

**SAVONIA**



Pohjois-Savon liitto



**Euroopan unionin  
osarahoittama**

Suomen Hevostietokeskus ry

# Hevosenlannan kompostoinnin taustaselvitys

Kirjallisuuskatsaus

Sanna Airaksinen, FT  
30.8.2024

# Hevoselannan kompostoinnin taustaselvitys

Hevoselannan kompostoinnin taustaselvitys, kirjallisuuskatsaus. Airaksinen, S., Suomen Hevostietokeskus ry, 30.8.2024

## Sisällys

Alkusanat .....	2
1. Orgaanisen aineen kompostoituminen .....	3
1.1. Kompostoitumisprosessin vaiheet.....	3
1.2. Kompostoitumisprosessia säätelevät tekijät .....	4
1.3. Hevoselannan ominaisuudet kompostoitumisen kannalta.....	6
1.4. Kuivikemateriaalien vaikutus hevosen kuivikelannan kompostoitumiseen.....	7
2. Hevoselannan kompostoinnin menetelmävaihtoehdoista ja niiden ominaisuuksista.....	8
2.1. Aumakompostointi .....	8
2.2. Rumpukompostointi.....	9
2.3. Säkkikompostointi.....	9
2.4. Tuubikompostointi .....	9
2.5. Apevaunukompostointi .....	10
3. Lainsäädännön asettamat vaatimukset hevosenlannan kompostoinnille sekä kasvinviljelyssä käytettävän lantakompostin laadulle .....	10
3.1. Lannan kompostoinnin toteutukseen liittyvät säädökset.....	11
3.2. Myytävän lannoitteen laatuvaatimukset .....	13
3.3. Myytävän maanparannusaineen laatuvaatimukset .....	14
3.4. Itse käytettävän maanparannusaineen/lannoitteen laatuvaatimukset .....	15
4. Hevoselantakompostin laadun monitoroinnissa käytettävät mittalaitteet ja arviointimenetelmät .....	15
4.1. Lämpötila.....	16
4.2. Hapen kulutus tai hiilidioksidin tuotanto.....	17
4.3. Kosteus ja kuiva-ainepitoisuus .....	18
4.4. PH, johtokyky ja nitraatti-/ammoniumtyypen suhde .....	18
4.5. Itävyyskoe.....	19
4.6. Muuta (ravinteet, C/N-suhde ja hygieenisuus) .....	19
5. Hevoselantakompostin hyödyntäminen kasvinviljelyssä .....	20
5.1. Peltoviljelyn näkökulma .....	21
5.2. Puutarhaviljelyn näkökulma .....	23
6. Kirjallisuus.....	25

## Alkusanat

Suomen Hevostietokeskus ry on toteuttanut Hevosenlannan kompostoinnin taustaselvityksen tilaustyönä Savonia-ammattikorkeakoulun Hevosenlannan kompostointi apevaunulla – Kikkareet kolikoiksi -hankkeelle. Hanketta rahoittaa Pohjois-Savon Liitto ja Euroopan unioni.

Kirjallisuuskatsaukseen on koottu hevosenlannan kompostointiin sekä sen laatuvaatimuksiin liittyvä tieto pelto- ja puutarhaviljelyn näkökulmista. Tavoitteena on ollut selkeyttää, mitä kompostoidussa hevosenlannassa saa ja ei saa olla kompostoitumisprosessin onnistumiseksi sekä erityisesti pelto- ja puutarhaviljelyn näkökulmat huomioiden. Kirjallisuuskatsauksessa selvitetään olemassa olevia kompostointivaihtoehtoja ja niiden ominaisuuksia. Aineistona on käytetty aihepiirin kansainvälisiä ja kansallisia tiedejulkaisuja, muita alan raportteja sekä kansallista lainsäädäntöä (voimassa olevat lait, säännöt ja määräykset).

Toivomme kompostoidun hevosenlannan hyödyntämisen lisääntyvän pelto- ja puutarhaviljelyssä.

Joensuussa 30.8.2024

Sanna Airaksinen

FT, ympäristöasiantuntija  
Suomen Hevostietokeskus ry

## 1. Orgaanisen aineen kompostoituminen

Kompostoinnilla tarkoitetaan kontrolloitua prosessia, jossa orgaaninen eli eloperäinen aines hajoaa kosteissa ja hapekkaissa olosuhteissa mikrobitoiminnan seurauksena. Mikro-organismit käyttävät eloperäistä ainesta ravinnokseen ja hajotustyön seurauksena muodostuu lämpöä. Mikro-organismien aktiivisuuden lisääntyessä kompostoitavan aineksen lämpötila kohoaa. Prosessin lopputuotteena syntyy hiilidioksidia, vettä ja hitaasti hajoavaa humusainetta. Hiilen määrä massassa vähenee kompostoitumisprosessin aikana. Orgaaninen aines, kuten hevosenlanta, hajoaa (maatuu) luonnossa ilman ihmisen vaikutustakin, mutta kompostoitumisprosessin olosuhteita säätelemällä ja optimoimalla voidaan varmistaa nopeampi prosessi ja laadukas lopputuote. Kompostoitumisprosessia voivat hidastaa mm. kompostin kuivuus, kompostin tiivistymisestä tai liiallisesta kosteudesta johtuva hapen puute, kompostin sisältämän hiilen suuri määrä typen määrään nähden sekä ympäristön matala lämpötila.

### 1.1. Kompostoitumisprosessin vaiheet

Kompostoitumisprosessi voidaan jakaa massan lämpötilan mukaan eri vaiheisiin, joissa hajotustoiminnasta vastaavat kyseisessä lämpötilassa elinkykyiset mikrobit. Massan lämpötilan kuumenemisvaihetta kutsutaan aktiivivaiheeksi. Korkea lämpötila tuhoaa kompostissa olevia taudinaiheuttajia ja suurimman osan patogeeneista on arvioitu tuhoutuvan, kun kompostin lämpötila on kolmen päivän ajan yli +55 °C (Jones ja Martin, 2003). Mikrobien kiivaan hajotustoiminnan seurauksena muodostuu runsaasti hiilidioksidia, joka vapautuu kompostin ilmatilaan ja on sieltä mitattavissa eräänä prosessin toimivuuden parametrina (Itävaara ym. 2006). Aktiivisen vaiheen edellytyksenä on, että mikrobeilla on riittävästi happea käytettävissä. Hapen riittävyyden varmistaminen voi edellyttää kompostoitavan massan ilmastamista kääntämällä, sekoittamalla tai paineilmalla massan läpi puhaltamalla tai imemällä.

Mikrobit voidaan jakaa lämmönsietokykynsä mukaan kolmeen ryhmään, jotka ovat: psykoofiiliset mikrobit (0-25 °C), mesofiiliset mikrobit (25-45 °C) ja termofiiliset mikrobit (yli 45 °C) (Halinen ja Totti, 2004). Sula komposti, jonka lämpötila on enintään 25 °C ja sama kuin ympäristön lämpötila, on psykoofiilisessa tilassa. Kompostoitumisprosessin ensimmäistä vaihetta kutsutaan mesofiiliseksi vaiheeksi. Tämän jälkeen vuorossa ovat termofiilinen vaihe, jäähtymisvaihe ja kypsyysvaihe. Suurimman osan orgaanisen aineen hajotustyöstä tekevät termofiiliset mikro-organismit (bakteerit, aktinomykeetit ja sienet), jotka käyttävät kompostoitavaa ainesta ravinnokseen ja viihtyvät yli 55 °C lämpötiloissa (Sweeten ja Auwermann, 2008). Kompostoitumisprosessin vaiheet on kuvattu lyhyesti seuraavassa.

#### Mesofiilinen vaihe

- Kompostimassan lämpötila on 25-45°C ja mesofiiliset mikrobit hajottavat helpommin hajoavaa orgaanista ainesta eli sokereita, tärkkelystä ja rasvoja. Lämpötila kohoaa mikrobitoiminnan vuoksi n. 40 °C:een. (Halinen ja Tontti, 2004)
- Muodostuu orgaanisia happoja ja kompostin pH laskee (Itävaara ym. 2006).
- Kompostia on tärkeää ilmastaa esim. kääntämällä, jotta mikrobeille turvataan riittävä hapen saanti. Hapettomat olosuhteet edesauttavat fytotoksisten yhdisteiden kuten haihtuvien rasvahappojen muodostumista (Itävaara ym. 2006). Fytotoksiset yhdisteet ovat kasveille myrkyllisiä ja rajoittavat niiden kasvua.
- Mesofiiliset organismit toimivat parhaiten lämpötilassa 23,9 °C – 40,6 °C (Chen ym. 2011).

