja miten niihin tehdään fytoksisuuskoeeita, ja miten kokeista saatuja tuloksia tutkitaan.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) Kasvualusta. Kompostointi		
Muut tiedot ( <a href="#">salassa pidettävät liitteet</a> )		

Author(s) Hänninen Joni	Type of publication Bachelor's thesis	Date November 2020 Language of publication: Finnish
	Number of pages 25	Permission for web publication: X
Title of publication <b>Composting of recycled materials for growing ground use - maturity testing</b>		
Degree programme Degree Programme in Agriculture and Rural Industries		
Supervisor(s) Stenman Tarja		
Assigned by Tiina Siimekselä		
Abstract  <p>The purpose of this thesis is to study the use of mature compost as growing ground for various garden plants. The thesis investigates the effect of different compostes on plant growth. The thesis also examines what is meant by composting and what effect the maturity of compost has on plant growth.</p> <p>Four different compost mixtures are studied in the thesis. The aim is to determine whether these compost mixtures are suitable for growing plants. To this end, these mixtures are subjected to tests such as compost maturity test, phytotoxicity test, conductivity test, and ammonium and nitrogen test. After examining the compost, all compost is subjected to two different growth experiments, which are the root length index and the growth experiment. Results were obtained from plants for cress and Chinese cabbage. For white clover, no reliable results were obtained from the experiment.</p> <p>The thesis does not deal with the composting process itself, how it takes place, but this thesis deals with how the finished compost is studied, how phytotoxicity tests are performed on them, and how the results obtained from the tests are examined.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) Growing ground, composting		
Miscellaneous ( <a href="#">Confidential information</a> )		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Yleisestä kasvualustoista .....</b>	<b>5</b>
2.1	Fysikaaliset ominaisuudet .....	5
2.2	Kemialliset ominaisuudet.....	6
2.3	Biologiset ominaisuudet.....	6
2.4	Yleisimmät kasvualustat.....	7
2.5	Mitä on kompostoituminen?.....	8
2.6	Kasvatusalustojen lainsäädäntö .....	8
<b>3</b>	<b>Kompostiseoksissa käytetyt materiaalit. ....</b>	<b>10</b>
3.1	Ruokohelpipelletti.....	10
3.2	Kuorihiekka .....	10
3.3	Mädätysjäännös.....	10
3.4	Kuitusavi .....	11
3.5	Kompostoitu hevosen kuivikelanta .....	11
<b>4</b>	<b>Tutkimuksen toteutus.....</b>	<b>12</b>
4.1	Solvita-testi.....	13
4.2	Kuiva-ainepitoisuus määrittäminen .....	14
4.3	Fytoksisuus/Kasvatuskoe .....	14
4.4	Juurenpituusindeksi .....	16
<b>5</b>	<b>Tulokset .....</b>	<b>18</b>
5.1	Solvita-testi.....	18
5.2	Kasvatuskokeet.....	19
5.3	Juurenpituuskoe .....	21

<b>6 Johtopäätökset.....</b>	<b>22</b>
------------------------------	-----------

<b>Lähteet .....</b>	<b>24</b>
----------------------	-----------

### **Kuvat**

Kuva 1. Solvita-testi käynnissä.....	14
--------------------------------------	----

Kuva 2. Kasvatuskokeet käynnissä.....	16
---------------------------------------	----

Kuva 3. Solvita kokeen tulosten tulkintaa .....	19
---	----

### **Taulukot**

Taulukko 1. Biokas hankkeessa käytetyt kompostiseokset.....	12
---	----

Taulukko 2. Solvita testin CO <sub>2</sub> - ja NH <sub>3</sub> liuskojen tulokset ja kypsyyssindeksit .....	18
--	----

Taulukko 3. Kasvatuskokeiden tulokset .....	20
---	----

Taulukko 4. Juurenpituuskokeen tulokset .....	21
---	----

# 1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia erilaisten kompostiseoksien soveltuvuutta kasvien kasvualustoiksi kasvatuskokeiden avulla, ja selvittää sopivatko tähän opinnäytetyöhön valitut kompostiseokset kasvien kasvualustoiksi.

Tämän opinnäytetyön aihe lähtee siitä, kun ihmisten kiinnostus kaupunkiviljelyyn on kasvanut viime vuosina paljon. Ihmisiä kiinnostaa kasvattaa itse omia hyöty- ja koristekasveja omilla pihoidillaan ja parvekkeillaan. Tätä varten haluttiin kehittää sopiva kasvien kasvualusta, eli alusta missä näitä kasveja voidaan kasvattaa kaupungeissa.

Opinnäytetyön aihe tuli osana Biokas-hanketta, joka on Jyväskylän ammattikorkeakoulun ja Luonnonvarakeskuksen (Luke) yhteinen hanke. Hankkeen tavoitteena on kehittää kaupunkiviljelyyn soveltuva kasvualusta, joka olisi ympäristöystävällinen ja joka olisi helposti kierrätettävä, kun kasvualusta olisi käytetty.

Biokas-hankkeessa hyödynnetään biologisesti hajoavia sivuvirtoja, joita syntyy teollisuuden sivutuotteena. Tässä hankkeessa käytetään Äänekosken biotuotetehtaan tuotannon sivuaineena syntyvää kuorihiekkaa, mädätejäännöstä sekä lähialueen maatilalta saatua ruokohelpeen kuivattua hevosen lantaa. Näistä neljästä raaka-aineesta tehdään erilaisia kompostiseoksia eri mittasuhteilla, ja kun kompostit ovat valmistuneet, niitä lähdetään testaamaan soveltuvatko ne kasveille kasvualustoiksi.

Opinnäytetyössä käsitellään myös näiden valmistuneiden kompostien fysikaaliset, kemialliset ja biologiset ominaisuudet, jotka tutkittiin ennen kuin alettiin tekemään fyto-toksisuuskokeita. Näiden ominaisuuksien tunteminen on välttämätöntä kasvien kasvun kannalta sekä myös lainsäädännön kannalta. Kasvualustan täytyy täyttää tietyt vaatimukset, että niitä voidaan lain mukaan käyttää kasvien kasvatuksessa. Näitä ovat esimerkiksi lannoitevalmistuslaki (539/2006 Lannoitevalmistuslaki Finlex).

Tässä opinnäytetyössä ei käsitellä, kuinka teet ja hoidat oikein kompostia, koska sen prosessin selvittäminen laajentaisi liikaa opinnäytetyötä, ja lisäisi sen tekijän työtä merkittävästi, joten se päätettiin jättää kokonaan opinnäytetyön ulkopuolelle. Tämän takia käsitellään vain valmiita kompostiseoksia.

Opinnäytetyön tilaaja saa tästä opinnäytetyöstä valmiin tietopaketin tehdyistä kokeista, jotka tehtiin tämän opinnäytetyön aikana. Tässä opinnäytetyössä selvitetään

tutkimusprosessi ja kuinka näitä komposteja tutkittiin ennen kasvatuskokeiden aloittamista. Komposteista täytyy selvittää ennen kasvatuskokeiden aloittamista niiden pH, johtokyky, tuore paino ja kuiva paino. Lisäksi selvitetään, mitä nämä komposteista saadut tulokset merkitsevät kasvin kasvun kannalta. Lisäksi työssä selitetään, kuinka kasvatuskokeet tehtiin ja selitetään kokeista saadut tulokset, ja mitä ne merkitsevät kokeen onnistumisen kannalta.

Kompostien tutkiminen ja kasvatuskokeiden tekeminen tapahtui Biotalousinstituutin laboratoriossa. Teoriataustaa tähän opinnäytetyöhön saadaan alan kirjallisuudesta ja aikaisemmin samankaltaisista tehdyistä tutkimuksista.

Opinnäytetyön tuloksien perusteella pystytään näkemään, ovatko komposti-seokset sopivia kasvatusaluksia. Tulosten perusteella pystytään määrittelemään, pitääkö kompostiseoksissa muuttaa jotain, että ne täyttävät kaikki vaatimukset, jota kasvi vaatii kasvaakseen ja lisäksi on muistettava standardien vaatimukset.

## 2 Yleisestä kasvualustoista

Yleisesti ottaen kasvualustalla tarkoitetaan sitä alustaa, jolla kasvit kasvavat. Tämän takia on hyvin tärkeää ottaa kasvin kasvualusta huomioon, kun mietitään kasvin kasvumahdollisuuksia ja kasvin hyvinvointia, että ne saadaan menestymään. Tärkeää kasvin kannalta on, että sen juuristo pääsisi kasvamaan, joka puolestaan mahdollistaa paremman ravinnon ja veden saannin kasville, ja samalla myös tukee kasvia maahan, kun se kasvaa isommaksi. Kun kasville valitaan sopivaa kasvualustaa, pitää tuntea tämän alustan fysikaaliset, kemialliset ja biologiset ominaisuudet, jotta saadaan kasvi menestymään mahdollisimman hyvin. (Gruda, Qaryoutie & Leonardi 2013, 271–272.)

Näitä kolmea ominaisuutta käytetään yleensä kasvualustojen ominaisuuksien jakajana ja niitä jokaista myös usein käsitellään omana osuutenaan, mikä helpottaa kasvualustojen tutkimista. Mutta kuitenkin mitään näistä fysikaalisesta, kemiallisesta tai biologisesta ominaisuudesta ei voi jättää huomioimatta, jos on tarpeen selvittää kunnolla kasvualustan ominaisuudet, koska kaikilla näillä kolmella ominaisuudella on keskenään hyvin voimakas vuorovaikutus toisiinsa. (Hartikainen 2016, 40–41; Ruokonen 2018.)

### 2.1 Fysikaaliset ominaisuudet

Kasvualustan fysikaaliset ominaisuudet kuvaavat, millaista kasvualusta on rakenteeltaan. Kasvatusalusta koostuu maahiukkasista, muruista ja näiden väliin jäävistä pienistä huokosista, mikä itsessään muodostaa kasvualustan kiinteän aineksen. Kasvit suosivat murumaista ja kuohkeaa kasvualustaa, jossa juuret pystyvät kasvamaan helposti ympäriinsä, mikä puolestaan auttaa kasvia saamaan myös ravinteita ja vettä paremmin kasvamista varten, kun juuret ovat levinneet ympäriinsä.

Mitä kuohkeampi kasvualusta on, sitä enemmän kasvualustassa on huokosia, mitkä auttavat happea ja vettä kulkemaan kasvualustassa, mitkä ovat tärkeitä kasvun kannalta. Mitä huokoisempaa kasvatusalusta on, sitä parempi se on läpäisemään vettä ja



ilmaa. Huokoisuutta helpottaa myös veden imeytymistä syvemmälle juuristoon, jolloin se ei jää seisomaan maanpinnalle, esimerkiksi sateen jälkeen kovin kauan. (Tuominen 2015, 109.)

## 2.2 Kemiaalliset ominaisuudet

Kasvatusalustojen kemiallisia ominaisuuksia, joista yleensä ollaan kiinnostuneita, ovat alustan pH, johtokyky ja kasviraivinteet. Kasvualustan pH vaikuttaa paljon siihen, kuinka hyvin kasvi saa juurien avulla kasvualustasta ravinteita itselleen. Kaikista suosituimmat kasvuolosuhteet kasveilla olisi, kun kasvualustan pH olisi 5,5–6,5 välillä, koska tällöin kasviraivinteet on helppoiten kasvin käytettävissä. (Gruda ym. 2013, 218; Ruuska 2019, 13.) Jos kasvualustan pH on joko korkeampi, kuin tämä suositus, niin sillä voi olla haitallisia vaikutuksia kasvin kasvun kannalta, koska kasvit saavat heikommin ravinteita itselleen. Kasvualustan liiallinen happamuus (matala pH) vähentää kasvualustan kalsiumin ja magnesiumin määrää, joka taas edesauttaa kasvatusalustan tiivistymistä, kun edellä mainitut ravinteet auttavat pitämään alustan kuohkeana. (Tuominen 2015.)

Kaikki kasvit tarvitsevat kasvaakseen ravintoaineita, tai toisin sanoen pääravintoaineita, joita ilman kasvi ei pystyisi elämään. Näitä pääravintoaineita tunnetaan tällä hetkellä 16 erilaista. Kasvi tarvitsee näitä ravintoaineita kasvaakseen sekä aineenvaihduntaan. Ravintoaineen tarvittava määrä riippuu hieman siitä, mitä kasvia kasvatetaan ja millaisessa kasvatusalustassa niitä kasvatetaan.

## 2.3 Biologiset ominaisuudet

Kasvualustan biologisilla ominaisuuksilla tarkoitetaan, ettei alustassa ole mitään kasvin haittaavia tekijöitä, kuten rikkakasveja tai taudinaiheuttajia, eikä kasvualusta saa olla fytotoksinen, eli kasvualusta ei saa olla myrkyllinen kasveille (Grunda ym. 2013, 280; Ruuska 2019). Biologisella toiminnalla tarkoitetaan myös kasvatusalustan pieneliötoimintaa, sekä hyvää juurten kasvua. Pieneliöt ja juuret osallistuvat molemmat maan muru- ja huokosrakenteen muodostumiseen. (Tuominen 2015, 111.)