## Termofiilinen vaihe

- Kompostimassan lämpötila kohoaa yli 45 °C:een (Halinen ja Tontti, 2004). Massan aktiivinen kompostoitumisen vaihe jatkuu.
- Termofiiliset organismit suosivat korkeampia lämpötiloja kuin mesofiiliset organismit ja termofiiliset organismit alkavat lisääntyä voimakkaasti, kun niiden elinympäristön lämpötila on yli >40,6 °C (Chen ym. 2011).
- Termofiiliset mikrobit hajottavat mm. proteiineja, joiden hajotessa muodostuu ilmaan vapautuvaa ammoniakkia (Halinen ja Tontti, 2004). Kompostin pH nousee termofiilivaiheen aikana (Itävaara ym. 2006).

## Jäähtymisvaihe

- Komposti alkaa jäähtyä, kun mikrobit ovat hajottaneet siitä helpoimmin hajoavan orgaanisen aineksen. Mikrobitoiminnan hidastuessa kompostin lämpötila alenee ja jäähtymisvaiheen lopussa kompostin lämpötila on lähellä ympäristön lämpötilaa. Kompostin pH alenee lähelle neutraalia pH-arvoa 7, koska ammoniakkimuodossa olevaa tyyppiä on vapautunut massasta termofiilisen vaiheen aikana. (Halinen ja Tontti, 2004). Mesofiilisessa vaiheessa kompostiin muodostuneet fytotoksiset yhdisteet häviävät kompostoitumisen edetessä (Itävaara ym. 2006). Fytotoksiset yhdisteet rajoittavat kasvien kasvua, joten niiden hajoaminen on toivottavaa kompostin käytettävyyden kannalta.

## Kypsymisvaihe

- Kompostoitumisen viimeisessä vaiheessa eli kypsymisvaiheessa kompostissa on jäljellä vain hyvin hitaasti hajoavaa orgaanista ainesta (ligniini ja muut pitkäketjuiset hiilihydraatit), mikrobitoiminnan aktiivisuus on vähäistä, eikä kompostin lämpötila enää juurikaan kohoaa (Halinen ja Tontti, 2004).
- Humusta muodostuu vähitellen kompostissa jäljellä olevien orgaanisen aineksen ja kuolleesta mikrobimassasta peräisin olevien proteiinien välillä tapahtuvien kemiallisten reaktioiden tuloksena (Halinen ja Tontti, 2004).
- Kompostin kypsyminen voi kestää kuukausia. Kypsä komposti on ulkonäöltään tummanruskeaa tai mustaa massaa, josta ei voi tunnistaa kompostin lähtöaineita. Kypsan kompostin haju muistuttaa lähinnä mullan hajua, ja hajun lähteenä ovat pääosin sädesienet. (Halinen ja Tontti, 2004)
- Kypsan kompostin pH on välillä 7-8 (Itävaara ym. 2006).
- Kompostin hajoamisen tasaantumista kutsutaan stabiiliudeksi. Stabiili komposti on hajonnut niin pitkälle, että sen hiilidioksidin tuotto ja hapenkulutus ovat vähentyneet huomattavasti kompostoitumisprosessin alkuvaiheeseen verrattuna (Itävaara ym. 2006).

## 1.2. Kompostoitumisprosessia säätelevät tekijät

Tärkeimmät kompostoitumisprosessia säätelevät tekijät ovat kosteus, kompostoitavan massan fysikaalinen rakenne ja tiheys, ilmavuus, ravinteiden tasapaino, pH ja lämpötila. Edellä mainituilla tekijöillä vaikutetaan kompostoitavassa massassa olevien pieneliöiden aktiivisuuteen ja massan kompostoitumisnopeuteen.

**Kosteus.** Kompostoinnin kannalta tarpeelliset mikrobit tarvitsevat liukoisessa muodossa olevia ravinteita, jonka vuoksi kompostoitavan materiaalin tulee sisältää riittävästi vettä. Kompostoitavan massan kosteuspitoisuuden tulee olla prosessin alussa 50-60 % (painosta) (Chen ym. 2011, Swinker ym. 1997). Massan kuivuus tai vaihtoehtoisesti liiallinen kosteus, hidastavat kumpikin orgaanisen aineksen hajoamista. Tästä syystä esimerkiksi kuivaan lantaan suositellaan lisättävän vettä kompostoitumisprosessin käynnistämiseksi. Veden liikey voi olla tarpeen myös kompostoitumisprosessin aikana. Kosteuspitoisuuden ollessa liian korkea, huokosiloissa oleva vesi syrjäyttää ilmaa ja luo hapettomia olosuhteita kompostoitavaan materiaaliin (Sweeten ja

## Hevosennälän kompostoinnin taustaselvitys

Auvermann, 2008). Valmiin kompostin kosteuspitoisuus on 20-30 % (painosta) (Sweeten ja Auvermann, 2008).

**Rakenne ja koostumus.** Kompostoitavan materiaalin tulisi olla sopivasti huokoista, jotta ilma voi liikkua massassa vapaasti. Hienojakoisiin materiaaleihin lisätään tavallisesti karkeampaa seosainetta massan huokoisuuden parantamiseksi sekä liiallisen nesteen sitomiseksi. Lisättävän seosaineen tarvittava määrä tilavuutena seosaineen ja kompostoitavan aineen muodostamassa kokonaisuudessa vaihtelee välillä vähemmän kuin 1/2 seosainetta - enemmän kuin 5/6 seosainetta ja on yhteydessä partikkelikokoon ja massan alkukosteuteen (Sweeten ja Auvermann, 2008). Suurten partikkelien pienentäminen voi olla tarpeen kompostoitumisprosessin edistämiseksi. Kompostoitumisprosessin alkamista voidaan vauhdittaa siten, että massaan lisätään ja sekoitetaan mikro-organismeja (kaupallinen valmiste tai valmistettu kompostia).

**Happi.** Aerobiset mikrobit tarvitsevat veteen liuotettua happea ja kompostoinnin tehokkuus riippuu vapaan hapen säilymisestä kompostihukkasten ympärillä olevissa huokostiloissa (Auvermann ym. 1999). Kompostoitavan materiaalin tulee sisältää 5-15 % happea (tilavuudesta) (Sweeten ja Auvermann, 2008), jotta happea tarvitsevien mikro-organismien toiminta on mahdollista. Orgaaninen aines hajoaa hapellisissa olosuhteissa ilman epämiellyttävien hajujen muodostumista (Auvermann ym. 1999).

Kompostoitumisprosessin kannalta sopivien happiolosuhteiden varmistamiseksi on olemassa erilaisia ilmastuskeinoja: massaa voidaan sekoittaa mekaanisesti, massaan voidaan puhalttaa ilmaa tai massan läpi voidaan imeä ilmaa. Ilmastuksen määrää voidaan vähentää kompostoitumisen edetessä.

Ilmastuksella on kompostimassaan viilentävä ja kosteutta vähentävä vaikutus, joten sitä voidaan käyttää prosessin hallinnassa silloin, kun komposti on liian kuuma tai märkä. Massan mekaanisella kääntämisellä voidaan saavuttaa tasalaatuisempi lopputuote kuin tilanteessa, että massaa ilmastetaan paineilmajärjestelmällä (Sweeten ja Auvermann, 2008). Mekaanisella kääntämisellä edesautetaan sitä, että myös kompostikasan pintaosissa oleva materiaali altistuu kohonneille lämpötiloille.