Pieneliöitä on grammassa mullassa noin 100–10 000 miljoonaa kappaletta. Sekä maassa että kompostissa ne pystyvät hajottamaan eloperäistä ainesta humukseksi,

jonka lisäksi ne pystyvät hajottamaan myös pieniä määriä torjunta-aineita, ja muita mahdollisia vierasaineita, jotka eivät kuulu kasvin kasvuympäristöön. Pieneliöillä on paljon hyviä vaikutuksia kasvualustan rakenteeseen, sillä ne esimerkiksi kuohkeuttavat maaperää. Pienelijöiden toimintaa on mahdollista parantaa lisäämällä puutarhapenkkiin esimerkiksi kompostihumusta. (Tuominen 2015, 112.)

## 2.4 Yleisimmät kasvualustat

Tällä hetkellä maailmalla yksi yleisimmistä kasvualustan pohjista on turve, jota käytetään yleisesti myös energiatuotannossa. Turvetta muodostuu eri suokasvien, sammaleiden, puiden, ja ynnä muiden kasvien orgaanisten aineiden osista, jotka alkavat maatumaan kosteissa ja hapettomissa olosuhteista. Turvekerroksia alkaa puolestaan syntyä tämän maatumisen aikana, koska suurien vesimäärien ja hapettomuuden takia kasvien osat eivät hajoa kokonaan, koska näissä olosuhteissa mikrobien toiminta on vähäistä. Mikrobien hitaan toiminnan takia kasveista jää aina hieman hajomatonta materiaalia jäljelle, ja tämä synnyttää aina uutta turvekerrosta pitkällä aikavälillä. (Turve N. d; Järvinen ym. 2016, 130.)

Turpeen suosioon kasvien kasvualustana on monia eri syitä. Näitä ovat esimerkiksi monille kasveille suotuisat fysikaaliset ja kemialliset kasvuolosuhteet. Turpeessa ei ole taudinaiheuttajia, eikä rikkakasvien siemeniä. Turpeessa on hyvä vedenimeytyskyky ja huokoisuus, jotka mahdollistavat kasvin hyvän kasvun. Turpeessa on alhainen pH aste noin 4. Tämä mahdollistaa, että turpeen pH astetta pystytään nostamaan kalkituksen avulla kasville sopivaan asteeseen. (Järvinen ym. 2016, 130; Turve N. d.; Grunda ym. 2013, 287.)

Vaikka turpeella on kasveille monia hyödyllisiä ominaisuuksia, turpeella on suuri vaikutus ilmastonmuutoksen hillinnässä, koska suot ovat merkittäviä hiilinieluja, jotka sitovat paljon hiilidioksidipäästöjä. Monissa maissa tavoitellaan kokonaan turpeen käytön luopumisesta, myöskin Suomessa on tavoittoa luopua turpeen käytöstä energiantuotannossa.

## 2.5 Mitä on kompostoituminen?

Jotta komposti saadaan onnistumaan pitää tietää, mitä kompostiin saa laittaa ja mitä ei saa laittaa, jotta komposti toimii oikein. Ja kuinka komposti toimii. Kompostoitumisella tarkoitetaan pieneliöiden toimintaa hapellisessa ympäristössä. Näitä pieneliöitä, jotka aiheuttavat kompostoitumisen, on muun muassa bakteerit, sienet, mikrobit ja maaperässä olevat lierot ja madot. Nämä pieneliöt hajottavat eloperäistä ainesta, joka muuttuu mullan tapaiseksi humukseksi ajan kanssa. (Tuominen 2015, 9–10.)

Jotta kompostoituminen tapahtuu, täytyy kompostoituvan olla sellaista materiaalia, jota pieneliöt pystyvät hajottamaan. Näitä materiaaleja, joita pieneliöt pystyvät hajottamaan, ovat muun muassa kotitalouksissa syntyvät ruuantähteet, kuten hedelmien, juurten, ja kasvien kuoret, ja kahvin ja teen porot. Myös eri puutarhajätteet, kuten puiden lehdet, kuolleet kukat, leikattu nurmikko ja muu samanlainen materiaali soveltuu kompostiin. Kompostiin sopii laittaa myös käymäläjäte, jota saattaa ihmisille syntyä esimerkiksi ulkokuussiin kesämökeille. Myöskin lemmikkieläin ja tuotantoeläinten lantaa voidaan käyttää komposteissa raaka-aineena. (Tuominen 2015, 11–15.)

Komposteihin ei puolestaan saa laittaa mitään tavaraa, mikä ei ole maatuva tavaraa. Tällaisia ovat esimerkiksi muovit, lasit, metallit ja ongelmajätteet. Nämä jätteet voivat estää pieneliöstön toiminnan kompostissa, jos näitä joutuu kompostiin, koska ne saattavat esimerkiksi aiheuttaa hapettomia tiloja komposteissa, joka puolestaan estää koko kompostointi prosessin, koska kompostoitumisprosessissa pieneliöt ravitsevat aina happea, jotta ne hajottavat maatuvia raaka-aineita.

## 2.6 Kasvatusalustojen lainsäädäntö

Kasvatusalustoilla on olemassa tiettyjä lakien ja asetusten asettamia vaatimuksia, joidenka näiden kasvatusalustojen on täytettävä, jotta niitä voidaan käyttää. Näitä lakeja ja asetuksia ovat muun muassa Lannoitevalmistuslaki 539/2006, Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24/11 ja Laki eläimistä saatavista sivutuotteista.

Lannoitevalmistuslailla 539/2006 tavoitellaan mahdollisimman turvallista, laadukasta ja kasvituotantoon soveltuvia lannoitevalmisteiden tarjontaa ja mahdollisten sivutuotteiden soveltuvuutta lannoitteiksi.

Lannoitevalmistuslaissa 539/2006 vaaditaan lannoitteelta tasalaatuisuutta, niiden on oltava turvallisia kuluttajille, ja sekä niiden on oltava sopivia kasvintuotantoon sopivia. Lannoite ei saa aiheuttaa haittaa ihmisille, eläimille eikä ympäristölle. Lannoitepakkauksen on sisällyttävä tuoteseloste, kun se luovutetaan kuluttajalle, josta selviää mitä lannoite sisältää, mikä on sen käyttötarkoitus, valmistaja ja maahantuoja.

### 3 Kompostiseoksissa käytetyt materiaalit.

Tämän opinnäytetyön kompostiseoksissa käytettiin raaka-aineina ruokohelpipellettiä, kuorihiekkaa, mädätejäännöstä, kuitusavea ja hevosen kuivikelantaa.

#### 3.1 Ruokohelpipelletti

Ruokohelpipelletti on kaupallinen kuivike, jota käytetään paljon eläinten kuivikkeena. Ruokohelpi on monivuotinen rehukasvi, jota kasvatetaan eläimille rehuksi, mutta myös sitä kasvatetaan myös energiatuotantoon.

#### 3.2 Kuorihiekka

Kuorihiekka on hienojakeista puunkuorta, jota syntyy selluteollisuuden ja paperiteollisuuden sivuvirtana. Kuorihiekkaa syntyy, kun paperi- ja selluteollisuuteen tuodut puut kuoritaan, ja kuorihiekka erotellaan puutavarasta kuorintaprosessin aikana. Kuorihiekkaa käytetään kateaineena kaatopaikalla, ja peitekerroksina kaatopaikoilla. Kuorihiekasta on tehty myös aikaisemmin opinnäytetyö, jossa tehtiin kasvatuskokeita kuorihiekalla, ja näistä kokeista saatiin tulokseksi, että se sopii parhaiten kasvualustaksi, kun kuorihiekkaa käytetään johonkin toiseen aineeseen sekoitettuna kasvualustana. (Ylimys 2013, 22.)

#### 3.3 Mädätysjäännös

Mädätysjäännös on biokaasun tuotannossa syntyvää sivutuotetta, joka muodostuu suurimmaksi osaksi biokaasuprosessin aikana hajoamattomasta materiaaleista ja mikrobimassasta. Biokaasun tuotantoprosessin aikana mikrobit hajottavat orgaanista ainesta biokaasuksi, ja kaikki hajoamaton materiaali on mädätysjäännöstä.

Mädätysjäännös pitää sisällään kaikkia mahdollisia raaka-aineita, joita käytettiin biokaasuprosessin aikana. Tämän takia mädätejäännös on aina syytä tutkia ennen sen käyttöönottoa. Mädätejäännös pitää sisällään myös kaikki ravinteet, jotka ovat tulleet raaka-aineiden mukana biokaasulaitokselle. Tämän takia Mädätysjäännös sopii hyvin kasvualustoiksi tai lannoitteiksi kasveille. (Kinnunen & Rintala 2015, 18, 94-96; Ruuska 2019, 18.)

### 3.4 Kuitusavi

Kuitusavi on paperiteollisuudessa syntyvää sivutuotetta. Kuitusavea syntyy paperiteollisuuden jätevesistä, jotka sisältävät kuitua. Jätevedet prosessoidaan ja pudistetaan, jolloin niistä saadaan erotettua ylimääräiset jätteet ja savimainen kuitu.

Kuitusavea käytetään paljon varsinkin erilaisilla maarakentamisessa, kuten kaatopaikkojen katteen rakentamisessa, koska kuitusavea on helppoa käsitellä ja muokata, ja se hyvin säänkestävää, ja kestää hyvin eri säänmuutoksia. (Raivio 2013, 12–13.)

### 3.5 Kompostoitu hevosen kuivikelanta

Tässä tutkimuksessa käytettiin hevosen lantaa, jonka joukossa on ruokohelpipelletti kuiviketta, jota käytettiin hevosten alustojen kuivikkeena.

## 4 Tutkimuksen toteutus

Kompostien kasvatusalusta tutkimukset järjestettiin Jyväskylän ammattikorkeakoulun laboratoriotiloissa vuonna 2019 kevään aikana. Tutkimuksissa tutkittiin eri kompostiseoksien soveltuvuutta puutarhatalouskäyttöön. Jotta pystytään varmistumaan, että nämä neljä kompostiseosta soveltuvat kasveille kasvatusalustoiksi, piti näille komposteille ensin määrittää, ovatko ne valmiita kasvatuskokeisiin, eli onko komposti kypsää. Näitä tutkimuksia ja analyyseja, joita komposteille tehtiin, olivat Solvita-testi, fytotoksisuus/kasvatuskoe, kuiva-ainepitoisuuden määrittäminen ja juurenpituusindeksi.

Biokas-hankkeessa valmistettiin neljä erilaista kompostiseosta. Taulukosta 1 näkee, mitä kompostiseokset sisälsivät, mikä niiden prosenttiosuus on kyseisestä kompostiseoksesta, sekä kompostista käytetty lyhenne tutkimuksen aikana.

Taulukko 1. Biokas hankkeessa käytetyt kompostiseokset

Kompostiseokset	Kompostiseoksen materiaalien välinen suhde	Kompostiseoksen lyhenne
Ruokohelpi + kuorihiekka + mädätejäännös	60 % + 26 % + 14 %	K1
Ruokohelpi + kuorihiekka + kuitusavi	60 % + 26 % + 14 %	K2
Kuorihiekka + kuitujae + kuivikelanta + mädätejäännös	60 % + 25 % + 15 % + 10 %	K3
Hevosen kuivikelanta + ruokopellettikuivike	67 % + 33 %	K4

## 4.1 Solvita-testi

Kompostin kypsyuden määrittämiseen käytettiin kaupallista Solvita-maaperätestiä, jossa mitataan CO<sub>2</sub>:n ja ammoniakkin määrät komposteista labraolosuhteissa. Solvita-testin avulla pystytään määrittämään, kuinka paljon CO<sub>2</sub>:n ja ammoniakkin tuotto on kompostissa.

Ennen Solvita-testin aloittamista kokeillaan nyrkkitestillä, onko komposti sopivan kosteaa ja kompostin annetaan asettua 1–2 vuorokautta ennen Solvita-testin tekemistä. Nyrkkitestillä voidaan todeta sopiva kompostin kosteus, ottamalla kompostia hieman nyrkkiin ja ja puristamalla kompostia kasaan nyrkissä, jos kompostista valuu vettä puristuksen aikana, komposti on liian märkää. Myöskin, jos puristuksesta syntynyt kompostipaakku ei hajoa ei hajoa pienestä kosketuksesta, on komposti liian märkää. Komposti on taas liian kuivaa, jos kompostipaakku hajoo itsestään puristuksen jälkeen. Komposti on sopivan kuivaa, kun sitä puristaessa käsi kostuu hieman, ja paakku hajoo, kun sitä kosketetaan kevyesti. (Itävaara 2006, 25.)