**Hiili, typpi ja muut ravinteet.** Kompostissa olevat mikrobit toimivat parhaiten, kun kompostoitavassa aineksessa saatavilla oleva hiili ja typpi ovat tasapainossa massan kosteuden ja happipitoisuuden kanssa (Auvermann ym. 1999). Kompostoinnin kannalta hyvä hiilen (C) ja typen (N) suhde on keskimäärin 25:1 – 30:1 painosta eli hiilen massa kompostissa on 25-30 -kertainen typen massa verrattuna (Auvermann ym. 1999). Edellä mainittua suurempi hiilen osuus typen osuuteen nähden aiheuttaa kompostointiprosessiin rajoittuneet olosuhteet typen osalta, minkä lisäksi valmiissa kompostissa on vähän typpeä. Kuivikelantakompostin C/N-suhteen pieneneminen arvosta 30:1 arvoon 20:1 lisäsi typen haihtumista ilmaan ammoniakkinä kananlantaa kompostoitavassa (Ogunwande ym. 2008). Lisäämällä seokseen runsaasti hiiltä sisältävää materiaalia (esim. sahanpurua) voidaan massan C/N-suhde tasapainottaa kompostoinnin kannalta edullisemmaksi.

Tavallisten orgaanisten jätteiden kompostoinnissa on toivottavaa, että hiilen (C), typen (N), fosforin (P) ja kaliumin (K) suhde kompostoitavassa materiaalissa olisi noin 25:1:0,2:0,8 (Sweeten ja Auvermann, 2008). Orgaanista ainesta hajottavat mikrobit tarvitsevat typpeä ja muita ravinteita aineenvaihduntaan ja lisääntymiseen. Hiiltä käytetään mikrobisolujen rakentamiseen ja energian toimittamiseen mikro-organismeille. Fosfori on mikrobien protoplasman ainesosa, ja kaliumia tarvitaan säätelemään osmoottisen paineen suhteita bakteerisoluihin (Sweeten ja Auvermann, 2008).

Materiaalin C/N-suhde alenee kompostoitumisprosessin edetessä, eli hiilen suhteellinen osuus seoksessa vähenee ja typen lisääntyy. Noin kaksi kolmasosaa orgaanisen aineen sisältämästä hiilestä muuttuu aineen mikrobiologisen hajoamisen seurauksena hiilidioksidiksi (CO<sub>2</sub>) ja vapautuu ilmakehään (Chen ym. 2011). Kompostoinnin aikana suurin osa tyypeä immobilisoituu ja varastoituu mikro-organismeihin, vaikkakin osa tyypeä häviää ammoniakkinä tai typpikaasuna. Jos kompostoitavan materiaalin typpipitoisuus on alhainen ja C/N-suhde korkea (yli 30:1), mikro-organismien on kierrätettävä tyypeä useiden bakteerisukupolvien kautta, kun

# Hevosenlannan kompostoinnin taustaselvitys

hiilipitoinen aines hajoaa (Sweeten ja Auvermann, 2008). Kypsän kompostin sisältämät ravinteet ovat hitaasti käyttökelpoisiksi vapautuvina orgaanisina yhdisteinä ja kompostia voidaan haitatta lisätä maahan suuriakin määriä (Rinne ja Sippola, 1984).

**pH ja toksiset yhdisteet.** Kompostoitavan massan pH:n tulee olla aluksi 6,5-7,2 parhaan kompostointituloksen saavuttamiseksi; valmiin kompostin pH on välillä 7,3-8,5 tai enemmän (Sweeten ja Auvermann, 2008). Märkkää lantaa tai lietettä kompostoitaessa massan pH voi prosessin alkuvaiheessa laskea arvoon alle 6,0 orgaanisten happojen muodostumisen vuoksi. Kyseiset hapot saattavat haista ja ne hidastavat aerobisten, termofiilisten bakteerien toimintaa. Liian korkea tai matala pH on harvoin ongelma hevosenkuivikelantakomposteissa.

Jotkut orgaaniset aineet (esim. kunnalliset - ja teollisuuslietteet) voivat sisältää aerobisille, termofiileille bakteereille myrkyllisiä yhdisteitä kuten raskasmetalleja. Lannassa ei ole merkittäviä pitoisuuksia raskasmetalleja (Sweeten ja Auvermann, 2008).

**Lämpötila.** Lämpötila on pääasiallinen kompostointinopeutta määräävä tekijä ja sitä käytetään myös kompostointimateriaalien kypsytyden arvioinnissa. Kompostoitavan massan lämpötila alkaa tavallisesti kohota muutaman tunnin tai päivän kuluttua. Lämpötilan kohoaminen johtuu siitä, että orgaanista ainesta ravinnokseen käyttävien ja samalla hajottavien mikrobien aineenvaihdunnassa vapautuu lämpöä. Ensimmäisenä hajotetaan helposti hajoavat yhdisteet kuten sokerit ja tärkkelys. Ligniini ja selluloosa ovat vaikeammin hajotettavissa ja ne muodostavat suurimman osan valmiista kompostista (Chen ym. 2011).

Aerobinen, termofiilinen kompostoitumisvaihe alkaa, kun massan lämpötila saavuttaa 45 °C. Tämän jälkeen kompostin lämpötila kohoaa yleensä nopeasti, kun lämpöä vapautuu monimutkaisten molekyylien tai orgaanisen aineen hajoamisessa yksinkertaisemmiksi yhdisteiksi (Sweeten ja Auvermann, 2008). Kompostin lämpötila voi olla korkeimmillaan yli 65,6 °C ja massa neuvotaan jäähdytettäväksi mekaanisen sekoituksen avulla tai ilmastusta lisäämällä, kun sen lämpötila lähestyy 71,1 °C (Sweeten ja Auvermann, 2008). Kompostin lämpötilan kohoaminen 85 °C:seen on merkki siitä, että biologinen hapettumisen on muuttunut vaarallisesti kemialliseksi hapettumiseksi, mikä voi johtaa spontaaniin kompostipaloon (Sweeten ja Auvermann, 2008). Kylmä sää voi viilentää kompostoitavaa massaa ja hidastaa, tai jopa pysäyttää, kompostoitumisprosessin (Auvermann ym. 1999). Kompostin lämpötila voi alentua myös mikrobitoimintaan vaikuttavan hapen puutteen tai kuivuuden vuoksi.

## 1.3. Hevosenlannan ominaisuudet kompostoitumisen kannalta

Hevosenlannan kompostoituminen alkaa tavallisesti nopeasti, kun lannan kosteuspitoisuus on kompostoitumisen kannalta sopivalla tasolla, eikä ympäristön alhainen lämpötila rajoita mikro-organismien aktiivisuutta. Hevosenlantakompostin lämpötilaksi on mitattu tavallisessa lantalassakin 60 °C ja esimerkiksi massaa ilmastettaessa on sen lämpötila kohonnut yli 70 °C:seen.

Iso osa kannelliseen kompostointilaatikkoon siirretyn hevosenkuivikelannan sisältämästä hevosen sonnasta murentui ja hajosi pienemmiksi partikkeleiksi kuukauden kuluessa kompostoinnin aloittamisesta; kuivikemateriaalin ulkonäkö ei juuri muuttunut kuukauden aikana (Airaksinen ym. 2001). Hevosenlanta yhdistettynä runsaaseen määrään kutterinpurua tai olkea on huokoista ja hyvin kaasua läpäisevää vaihtelevan hiukkaskonsa vuoksi (Auvermann ym. 1999). Hevosenlannan C/N-suhde (30:1) on optimaalisella tasolla orgaanisen aineksen kompostoitumisen kannalta (Northeast Regional Agricultural Service, 1992).

Sekä kompostoitumisprosessin että kypsän kompostin hyödynnettävyyden kannalta on erittäin tärkeää, että kompostoitavan hevosenkuivikelannan sekaan ei laiteta roskia (esim. muovia, paalinaruja). Vähäinen määrä karsinasta siivouksen yhteydessä poistettavia rehujätteitä ei hevosenkuivikelannan joukossa aiheuta haittaa kompostoitumisprosessille.

## 1.4. Kuivikemateriaalien vaikutus hevosen kuivikelannan kompostoitumiseen

Kuivikemateriaalilla ei ollut suurta vaikutusta hevosenkuivikelantakompostin lämpötilan kehitykseen silloin, kun käyttökelpoisen kuivikkeen määrä hevosen kuivikelantaseoksessa oli mahdollisimman pieni (Airaksinen ym. 2001). Selvityksessä tarkasteltiin hevosen kuivikelantojen kompostoitumista, kun kuivikkeena oli kutterinpuru, olki, turve, hammppupäistäre, sanomalehtipaperi, turve-kutterinpuruseos, turve-sahanpuruseos ja turve-olkiseos. Hevosten sonta ja virtsasta kastuneet kuivikkeet kerättiin karsinoista (neljä hevosta per kuivikevaihtoehto) päivittäin kuutiometrin kokoiseen puiseen kompostointilaatikkoon, jossa oli kansi. Kompostin lämpötila mitattiin kerran päivässä (aamuisin) 34-35 päivän ajan 10 cm, 22 cm ja 30 cm syvyydestä lantakompostin yläosasta katsoen.