Solvita-testi toteutetaan mittaamalla CO<sub>2</sub>:n ja ammoniakkin määrä värireaktion avulla. Tämä mittaaminen tapahtuu Solvita-testiin tarkoitettussa lasipurkissa, johonka laitetaan kompostia merkkiviivaan asti. Lasipurkkia kopautetaan kevyesti pöytää vasten, kun se on täytetty, jolloin komposti tiivistyy hieman, jos kompostissa on isoja ilmataskuja. Tämän jälkeen lasipurkkiin laitetaan väriliuskat, jotka mittaavat CO<sub>2</sub>:n ja ammoniakki liuskat. Nämä liuskat asetetaan niin, että ne ovat luettavissa lasipurkin läpi. Tämän jälkeen lasipurkki suljetaan tiiviisti ja pidetään huoneenlämmössä 4 tuntia. Kun aika on kulunut, väriliuskojen värit tarkastetaan vertaamalla niitä värikarttaan. (Itävaara 2006, 29.)

Kuvassa 1 näkyy, kun Solvita-testin väriliuskat on laitettu lasipurkkiin ja Solvita-testi on käynnissä. Keltainen väriliuska mittaa hiilidioksidin määrää ja violetti ammoniakkin määrää





Kuva 1. Solvita-testi käynnissä

## 4.2 Kuiva-ainepitoisuus määrittäminen

Kuiva-ainepitoisuus määrittämisestä määritellään, kuinka suuri kompostiseoksen painomäärästä on vettä. Kuiva-ainepitoisuudella tarkoitetaan sitä osaa kompostiseoksesta, kun siitä on poistettu kaikki vesi. Tässä tutkimuksessa käytettiin standardia SFS-EN 13040, joka soveltuu kuiva-ainepitoisuuden määrittämiseen laboratorioolosuhteissa.

Kuiva-ainepitoisuuden määrittämisestä kaikista neljästä kompostiseoksesta laskettiin kolme 100 g näytettä folioastioihin. Jokaisesta 100 g näytteestä otettiin muistiin tyhjän folioastian paino, jonka jälkeen mitattiin 100 g näytettä ja tämän jälkeen mitattiinastian ja kompostinäytteen yhteispaino.

Kun kaikista kompostiseoksista saatiin laskettua tarvittavat painot, ne laitettiin lämpökaappiin, jossa on lämpöä +103 C ja näytteiden annettiin kuivua tässä lämpökaapissa 24 tuntia, jonka jälkeen näytteet mitattiin uudelleen. (Itävaara 2006, 17.)

## 4.3 Fytoksisuus/Kasvatuskoe

Tämän kokeen tarkoituksena on tutkia, onko kompostissa jotain fytoksisuutta, eli onko kasvualustassa, jotain haitallista kasville, joka vaikuttaisi sen itämiseen, kasvuun tai juurien kasvuun. Näitä ominaisuuksia tutkitaan tekemällä kasvatuskoe tutkitta-

vaan kompostiin. Kasvatuskokeen tarkoituksena on kasvattaa kasveja 2 viikkoa hallituissa olosuhteissa, ja kasvatusajan jälkeen voidaan tarkastella, kuinka kasvatuskoe on onnistunut.

Kasvatuskokeissa on syytä ottaa huomioon, että eri kasvit ovat herkempiä kasvualustan mahdollisille kasvua hidastaville tekijöille. Tästä syystä on suositeltavaa valita useampi kasvilaji, kun suoritetaan kasvatuskoe. Valitsemalla useamman kasvilajin pystytään paremmin todentamaan, että mahdolliset kasvatuskokeen huonot tulokset johtuvat huonosta kasvualustasta, eikä kasvualustalle huonosti sopivalle kasvista.

Ennen kokeiden aloittamista kaikki kompostiseokset seulottiin 10 mm:n seulalla. Tämän avulla kompostista poistettiin kaikki mahdollinen kasvua haittaavat tekijät, kuten muovit, metallit tai lasi. Lisäksi seulominen hienontaa kompostia.

Tähän kasvatuskokeeseen valitsimme kolme eri kasvia, jotka ovat krassi, puna-apila ja kiinankaali. Jokaisella kolmella kasvilla tehtiin aina neljä vierekkäistä kasvatuskoea, jokaista neljää kompostiseosta kohden. Taulukosta 1 näkee eri seokset. Lisäksi kasvatuskokeeseen tehtiin turpeesta oma kasvatuskoe, jotta kasvatustuloksia voidaan verrata muihin kasvualustoihin. Jotta kasvit erotetaan toisistaan, ne merkittiin ruukkuihin, mikä kasvi siinä kasvi kasvaa, kompostiseos merkittiin numerolle (1 – 4), lisäksi samaa kasvia merkittiin kirjaimin A, B, C ja D. Turpeelle, jota käytetään tässä kokeessa verranteena, merkitään O:lla.

Kompostiseoksien lisäksi tähän kasvatuskokeeseen otettiin mukaan verrannemullaan. Verrannemullan tarkoituksena on antaa varmoja kasvutuloksia, johonka pystytään tutkittavien kompostiseoksien kasvutuloksia.

Kasvatuskokeissa käytettiin 1 litran taimistoruukkuja, jotka täytettiin kompostiseoksella ruukussa olevaan yläraja merkkiin asti. Tämän jälkeen lisättiin hieman vettä, jotta saadaan kompostiseokset sopivan kosteiksi. Tämän jälkeen jokaiseen ruukkuun laskettiin 20 kasvin siementä, ja ne levitettiin tasaisesti ruukkuun. Tämän jälkeen siemenet peitetään kaupallisella vermikuliitilla. Vermikutiilia käytetään siemenkylvösten peittona, koska se nopeuttaa siementien kasvua, koska vermikuliitia pitää kompostin paremmin kosteana, ja kuohkeana. Kuvassa 2 näkyy merkinnät ja krassin siementen kasvu.



Kuva 2. Kasvatuskokeet käynnissä

#### 4.4 Juurenpituusindeksi

Juurenpituusindeksin tarkoituksena on määrittää kuinka hyvin kasvin juuret pystyvät kasvamaan kompostiseoksissa. Tämä on tärkeää tietää, koska juurien hyvä kasvu on tärkeä ominaisuus kasvin kasvun kannalta. Juurenpituuskokeen voidaan toteuttaa monella eri tavalla. Me toteutimme juurten kasvatuskokeet läpinäkyviin neliönmuotoisissa petrimaljoissa. Tähän kokeeseen käytimme Krassia koekasvina juurenpituusindeksin kokeessa. Tämä koe perustuu standardi SFS-EN 16086-2.

Ennen kokeiden aloittamista kompostit pitää olla seulottu puhtaaksi 10 mm:n seullalla, ja varmistetaan nyrkkitestillä, että kompostiseokset ovat tarpeeksi kosteita.

Kokeet aloitetaan täyttämällä petrimaljat kokonaan kompostilla, ja pinta tasoitellaan tasaiseksi. Tasoittamisen apuna käytimme lastaa, että saimme ne kunnolla tasaiseksi. Tämän jälkeen jokaiseen petrimaljaan tehtiin siemenille kylvökohdat lyijykynällä. Nämä kylvökohdat tehdään aina petrimaljan reunaan yhteen samaan riviin. Kynällä painetaan 10 - 20 mm:n syvyyteen kompostiin ja tähän koloon pudotetaan 1 siemen. Näitä kylvökohtia tehdään jokaiseen petrimaljaan aina 10 kappaletta. Tämän jälkeen, kun jokaiseen kylvökohtaan on laitettu yksi siemen, niin jokainen kylvökohta peitetään pienellä määrällä kompostia. On hyvä varmistaa, että siemenet peittyvät kunnolla kompostiin. Peittämisen jälkeen jokainen siemen kasteltiin tiputtamalla pipetillä pisara vettä sen päällä. Tämän jälkeen petrimalja peitettiin kannella, ja maljan ympärille laitetaan kuminauha, että kansi pysyy paikallaan.

Tämän jälkeen petrimaljat ovat valmiita kokeen aloittamiseksi. Petrimaljat viedään pimeään tilaan, jossa lämpötilan tulisi olla 25 C. Petrimaljat asetetaan 70–80 asteen kaltevuustasossa, niin, että se osa johon siemenet on istutettu osoittaa ylöspäin. Petrimaljoja pidetään tässä asennossa 72 tuntia, jonka jälkeen koe voidaan lopettaa, ja tarkistaa siementen itävyysprosentti ja mitata juurien pituus.

## 5 Tulokset

### 5.1 Solvita-testi

Solvita-testistä saatujen tulosten tulkinnassa käytettiin Solvita-testiin kuuluvaa väri-  
taulukkoa, jonka avulla tulkitaan CO<sub>2</sub>:n ja N<sub>3</sub>:n määrät kompostinäytteissä. CO<sub>2</sub> ja  
NH<sub>3</sub> saatujen tulosten perusteella komposteista tehdään kompostin kypsyysarvo,  
jonka avulla määritellään missä vaiheessa kompostoituminen on menossa kompos-  
tissa. Taulukossa 2 on esiteltynä Solvita-testin tulokset.

Taulukko 2. Solvita testin CO<sub>2</sub>- ja NH<sub>3</sub> liuskojen tulokset ja kypsyysindeksit

Näytt.otto pvm	Näytt.ot to aika	Näytteen purkitus aika	Odotusaika h	CO <sub>2</sub> luokka	NH <sub>3</sub> luokka	Komposti n kypsyys arvo
15.4.2019	14:30	16.4.2019 9:58	4	6	5	6
15.4.2019	14:30	16.4.2019 9:58	4	5-6	5	5-6
15.4.2019	14:30	16.4.2019 9:58	4	5-6	5	5-6
15.4.2019	14:30	16.4.2019 9:58	4	5	5	5

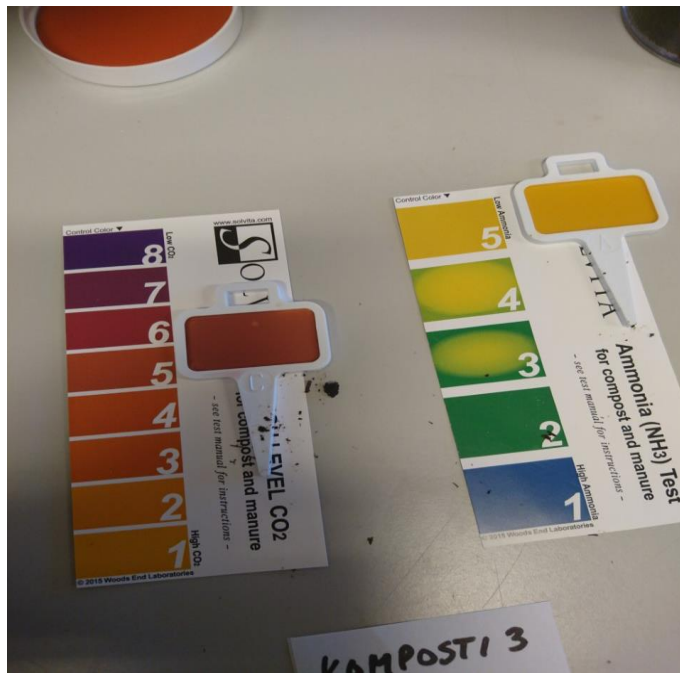
NH<sub>3</sub> määrää mitataan keltaisilla värikartoilla. Tämä keltainen väri ei muuttunut mis-  
sään 4 kompostiseoksessa, jolloin NH<sub>3</sub> arvoksi saatiin kaikissa komposteissa 5, kun  
väriliuskaa verrattiin värikarttaan. Tämä NH<sub>3</sub> arvot kuvaavat alhaista ammoniakki-  
pitoisuutta komposteissa.

CO<sub>2</sub> liuskat olivat kokeen alussa violetin värisiä, ja ne muuttuivat kokeen aikana rus-  
keiksi. CO<sub>2</sub> liuskojen antamia tuloksia oli vaikeampi lukea, johtuen pienistä värivaihte-  
luista tulosten välillä- Tämän takia oli vaikeaa arvioida kuuluvatko ne 5 vai 6 arvojen  
välille.

Tämän jälkeen, kun Solvita-mittauksen CO<sub>2</sub> ja NH<sub>3</sub> tulokset on tarkastettu ja laitettu  
muistiin, näiden tulosten avulla tehdään yhteenveto, jonka avulla pystytään määrit-  
tämään kompostin kypsyysarvo.

Kompostiseoksien kypsyyssarvoksi saatiin keskiarvoltaan 6. Tämä merkitsee sitä, että kompostit ovat kypsymisvaiheen loppupuolella, eli kompostit ovat käymisprosessin lopussa, mutta niissä on vielä vähän bakteerien hajotus toimintaa, jotka hajottaa kompostin maatuvia osia.

Kompostien kypsyyssarvon pitäisi olla arvoltaan vähintään 7, jotta komposti katsotaan kunnolla kompostoituneeksi, mutta Biokas hankkeen aikataulun takia, ei ehditty enää odottaa kompostin kypsymistä aivan loppuun asti, vaan kasvatuskokeet päätettiin aloittaa tästä huolimatta, koska kompostien kypsyyssaste oli kuitenkin niin lähellä valmista kompostia kuin se voi olla, joten kokeet päätettiin komposteille. Kuvassa 3 tulkitaan solvita kokeen tuloksia.



Kuva 3. Solvita-kokeen tulosten tulkintaa

## 5.2 Kasvatuskokeet

Taulukossa 3 on esiteltyä kasvatuskokeiden tulokset.