Ensimmäisten kuivikelantamateriaalien (turvelanta, kutterinpurulanta, turve-kutterinpurulanta, turve-sahanpurulanta) kompostointi suoritettiin heinä-elokuussa ja toisen erän (hamppukuivikelanta, sanomalehtipaperilanta, olkilanta, turve-olkilanta) loka-marraskuussa. Hevosenkuivikelantakompostit käännettiin ylösalaisin neljän viikon kuluttua kompostoinnin aloittamisesta, jotta massojen kompostointilämpötilojen aleneminen edelleen ei johtuisi massan kuivuudesta tai hapen puutteesta. Kuivikelantojen kompostoituminen alkoi nopeasti kaikissa laatikoissa, vaikka ulkoilman lämpötila oli matalampi loka-marraskuussa tehdyssä kokeessa. Hevosenkuivikelantakompostimassojen lämpötila oli yli +20 °C ensimmäisten 2-3 viikon ajan ja madaltui sitten ulkoilman lämpötilan tasolle (Airaksinen ym. 2001).

Liukaisen typen suhteellinen osuus kompostissa oli kolmen kompostointiviikon jälkeen korkein hevosenturvekuivikelannassa ja matalin hevosenhamppukuivikelannassa (Airaksinen ym. 2001). Kompostoidun kuivikelannan sisältämän liukaisen typen säilymisessä havaittujen erojen arvioitiin selittyvän kuivikemateriaalien erilaisella ammoniakkin sitomiskyvyllä. Kuivikelantojen fosforin ja kaliumin pitoisuudet säilyivät melko muuttumattomina kannellisissa varastointilaatikoissa ja eri kuivikelantojen pitoisuuksissa havaitut erot kyseisten pääravinteiden osalta saattoivat olla hevosten ruokinnasta johtuvia.

Luonnonvarakeskuksen tutkimuksessa (Keskinen ym. 2017) arvioitiin kolmen kuivikemateriaalin (turve, kutterinpuru ja olkipelletti) ominaisuuksia kompostoidun hevosenlannan sisältämien ravinteiden säilymisen ja kierrätettävyyden kannalta. Hevosen olkipellettilannan kompostointiominaisuudet todettiin erinomaisiksi, sillä se menetti kompostoinnin aikana puolet kuivamassastaan, saavutti yli 60 °C lämpötilan ja olkipellettilannan C/N-suhde oli kompostoinnin jälkeen <15. Lämmön muodostuksen, kuiva-aineen - ja hiilen vähenemisen sekä C:N- ja NH<sub>4</sub>-N:NO<sub>3</sub>-N-suhteissa tapahtuneen muutoksen perusteella todettiin, että tutkittujen kuivikelantojen kompostoituvuuden paremmuusjärjestys oli tutkimuksessa olkipelletti>kutterinpuru>turve (Keskinen ym. 2017). Turvekuivikkeen alun perin korkea hajoamisaste saattoi selittää turvelannan huonoa kompostoitumista tutkimuksessa.

Kaikkien tuoreiden hevosenkuivikelantojen C/N-suhde oli yli 30:1, mikä aiheutti typen immobilisoitumista maahan (Keskinen ym. 2017). Kuivikelannan kompostointi alensi massan C/N-suhdetta, millä oli joko hieman positiivinen tai vähäinen merkitys kuivikelantakompostin lannoitusvaikutukseen. Sadetuskokeessa havaittiin, että 4-11 % lannan sisältämästä kokonaistypestä ja 5-23 % kokonaisfosforista huuhtoutui 2 h 15 min kestäneen keinotekoisien sateen aikana. Hevosen turvekuivikelanta oli alttein fosforin häviämislle sadetuksen aikana. Kuivikemateriaalin ravinnepitoisuuksilla on merkitystä kuivikelannan ravinnepitoisuuksiin, sillä kuivikkeiden määrä hevosenkuivikelannassa on suuri (Keskinen ym. 2017).



## 2. Hevoselannan kompostoinnin menetelmävaihtoehdoista ja niiden ominaisuuksista

Orgaanista ainesta voidaan kompostoida esimerkiksi aumoissa ja ilmastetuissa säiliöissä. Jokaisessa vaihtoehdossa tarvitaan sille menetelmälle ominaisia mekaanisia apuvälineitä, millä on vaikutusta kompostointiprosessin keston, kustannuksiin sekä tilan ja työvoiman tarpeeseen.

### 2.1. Aumakompostointi

Aumakompostointi on yleisesti käytetty menetelmä. Aumalla tarkoitetaan kompostoitavasta massasta tehtävää kumpumaista rakennelmaa, jota usein ilmastetaan massaa sekoittamalla. Kompostoitavaan massan ilmastaminen voidaan tehdä myös siten, kompostoitavan massan alle asetetaan rei'itetty putkisto, jonka läpi puhalletaan tai imetään ilmaa kompostiin (Sweeten ja Auvermann, 2008).

Kompostoitumisprosessin etenemistä seurataan massan lämpötilan kehityksen ja kosteuspitoisuuden avulla. Kompostoitumisprosessia säädellään kompostoitavaa massaa sekoittamalla ja tarvittaessa kastelemalla. Sekoituksella varmistetaan hapen läsnäolo massassa ja edesautetaan tasalaatuisen lopputuotteen syntymistä. Kompostiauman sekoitus voidaan tehdä kääntämällä massa esim. pyörökuormaajan avulla. Hevoselantaa maanparannusaineen raaka-aineena hyödyntävä Humuspehtoori Oy kompostoi hevoselantaa pitkissä ja korkeissa aumoissa (tuore auma painaa noin 1 000 000 kg), joita käännetään prosessin aikana kolme kertaa (Ylén, 2022). Aumat käännetään ennen kuin kompostoitumisprosessissa saavutetut lämpötilat lähtevät laskuun. Aumakompostin kääntämiseen on kehitetty myös koneita, jotka aumaa pitkin kuljetettaessa sekoittavat massaa piikeillä varustetun rummun tai kairan avulla (Sweeten ja Auvermann, 2008).

Kuivikelannan kompostointi on tehtävä tiivispohjaisella alustalla tai rakenteiden tulee olla muutoin vesitiiviit (1250/2014, 7 §, 2. mom.). Lantaa pelloillaan hyödyntävä maatila voi tietyin edellytyksin jälkikompostoida hevosenkuivikelantaa pellolle tehdyssä aumassa.

Hevosenkuivikelantakompostin, jonka kuiva-ainepitoisuus on vähintään 30 %, jälkikypsytyks voidaan tehdä hevosetilalla aumassa, kun nitraattiasetuksessa kuvatut ehdot täyttyvät (1261/2015, 6 ja 7 §). Samat vaatimukset koskevat myös tilalle vastaanotettavaa kuivalantaa, jonka kuiva-ainepitoisuus on vähintään 30 %. Varastoinnista ei saa aiheutua vesistön pilaantumista tai sen vaaraa. Varastointi aumassa on aina kielletty pohjavesialueella ja tulvanalaisella alueella. Lannan aumavarastoinnista on tehtävä ilmoitus kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle 14 vrk ennen auman rakentamista (1250/2014, 9 §).

- Auma on sijoitettava kantavalle peltoalueelle ja kaltevalla pellolla lähelle pellon yläreunaa. Aumaa ei saa sijoittaa alle 100 metrin etäisyydelle vesistöä, valtaojasta tai talousvesikaivosta eikä alle viiden metrin etäisyydelle ojasta. Auman pohjalle on levitettävä vähintään 20 senttimetrin nestettä sitova kerros. Auma, jossa varastoidaan tilalle vastaanotettua lantaa, on peitettävä tiiviillä peitteellä; myös kompostin jälkikypsytyksauma pitää peittää, mutta peitteeltä ei vaadita tiiviyttä.
- Lisäksi aumantekopaikalta on poistettava lumi ja alusta on muotoiltava siten, että nesteiden pääsy ympäristöön estyy.
- Yhteen aumaan on sijoitettava vähintään yhden hehtaarin alalle tai enintään koko lohkolle ja siihen rajautuville lohkoille levitettävä määrä orgaanista lannoitevalmistetta. Aumaan varastoitu orgaaninen lannoitevalmiste on levitettävä viimeistään vuoden kuluttua auman perustamisesta.
- Paikalle, jolla auma on sijainnut, saa sijoittaa uuden auman kahden väli vuoden jälkeen.