Taulukko 3. Kasvatuskokeiden tulokset

kasvi	Toistot	itävyys %	kasvi	Toistot	itävyys %	kasvi	Toistot	itävyys %
krassi			kiinankaali			valkoapila		
	OA	90		OA	100		OA	60
	OB	85		OB	90		OB	55
	OC	95		OC	100		OC	50
	K1 A	95		K1 A	90		K1 A	55
	K1 B	100		K1 B	100		K1 B	35
	K1 C	95		K1 C	90		K1 C	40
	K2 A	90		K2 A	100		K2 A	55
	K2 B	95		K2 B	100		K2 B	45
	K2 C	100		K2 C	90		K2 C	55
	K3 A	20		K3 A	100		K3 A	40
	K3 B	95		K3 B	100		K3 B	50
	K3 C	100		K3 C	100		K3 C	45
	K4 A	95		K4 A	100		K4 A	50
	K4 B	100		K4 B	90		K4 B	35
	K4 C	100		K4 C	100		K4 C	50
	K4 A 1/2	100		K4 A 1/2	100		K4 A 1/2	35
	K4 B 1/2	100		K4 B 1/2	90		K4 B 1/2	45
	K4 C 1/2	95		K4 C 1/2	90		K4 C 1/2	35

Kasvatuskokeet onnistuivat hyvin krassin ja kiinankaalin osalta, koska näiden itävyydet ovat yli 90 %, mutta valkoapila kasvatuskoe katsotaan epäonnistuneen, koska siitä saadut tulokset jäävät vain 50 % luokkaan tai siitä alemmaksi. Kasvatuskokeet katsotaan onnistuneeksi, jos siitä saadut keskiarvo kasvatustulokset ovat yli 90 %.

Tarkkaa syytä valkoapilan huonoon kasvuun ei osattu kokeen saatujen tulosten perusteella sanoa. Kasvatuskoe ei ehditty uusimaan kiireellisen aikataulun takia, joten ei voida varmistaa, että johtuuko valkoapilan huono kasvu huonosti tehdystä kokeen pystytyksestä valkoapilan kohdalla, mutta ottaen huomioon, että jokainen valkoapilan kasvatuskokeen tulos on noin alhainen, verrattuna krassin ja kiinankaalin saatuihin tuloksiin, niin valkoapilan huonot tulokset johtuvat todennäköisemmin huonosta kasvualustasta, joka ei sovellu valkoapilan kasvatukseen. Kiinankaalilla ja krassilla saatiin paljon lupaavampia tuloksia verrattuna valkoapilaan.

### 5.3 Juurenpituuskoe

Juurenpituuskokeesta onnistuttiin saamaan hyvin tuloksia (taulukko 4) ja kaikissa toistoissa krassin itävyysprosentti oli hyvää, kun se oli suurimaksi osaksi 90 % tai sen yli. Myös juurten mittaustulokset olivat tasaisia. Tuloksista näkee, että krassin siemenet lähtevät hyvin ja melko nopeasti kasvuun.

Juurenpituuskokeessa käytettiin samoja kompostiseoksien lyhenteitä, kuin kasvatuskokeen aikana

Taulukko 4. Juurenpituuskokeen tulokset

Kasvi	toisto	itävyys%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
krassi												
	O A	60	5,5	3,1	4,8	4,9	3,9	2,0				
	O B	90	6,5	6,5	3,3	4,2	3,5	4,9	1,0	3,0	1,8	
	O C	90	3,9	6,2	8,4	4,2	4,7	4,6	3,8	6,2	3,7	
	O D	100	5,0	3,0	4,8	6,5	3,2	3,3	6,0	4,4	5,0	6,0
	K1 A	100	6,6	2,3	6,7	7,1	6,2	5,7	6,7	6,1	6,5	7,1
	K1 B	100	8,0	7,8	7,0	7,6	7,4	6,0	9,5	7,3	7,7	5,9
	K1 C	100	6,1	7,1	7,7	8,9	11,4	6,7	8,0	7,8	6,1	7,2
	K1 D	100	7,9	7,4	4,3	7,3	4,1	7,6	5,3	7,3	5,9	7,5
	K2 A	70	5,5	6,1	5,7	5,5	7,1	4,6	4,7			
	K2 B	90	6,9	4,2	9,4	6,6	6,9	8,5	10,5	5,0	7,0	
	K2 C	90	4,5	7,5	4,4	6,1	4,8	4,6	4,1	3,3	6,9	
	K2 D	100	2,9	3,0	4,4	4,2	3,9	4,4	1,1	3,6	3,5	4,0
	K3 A	90	4,7	5,9	4,5	6,2	4,5	5,3	5,1	8,3	2,1	
	K3 B	90	4,7	3,4	1,1	5,7	5,2	5,0	5,2	4,4	0,6	
	K3 C	100	5,1	4,6	4,5	6,8	5,5	2,3	5,1	5,1	4,4	4,3
	K3 D	90	5,3	4,0	5,4	2,0	4,0	3,9	5,0	2,0	0,3	
	K4 A	100	5,8	5,6	6,3	5,4	4,0	6,6	6,4	5,2	6,3	6,2
	K4 B	100	6,5	4,4	3,3	2,4	6,1	3,0	7,2	7,3	7,8	5,5
	K4 C	90	5,7	4,6	6,7	5,5	6,5	4,8	5,9	5,5	5,7	
	K4 D	100	1,9	5,9	5,6	5,6	4,2	5,5	7,6	4,5	5,5	3,2



## 6 Johtopäätökset

Tässä opinnäytetyössä oli tarkoitus tutkia kompostien kypsyys solvita testillä, ja tämän jälkeen kompostiseoksille tehtiin kasvatuskokeet, ja juurenpituuskoe. Näistä tutkimuksista saatiin kaikista hyvin tuloksia. Solvita testin tulosten perusteella päädyttiin siihen tulokseen, että kasvatuskokeet voidaan aloittaa. Kasvatuskokeet toteutettiin Krassilla, kiinankaalilla, ja valkoapilalla.

Tästä kasvatuskokeesta kiinankaalilla ja krassilla saatiin hyviä tuloksia, mutta valkoapilan kasvatuskoe katsottiin epäonnistuneen sen heikon kasvun takia, ja biokas hankkeen tiukan aikataulun takia koetta ei ehditty uusimaan, jonka avulla olisi voitu katsoa saadaanko erilaisia tuloksia.

Juurenpituuskokeesta saatujen tulosten perusteella katsotaan tämän kokeen onnistuneen, koska krassin itävyys oli hyvä ja juurten kasvu oli tasalaatuista. Tarkempien tuloksien kannalta juurenpituuskoe olisi pitänyt suorittaa useammalla eri kasvulla, mutta ajanpuutteen vuoksi ei niin tehty.

### *Oma pohdinta*

Minä tulin Biokas-hankkeeseen tekemään näitä tutkimuksia kompostiseoksista. Kokeiden tekeminen aloitettiin lähes heti, kun olin valinnut tämän opinnäytetyön aiheeksi, joten aikaa tutkimuksiin liittyvään tietoihin tai kirjallisuuteen tutustuminen jäi hyvin vähäiseksi ennen kokeiden aloittamista. Tämän takia lähes kaikki kokeet ja tutkimukset olivat minulle kokonaan uutta asiaa. Tämän takia tutkimuksissa minua ohjasivat Sanna Kukkonen, joka on Luken puutarhatutkija ja projektityöntekijä Kaisa Ruuska, joilta sain paljon apua, kun tehtiin näitä eri kokeita komposteille. Suurta apua sain myös opinnäytetyön ohjaajalta Tarja Stenmanilta ja opinto-ohjaaja Teija Paloselta, jotta auttoivat paljon tämän opinnäytetyön kirjoittamisessa, ja ilman heitä se ei varmaan koskaan olisikaan valmistunut loppuun asti.

Omasta mielestäni nämä tutkimukset olivat todella kiinnostavia, ja vaikka itselläni ei ollut paljoakaan tietoa komposteista ja niiden eri käyttömahdollisuuksista, niin opin paljon uutta asiaa, kun tehtiin kompostiseoksilla näitä kokeita, sekä kirjoittaessani tätä. Opin tuntemaan myös minkälaisia sivuvirtoja syntyy teollisuudessa, ja miten niitä pystyttäisiin käyttämään paremmin uusiokäyttöön.

Tutkimusten mukaan nämä kompostiseokset sopivat joillekin kasveille, mutta ne vaativat vielä lisätutkimuksia, ainakin valkoapilan kohdalla. Itse näen tällä hankkeessa lisätutkimuksen aihetta, koska nyt turpeelle ollaan hakemassa korvaavaa kasvualusta ratkaisua tulevaisuudessa. Nykyisten arvioiden mukaan ihmisten määrä maapallolla on myös edelleen kasvussa, ja tämä lisää ruokatuotannon painetta lisää tulevaisuudessa, ja ilmaston muutos tuo mukanaan lisää haasteita, kun viljelykelpoista maaperää tulee häviämään ilmastonmuutoksen myötä ja tämä viljelymaaperän tilalle vaaditaan uusia ratkaisuja.

## Lähteet

Gruda. N. Qaryouti, M, M. & Leonardi. C. 2013. Growing media- Teoksessa good agricultural practices foer greenhouse vegetable crops. – Principles for Mediterranean Climate Areas. Julkaisija Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rooma Viitattu 24.4.2020

[https://www.researchgate.net/publication/255700709\\_Growing\\_Media](https://www.researchgate.net/publication/255700709_Growing_Media)

Hartikainen, H. 2016. maaperän reaktiot. Julkaisussa Maan vesi- ja ravinnetalous: ojitus, kastelu ja ympäristö. Salaojitusyhdistys ry. Toim- Paasonen-Kivekäs, M Peltomaa, R, VakkiLainen, P, % Äijö, P. 2 painos. Helsinki Viitattu 22.4.2020.

<https://www.salaojayhdistys.fi/fi/2015/10/maan-vesi-ja-ravinnetalous-ojitus-kastelu-ja-ymparisto/>

Itävaara, M. Vikman, M. Kapanen, A. Venelampi, O & Vuorinen, A. Kompostin kypsyystestit. Menetelmäohjeet. Helsinki. 2006. VTT Tiedotteita. Viitattu 7.9.2020

<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2006/T2351.pdf>

Kinnunen, V. & Rintala, J. 2015. Biokaasualan monet mahdollisuudet. Teoksessa biokaasuteknologia; Raaka-aineet, prosessoinnit ja lopputuotteiden hyödyntäminen. Toim. Kymäläinen M & Pakarinen, O. HAMKin e-julkaisuja 36/2015.Hämeen ammattikorkeakoulu. Viitattu 9.8.2020

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-771-1>

Takkinen, A. 2020 Viljakasvien juuriston kuvantamennetelmän kehittäminen. Opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu.Viitattu 5.10.2020

<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2020052012746>

Tuominen. K. 2015. Kaikki kompostoinnista ja maanparannuksesta. Viitattu 29-4.2020

Raivio, A. 2013. Kuitusaven jatkokäsittelyvaihtoehdot. Opinnäytetyö. AMK.

Kymeenlaakon ammattikorkeakoulu. Energiateknikka / Automaatio – ja

prosessiteknikka. Viitattu 9.8.2020 <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013121321142>

Ruokonen, J. 2018 Vaihtoehtoisten materiaalien käyttö kasvatusalustoissa.

Kandidaattityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Viitattu 26.4.2020

[https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/155355/Kandidaatinty%C3%B6\\_Ruokonen\\_Jenna.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/155355/Kandidaatinty%C3%B6_Ruokonen_Jenna.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ruuska. K. 2019- Ruokohelven, metsäteollisuuden sivutuotteiden ja eräiden

kierrätyslannoitteiden toimivuus kasvualustoissa. Opinnäytetyö Jyväskylän

ammattikorkeakoulu. Viitattu 25.4.2020

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/170785/Ruuska%20Kaisa.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Kinnunen, V. & Rintala, J. 2015. Biokaasualan monet mahdollisuudet. Teoksessa

biokaasuteknologia; Raaka-aineet, prosessoinnit ja lopputuotteiden hyödyntäminen.

Toim. Kymäläinen M & Pakarinen, O. HAMKin e-julkaisuja 36/2015.Hämeen

ammattikorkeakoulu. Viitattu 9.8.2020 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-771-1>

Tourunen, O.2016. Kuitusaven hyödyntäminen leijupetikattilassa. Opinnäytetyö. AMK. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, paperikonetecnologian tutkinto-ohjelma. Viitattu 9.8.2020. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2016121920983>

Turve. N,d. Bioenergian nettisivut. Viitattu 12.8.2020  
<https://www.bioenergia.fi/tietopankki/turve/>

Raivio, A. 2013. Kuitusaven jatkokäsittelyvaihtoehdot. Opinnäytetyö. AMK. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Energiatekniikka / Automaatio – ja prosessitekniikka. Viitattu 9.8.2020 <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013121321142>

Ylimys, S. 2013. Kuorihiekan kasvualustakäyttömahdollisuudet. Opinnäytetyö, AMK. Hämeen ammattikorkeakoulu, puutarhatalouden koulutusohjelma- Viitattu 4.9.2020. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013112618367>