## 2.2. Rumpukompostointi

Rumpukompostori on kiinteän orgaanisen aineksen hallittuun kompostointiin tarkoitettu sylinterin muotoinen, eristetty prosessisäiliö, joka pyörii vaaka-akselinsa ympäri ja, joka on sijoitettu sille erityisesti suunniteltuun tilaan. Rumpukompostorissa käsiteltävä kuivikelanta syötetään laitteen sisään hydraulisella kuljettimella ja käsitelty lanta puretaan rummusta välivarastoon purkuruuvilla; prosessoitavan massan lämpötila ja happipitoisuus ovat säädeltävissä ja prosessista muodostuvasta poistoilmasta on lämpöpumpputekniikan avulla otettavissa lämpöä talteen (Huttunen ym. 2014).

Ylä-Savon Ammattiopiston Hingunniemen koulutilalla on saatu hevosen turvekuivikelannasta rumpukompostoinnin ja sen jälkeen katetussa jälkikypsyty/varastossa toteutetun jälkikompostoinnin lopputuotteena pelloille patogeenivapaata maanparannusainetta ja prosessista kompostoitumislämpöä talteen noin 40 kW yhtä hevosenkuivikelantakuutiometriä kohti (Huttunen ym. 2014). Kompostointirummun lämpötila on noussut prosessin aikana noin 50-60 °C:seen ja kompostointiprosessissa syntyvä poistoilma on vesihöyryä, jonka lämpötila on ollut 40 °C. Kompostoitumisprosessissa muodostuva hukkalämpö on hyödynnetty ravitallissa lämpöenergiana käyttövesien lämmitykseen sekä lattialämmitykseen. Hingunniemen koulutilalla muodostuvan turvekuivikelannan hiilityppi-suhde on ollut prosessin alussa lähellä tavoiteltua lukua 30:1 ja kosteuspitoisuus noin 50 %. Rumpukompostorin tavoiteltu täyttöaste on ollut 50-60 % säiliön tilavuudesta ja kuivikelannan keskimääräinen kompostoitumisaika rummussa on ollut kymmenen vuorokautta. Huttunen työtovereineen (2014) on arvioinut, että muun muassa viljanviljelijöiden keskuudessa pelätty hukkakaura tuhoutuu rumpukompostorissa.

Rumpukompostointi aiheuttaa vähemmän suorja päästöjä auma- ja pussikompostointiprosessiin verrattuna, koska rumpukompostointiprosessissa kompostoitavaa massaa sekoitetaan enemmän kuin auma- ja pussikompostointiprosessissa (Havukainen ym. 2020).

## 2.3. Säkkikompostointi

Yksi vaihtoehto hevosenlannan varastointiin ja käsittelyyn on lannan kerääminen maan alle sijoitettuun lämpöeristettyyn ja kannelliseen säiliöön, jonka sisällä on suursäkki (Elstob ja Palva, 2014). Hevosenuivikelannan kompostoituminen käynnistyy ja etenee säkissä passiivisesti, mikäli olosuhteet kompostoitumiselle ovat massan C/N-suhteen, kosteuden ja pieneliöille sopivan lämpötilan ja happipitoisuuden osalta sopivat. Täyttynyt kuivikelantasäkki nostetaan ylös traktorilla tai muulla nostokalustolla ja vaihdetaan uuteen (Elstob ja Palva, 2014). Talli-Jussi hevosenlannan kompostointiratkaisussa käytettävän suursäkin tilavuus on 2,24 m<sup>3</sup> ja paino hevosen kuivikelannalla täytettynä noin 1000 kg (Biojussi, 2024). Täyttyneet kuivikelantasäkit voidaan kuljettaa haluttuun paikkaan varastoitavaksi tai hyödynnettäväksi. Talli-Jussi-järjestelmässä kuivikelannan kompostoitumista voidaan laitteen valmistajan mukaan kiihdyttää siten, että lanta ripotellaan kompostoriin löyhästi sopivina erinä, jolloin kompostoitavan massan joukkoon saadaan ilmaa; isompi Talli-Jussi 4000 on varustettu ilmastimella (Biojussi, 2024). Lisäksi kuivikelannan kompostointia voidaan Talli-Jussissa tehostaa keräyssäiliön ulkokehälle asennettavalla saattolämmityksellä (100 watin kaapeli). Lannan kompostointi säkissä soveltuu lannan käsittelyratkaisuksi pienemmille talleille (Havukainen ym. 2020).

## 2.4. Tuubikompostointi

Tuubikompostoinnilla tarkoitetaan menetelmää, jossa kompostoitava materiaali pakataan erityisellä pakkauslaitteella muovikalvon sisälle pitkäksi pötköksi, jonka leveys on noin pari metriä. Tuubikompostit voidaan rakentaa suoraan tasaiselle peltomaalle, eikä tiivistä pohjarakennetta tai valuma-altaita tarvita (Elstob ja Palva, 2014). Tuubikompostin sisään syötetään rakennusvaiheessa kaksi tuubin pituussuunnassa kulkevaa ilmaputkea, joiden kautta kompostiin pääsee ilmaa (Aimo Kortteen Konepaja Oy, 2024). Muovikalvon on tarkoitus pitää kompostin valumat sisällään.

MTT Sotkamon tutkimusasemalla testattiin eri tavoin kuivitetun hevoselannan tuubikompostointia ja todettiin, että menetelmänä tuubikompostointi sopii maatilan yhteyteen, jossa komposti voidaan perustaa samalle pellolle, johon se levitetään lannoitteeksi (Virkkunen ym. 2014). Suurimpana hankaluutena tuubikompostoinnissa on riittävän ilmaston varmistaminen (Virkkunen ym. 2014). MTT:n kokeessa tuubien kylkiin viillettiin palkeenkieliä ja tuubeja ilmastettiin myös koneellisesti, mutta tuubien lämpötilat jäivät melko alhaisiksi. Vain tuubi, johon oli pakattu tuoretta hevosen puupellettilantaa, oli lämmennyt yli 40 °C. Vaikka tuubikompostien lämpötilat eivät kohonneet kovin korkeiksi, kompostoitumisen arvioitiin edenneen vuodessa hyvin, mistä oli merkinä kuivikelannan hiilityppisuhteen pieneneminen, tilavuuspainon aleneminen ja kypsyystestien tulokset (Virkkunen ym. 2014).

### 2.5. Apevaunun kompostointi

Apevaunu on karjatilolla käytettävä rehunsekoittaja, jota pyöritetään sähkömoottorilla tai traktorilla. Apevaunun sisältämät ruuvit sekoittavat massaa ja rehunsekoituksen lisäksi apevaunua on kokeiltu erilaisten kompostijakeiden sekoitukseen. Keväällä 2022 Savonia-ammattikorkeakoulussa valmistuneessa opinnäytetyössä todettiin, että ruokintakäytöstä poistetulla apevaunulla on mahdollista nopeuttaa hevoselannan kompostoitumista, tehdä massasta tasalaatuisempaa sekä varastointitilavuudeltaan pienempää (Tirronen, 2022). Huonona puolena apevaunussa oli Tirrosen (2022) mukaan sen kausittainen käyttömahdollisuus, sillä ilman eristystä lanta jäätyy kiinni apevaunun seinille talviaikaan; lisäksi apevaunuun on tehtävä jonkinlainen kansi, jotta lämpö ja ravinteet eivät haihdu kompostoinnin aikana. Savonia-ammattikorkeakoulun keväällä 2024 käynnistyneen ”Hevoselannan kompostointi apevaunulla – Kikkareet kolikoiksi” -hankkeen tavoitteena on edistää hevoselannan jatkokäyttöä apevaunun kompostoinnin avulla (Savonia-ammattikorkeakoulu, 2024).

## 3. Lainsäädännön asettamat vaatimukset hevoselannan kompostoinnille sekä kasvinviljelyssä käytettävän lantakompostin laadulle

Lainsäädännön asettamat vaatimukset hevoselannan kompostoinnille sekä kasvinviljelyssä käytettävän lantakompostin laadulle ovat yhteydessä siihen, mihin tarkoitukseen lantaa käytetään. Lanta luokitellaan lainsäädännössä jätteeksi, jonka laitos-/ammattimaiseen käsittelyyn tarvitaan aina ympäristölupa (Mähönen, 2022).

Jos lanta tuotteistetaan ja markkinoidaan eteenpäin lannoitevalmisteena, pitää toiminnasta tehdä lannoitelain (711/2022) mukainen ilmoitus ja toiminnalle on haettava sivutuoteasetuksen mukainen laitoshyväksyntä. Markkinoitavan lannoitevalmisteen on täytettävä lainsäädännön mukaiset laatuvaatimukset (mm. ravinteiden vähimmäispitoisuus ja haitallisten aineiden enimmäismäärä) ja tuotteelle on laadittava tuoteseloste. Lantaa, jota ei ole käsitelty Ruokaviraston hyväksymässä laitoksessa, saa käyttää ainoastaan maa- ja puutarhataloudessa (MMM 964/2023). Valtioneuvoston asetuksessa eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta (1250/2014) maa- ja puutarhataloudella tarkoitetaan nautojen, sikojen, hevosten, siipikarjan, lampaiden, turkiseläinten tai muiden vastaavien tuotantoeläinten kasvattamista ja pitämistä, maatalous-, puutarha- ja peltoenergiakasvien viljelyä ja pellon muuta maatalouskäyttöä.

Lannoitevalmisteella tarkoitetaan lannoitteita (epäorgaaniset lannoitteet, orgaaniset lannoitteet, orgaaniset kivennäislannoitteet), kalkitusaineita, maanparannusaineita (orgaaniset maanparannusaineet, epäorgaaniset maanparannusaineet), kasvualustoja, biostimulantteja sekä niiden seoksia, ja niiden on oltava turvallisia ja käyttötarkoitukseen sopivia (Lannoitelaki 711/2022). Lannoitevalmisteen on koostuttava yksinomaan

sellaisista ainesosista, jotka täyttävät kansallisen lainsäädännön tai Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU) 2019/1009 (lannoitevalmisteasetus) liitteen II mukaisen ainesosaluokan ainesosien laatu- ja käsittelykriteereitä koskevat vaatimukset (Lannoitelaki 711/2022). Lannoitevalmisteen on lisäksi täytettävä kyseisen lannoitevalmisteen tuoteluokan tai, jos kyseessä on lannoitevalmisteiden seos, tuoteluokkien vaatimukset. Lannoitevalmisteiden tuoteluokakohtaiset vaatimukset ravinteiden ja muiden ominaisuuksien vähimmäispitoisuuksista, haitallisten aineiden enimmäispitoisuuksista ja hygieniasta sekä muista vaatimuksista on esitetty lannoitelain (711/2022) liitteessä 1. Ruokavirasto (2024) ylläpitää kansallisen lannoitelainsäädännön mukaista luetteloa eri ainesosaluokissa sallituista ainesosista.

Lannoitevalmiste voi sisältää yhtä tai useita ainesosia, joista yhtenä esimerkkinä on lanta. Lannalla tarkoitetaan muiden tuotantoeläinten kuin viljeltyjen kalojen ulosteita ja/tai virtsaa kuivikkeiden kanssa tai ilman (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1069/2009). Lannoitevalmisteiden ainesosien ainesosaluokakohtaiset laatu- ja käsittelyvaatimukset ovat lannoitelain (711/2022) liitteessä 2. Ainesosat on käsiteltävä siten, että niiden käytöstä ei aiheudu eläintautien tai kasvintuhoojien leviämisen riskiä ja lisäksi on noudatettava, mitä ainesosista on määrätty Ruokaviraston pitämässä ainesosaluettelossa. Lanta kuuluu kansallisessa ainesosaluettelossa ainesosaluokkaan 5. Eläimistä saatava sivutuote. Ihmisten ja eläinten terveydelle aiheuttaman riskin vakavuuden mukaan tehdyssä luokittelussa ((EY) N:o 1069/2009) lanta luetaan luokan 2 eläimistä saataviin sivutuotteisiin. Lannoitevalmisteen ainesosana käytettävä lanta on käsiteltävä asetuksen (EU) N:o 142/2011 mukaisesti (Ruokavirasto, 2024). Lantaa ei tarvitse käsitellä sivutuotelainsäädännön mukaisella käsittelymenetelmällä 1 (painesterilointi) hyväksytyssä käsittelylaitoksessa ennen aineksen toimittamista lannoitevalmisteita valmistavaan laitokseen (Ruokavirasto, 2024b).

Lantaa voi luovuttaa tai myydä tilalta tai yhteislantalan piiriin kuuluilta tiloilta sellaisenaan tai käsiteltynä, esimerkiksi kompostoimalla. Edellä mainittu toiminta ei edellytä tilalta ilmoittautumista Ruokaviraston valvontarekisteriin (MMM:n 965/2023). Tilalta luovutettu tai myyty lanta ei saa sisältää vakavan tartuntataudin leviämisen riskiä. Lisäksi tilalta, jolla on todettu hukkakauraa, peräisin olevaa kotieläinten lantaa ei saa kuljettaa, säilyttää tai käsitellä niin, että siitä voi aiheutua hukkakauran leviämisen vaaraa (Laki hukkakauran torjunnasta 185/2002). Jos lantaa luovutetaan käsittelyyn tilan ulkopuolelle (esim. mullanvalmistajalle), on tilan pidettävä kirjaa luovutettavan lannan määrästä ja luovutuksen ajankohdasta (Ruokavirasto, 2023). Lannan käsittelijää koskevat tällöin lainsäädännön mukaiset ilmoitus- ja hyväksyntävaatimukset.

EU:n lannoitevalmisteasetus ei korvaa kansallista lainsäädäntöä. Lannoitetuotteita saa edelleen myydä kotimaassa kansallisen lainsäädännön vaatimusten mukaisesti. CE-merkinnän saaminen edellyttää EU:n lannoitevalmisteasetuksen noudattamista. (Ruokavirasto, 2022)

### 3.1. Lannan kompostoinnin toteutukseen liittyvät säädökset

Hevostilalla syntyvää lantaa voidaan käsitellä tilalla kompostoimalla ja käyttää joko omille pelloille tai luovuttaa sopimuksesta toiselle maatilalle lantana hyödynnettäväksi. Kaupallista asiakirjaa tai terveystodistusta ei vaadita, kun käsittelemätöntä lantaa kuljetetaan Suomessa sijaitsevien maatilojen ja käyttäjien välillä (517/2015). Jätteen kuljetuksesta on suositeltavaa sopia kirjallisesti ja kuljettajalla on oltava lupa kuljettaa jätettä (Mähönen, 2022). Luovutettava lanta ei saa sisältää vakavan tartuntataudin riskiä; muita hygienisointivaatimuksia maatioilla käytettävän lannan käsittelylle ei ole asetettu. Suomen ulkopuolelle markkinoitavien lannasta valmistettujen lopputuotteiden tulee olla käsitelty vähintään 60 min vähintään +70 °C:ssa (Ruokavirasto, 2023).

Jos tilalla on todettu hukkakauraa, on siitä tehtävä viipymättä ilmoitus alueen sijaintikunnan maaseutuelinkeinoviranomaiselle (185/2002). Alueelta, jolla on todettu hukkakauraa, peräisin olevaa hevoslanttia ei saa kuljettaa, säilyttää tai käsitellä siten, että siitä voi aiheutua hukkakauran leviämisen vaaraa.

# Hevoslannan kompostoinnin taustaselvitys

Hevoslannaa voidaan luovuttaa esim. kompostointilaitokselle. Lantaa käsittelevältä laitokselta edellytetään sivutuoteasetuksen mukainen laitoshyväksyntä. Lisäksi lannan laitos- tai ammattimaiseen käsittelyyn tarvitaan aina ympäristölupa (Mähönen, 2022).

Lannoitevalmisteen raaka-aineena käytettävän kompostin kompostoinnille asetetut vaatimukset on esitetty maa- ja metsätalousministeriön asetuksen lannoitevalmisteista (964/2023) liitteessä 2 (Lannoitevalmisteiden ainesosaluokat. Ainesosaluokka 3. Komposti), jossa todetaan että:

- Kompostoinnin on tapahduttava laitoksessa, jossa estetään syötepanos- ja tuotospäästöjen kosketus, myös varastoinnin aikana.
- Kompostointiprosessin aikana kunkin erän kaikissa osissa on oltava jokin seuraavista lämpötila-aika-profileista:
  - 1) vähintään 70 °C lämpötila vähintään 60 min ajan, palakoko enintään 12 mm;
  - 2) vähintään 70 °C lämpötila vähintään 1 päivän ajan;
  - 3) vähintään 65 °C lämpötila vähintään 3 päivän ajan;
  - 4) vähintään 60 °C lämpötila vähintään 5 päivän ajan; tai
  - 5) vähintään 55 °C lämpötila vähintään 7 päivän ajan.
- Kompostia on jälkikypsyttävä 6 kuukauden ajan, silloin kun kompostointiprosessi ei ole suljettu. Maa- ja metsätalousministeriön asetuksen lannoitevalmisteista (964/2023) liitteessä 2 esitettyjä lämpötila-aika-profileja ei kuitenkaan sovelleta, mikäli laitos on hyväksytty toimeenpanoasetuksen mukaisesti ja käsittelyssä noudatetaan mitä asetuksen liitteessä V säädetään kompostointilaitoksiin sovellettavista muuntamista koskevista parametreista. (Toimeenpanoasetuksella tarkoitetaan muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden terveysäänneistä sekä asetuksen (EY) N:o 1774/2002 kumoamisesta annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1069/2009 täytäntöönpanosta sekä neuvoston direktiivin 97/78/EY täytäntöönpanosta tiettyjen näytteiden ja tuotteiden osalta, jotka vapautetaan kyseisen direktiivin mukaisista eläinlääkärin tarkastuksista rajatarkastusasemilla annettua Komission asetusta (EU) N:o 142/2011.)
- Komposti saa 31.12.2027 asti sisältää:
  - a) yli 2 mm:n epäpuhtauksia enintään 5 g/kg kuiva-ainetta joissain seuraavissa muodoissa: lasi, metalli tai muovi; ja
  - b) edellä a alakohdassa tarkoitettuja epäpuhtauksia yhteensä enintään 10 g/kg kuiva-ainetta.
- Komposti saa 1.1.2028 alkaen sisältää:
  - a) yli 2 mm:n epäpuhtauksia enintään 2,5 g/kg kuiva-ainetta joissain seuraavissa muodoista: lasi, metalli, muovi; ja
  - b) edellä a alakohdassa tarkoitettuja epäpuhtauksia yhteensä enintään 5 g/kg kuiva-ainetta.

# Hevoslannan kompostoinnin taustaselvitys

Lannoitevalmisteen raaka-aineena käytettävän kompostin on täytettävä jokin alla olevassa taulukossa olevista stabiilisuuskriteereistä kompostin käyttötarkoituksen perusteella (MMM 964/2023, Liite 2):

Tuoteluokka	Stabiilisuuskriteeri
Lannoite ja kasvualusta	Hiilidioksidintuotto enintään 3 mg CO <sub>2</sub> -C/g VS/vrk ja kasvivaste vähintään 70 %; tai Hapenottokyky enintään 5 mmol O <sub>2</sub> /kg orgaanista ainesta/h ja kasvivaste vähintään 70 %
Maanparannusaine	Hiilidioksidin tuotto enintään 6 mg CO <sub>2</sub> -C/g VS/vrk; tai Hapenottokyky enintään 25 mmol O <sub>2</sub> /kg orgaanista ainesta/h

Lannoitevalmisteen raaka-aineena käytettävän kompostin hygieniavaatimuksena on, että *Salmonella spp* -bakteeria ei esiinny 25 g:ssa tai 25 ml:ssa ja *Escherichia coli* - tai *Enterococcaceae*-bakteerin enimmäismäärä on 1 000 pmy 1 g:ssa tai 1 ml:ssa.

## 3.2. Myytävän lannoitteen laatuvaatimukset

Myytävän lannoitteen on täytettävä lannoitevalmistelainsäädännön mukaiset laatuvaatimukset ja tuotteelle on laadittava tuoteseloste. Lannoitevalmisteiden ominaisuudet on analysoitava standardimenetelmillä tai yhtä päteillä validoiduilla menetelmillä (MMM 964/2023). Lannoitevalmisteista on annettava tuoteselosteessa seuraavat tiedot (MMM 964/2023, Liite 3):

- lannoitevalmisteen määrä massana tai tilavuutena
- lannoitevalmisteen kadmiumpitoisuus milligrammaa kilogrammassa kuiva-ainetta ja vähintään 2,2 prosenttia fosforia sisältävien epäorgaanisten ja orgaanisten kivennäislannoitteiden osalta kadmiumpitoisuus milligrammaa kilogrammassa fosforia
- käyttöohje, joka sisältää ohjeet käytön rajoituksista, käyttömäärästä, käyttöajankohdasta ja käyttötiheydestä, sekä kohdekasvit ja -sienet
- luettelo kaikista ainesosista mukaan lukien maininta asianomaisesta ainesosaluokasta, joita on yli 5 % tuotteen painosta tai tilavuudesta, tai nestemäisessä muodossa olevan tuotteen kuivapainosta. Tiedot on ilmoitettava alenevassa suuruusjärjestyksessä. Jos ainesosa on aine tai seos, se on tunnistettava aineiden ja seosten luokitukselta, merkinnöistä ja pakkaamisesta sekä direktiivien 67/548/ETY ja 1999/45/EY muuttamisesta ja kumoamisesta ja asetuksen (EY) N:o 1907/2006 muuttamisesta annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1272/2008 18 artiklassa esitetyllä tavalla
- sivutuoteasetuksen 47 artiklan tarkoittama hyväksytyille laitokselle tai toimijalle annettu numero.

Lannoitteiden laadulle asetetut vaatimukset ravinteiden ja muiden ominaisuuksien vähimmäispitoisuuksista, haitallisten aineiden enimmäispitoisuuksista ja hygieniasta sekä muista vaatimuksista on esitetty maa- ja metsätalousministeriön asetuksen lannoitevalmisteista 964/2023 liitteessä 1. Orgaanista ainesta (esim. hevoslannaa) sisältävän lannoitteen enimmäismäärät patogeenien osalta ovat: ei esiinny *Salmonella spp* -bakteeria 25 g:ssa tai 25 ml:ssa lannoitetta; enintään 1 000 pmy (pmy=pesäkkeen muodostava yksikkö) *Escherichia coli* - tai *Enterococcaceae*-bakteeria 1 g:ssa tai 1 ml:ssa lannoitetta.

*Orgaanisen lannoitteen* (sisällettävä orgaanista hiiltä ja biologista alkuperää olevia ravinteita) on sisällettävä vähintään yhtä primaaria ravinnetta (typpi, fosfori, kalium) 1,0 massaprosenttia. Pääravinteiden (typpi, fosfori, kalium, kalsium, magnesium, natrium ja rikki) kokonaispitoisuuden on oltava yhteensä vähintään 2 massaprosenttia ja kiinteässä orgaanisessa lannoitteessa esiintyvä orgaanisen hiilen pitoisuuden on oltava vähintään 10 massaprosenttia. (MMM 964/2023, Liite 1)

## Hevoslannan kompostoinnin taustaselvitys

*Orgaanisella kivennäislannoitteella* tarkoitetaan valmistetta, jossa on yhtä tai useampaa epäorgaanista ainesosaa tai lannoitetta ja yhtä tai useampaa ainesosaa, joka sisältää orgaanista hiiltä ja biologista alkuperää olevia ravinteita. Myös orgaanisen kivennäisvalmisteen on sisällettävä vähintään yhtä primaaria pääravinnetta (typpi, fosfori, kalium) 1,0 massaprosenttia. Primaarien pääravinteiden kokonaispitoisuuden on oltava kiinteässä orgaanisessa kivennäislannoitteessa vähintään 7 massaprosenttia ja nestemäisessä orgaanisessa kivennäislannoitteessa vähintään 5 massaprosenttia. Kiinteän orgaanisen kivennäislannoitteen on sisällettävä orgaanista hiiltä vähintään 10 massaprosenttia. (MMM 964/2023, Liite 1).

Pääravinteita sisältävien lannoitteiden hivenravinteet saa ilmoittaa vain silloin, kun lannoite sisältää niitä vähintään alla olevassa taulukossa esitetyt pitoisuudet. (MMM 964/2023, Liite 1.)

Hivenravinne	Pitoisuus massaprosentteina
Boori	0,01
Koboltti	0,002
Kupari	0,002
Rauta	0,02
Mangaani	0,01
Molybdeeni	0,001
Sinkki	0,002

Orgaanisen lannoitteen tai orgaanisen kivennäislannoitteen sisältämien haitallisten aineiden pitoisuudet eivät saa ylittää seuraavassa taulukossa esitettyjä enimmäispitoisuuksia (MMM 964/2023, Liite 1):

Alkuaine	Enimmäispitoisuus mg/kg ka.
Arseeni	40
Elohopea	1
Kadmium <sup>1)</sup>	1,5
Kromi	300
Kupari <sup>2,3)</sup>	600
Lyijy	100
Nikkeli	70
Sinkki <sup>2,3)</sup>	1500

<sup>1)</sup> Jos orgaanisen kivennäislannoitteen kokonaisfosforipitoisuus on vähintään 2,2 massaprosenttia, kadmiumin enimmäispitoisuus on 50 milligrammaa kilogrammassa fosforia.

<sup>2)</sup> Kuparin ja sinkin raja-arvoja ei sovelleta, kun niitä on lisätty orgaaniseen kivennäislannoitteeseen tarkoituksellisesti maaperän hivenravinnepuutteen korjaamiseksi ja siitä on ilmoitettu MMM 964/2023 liitteen 3 mukaisesti.

<sup>3)</sup> Kuparin ja sinkin enimmäispitoisuuden ylitys lannoitevalmistuksessa voidaan sallia, kun viljavuusanalyysin perusteella on todettu kuparin tai sinkin puutos. Tuoteselosteessa tulee olla teksti: ”Käyttö ainoastaan todettuun tarpeeseen. Asianmukaisia käyttömääriä ei saa ylittää.”

### 3.3. Myytävän maanparannusaineen laatuvaatimukset

*Kiinteän orgaanisen maanparannusaineen* on sisällettävä vähintään 15 % kuiva-ainetta ja maanparannusaineessa esiintyvän orgaanisen hiilen pitoisuuden on oltava vähintään 7,5 massaprosenttia (MMM 964/2023, Liite 1). Maanparannusaineeksi luokiteltua lannoitevalmistetta koskee sama hygieniavaatimus kuin lannoitteita eli, että *Salmonella spp* -bakteeria ei esiinny 25 g:ssa tai 25 ml:ssa ja *Escherichia coli* - tai

*Enterococcaceae*-bakteerin enimmäismäärä on 1 000 pmy 1 g:ssa tai 1 ml:ssa. Maanparannusaineen sisältämien haitallisten aineiden pitoisuuksia koskevat samat vaatimukset kuin orgaanisille lannoitteille on asetettu.

### 3.4. Itse käytettävän maanparannusaineen/lannoitteen laatuvaatimukset

#### Hukkakaura

Alueelta, jolla on todettu hukkakauraa, peräisin olevaa hevosenlantaa ei saa kuljettaa, säilyttää tai käsitellä siten, että siitä voi aiheutua hukkakauran leviämisen vaaraa (185/2022).

#### Nitraattiasetus

Lannan kompostointi on tehtävä tiivispohjaisella alustalla tai rakenteiden tulee olla muutoin vesitiiviit (Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta, 1250/2014 eli *nitraattiasetus*). Kompostointia odottavan lannan varastoinnissa on noudatettava nitraattiasetuksessa asetettuja vaatimuksia. Lannan varastointitilaa ei saa sijoittaa:

- 1) pohjavesialueelle, ellei maaperäselvitysten perusteella osoiteta, että tällaiselle alueelle sijoittaminen ei aiheuta pohjavesien pilaantumista tai sen vaaraa;
- 2) tulvanalaiselle alueelle;
- 3) alle 50 metrin etäisyydelle vesistöstä, talousvesikäytössä olevasta kaivosta tai lähteestä;
- 4) alle 25 metrin etäisyydelle valtaojasta tai vesilain 1 luvun 3 §:n 1 momentin 6 kohdan mukaisesta norosta.

#### Lannan ravinnepitoisuus

Toiminnanharjoittajan on teetettävä hevosenlannasta lanta-analyysi viiden vuoden välein (1250/2014). Lanta-analyysissä määritetään lannan sisältämä liukoinen typpi, kokonaistyppi ja kokonaisfosfori. Toiminnanharjoittajan on säilytettävä lanta-analyysin tiedot ja esitettävä ne pyydettyä valvontaviranomaiselle. Lannoitus suunnitellaan joko lanta-analyysin tai Vna 1250/2014 liitteessä 2 esitettyjen taulukkoarvojen perusteella.

Taulukko. Hevosen kuivikelannan ja naudnan kuivikelannan taulukkoarvot (1250/2014, liite 2)

Lantalaji	Kokonaisfosfori, kg/m <sup>3</sup>	Liukoinen typpi, kg/m <sup>3</sup>	Kokonaistyppi, kg/m <sup>3</sup>
Hevosen kuivikelanta	0,5	0,4	2,6
Naudan kuivikelanta	1,0	1,1	4,0

## 4. Hevosenlantakompostin laadun monitoroinnissa käytettävät mittalaitteet ja arviointimenetelmät

Kompostin kypsyydellä on tärkeitä vaikutuksia kasvien kasvuun. Jos maahan levitetään raakaa kompostia, on mahdollista, että aerobiset mikrobit kilpailevat välttämättömistä ravinteista kasvien kanssa ja hidastavat kasvien kasvua tai tappavat ne. Epäkypsässä kompostissa on todennäköisesti myös suhteellisen paljon rasvahappoja, jotka ovat kasveille myrkyllisiä (Auvermann ym. 1999). Kompostin kypsyyttä ei voi arvioida yhdellä menetelmällä, vaan on käytettävä useampia testejä, joiden tuloksia tarkastellaan kokonaisuutena (Itävaara ym. 2006). Testien perusteella arvioidaan, miten pitkälle komposti on hajonnut eli stabiloitunut, ja onko hajoamisen välituotteena syntynyt fytotoksisia yhdisteitä, jotka vaikuttavat kasvien kasvuun haitallisesti. Luotettavien arviointimenetelmien käytön lisäksi on tärkeää, että kompostin laadun monitorointi pyritään tekemään mahdollisimman edustavien näytteiden avulla, jotka on käsitelty oikealla tavalla ennen testien suorittamista.



Ohjeita kompostinäytteiden ottoon, käsittelyyn ja säilytykseen on esitetty mm. VTT:n menetelmäohjeissa kompostin kypsyymisen arvioimiseksi (Itävaara ym. 2006) ja standardissa SFS-EN 13040:2008.

## 4.1. Lämpötila

Hevoselannan kompostoitumisen vaiheita voidaan seurata kompostimassan lämpötilaa mittaamalla. Lämpötilan mittauksen avulla voidaan arvioida esim. sitä, milloin massaa pitää sekoittaa.

Paras työkalu lämpötilan mittaamiseksi aumasta on pitkällä mittauspäällä (0,9-1,2 m) varustettu lämpömittari (Sweeten ja Auvermann, 2008). Jotta kompostin lämpötila saadaan arvioitua tarkasti, asetetaan pitkäanturiset lämpömittarit huolellisesti kompostoitavaan aumaan eri suunnista. Lämpötila mitataan useista eri paikoista, jotta massan sisällä mahdollisesti olevat kuumat ja kylmät kohdat eivät vääristä kokonaiskuvaa. Tuloksena ilmoitetaan 5-10 eri kohdista otetun mittaustuloksen keskiarvo kompostikasoille ja pienille kompostoreille. Kompostoitavasta aumasta otetaan kultakin 4,6 metrin matkalta 5-10 lämpötilamittausta, joista laskeetaan keskiarvo.

Massan lämpötilaa mitattaessa on muistettava antaa mittarin vakiintua ennen lukeman katsomista (stabiloitumisaika laitteen käyttöohjeista). Lämpötila mitataan esim. päivittäin tai muutaman päivän välein ja kirjataan ylös. Kompostimassan lämpötila alenee lähelle ympäristön lämpötilaa sekoittamisen ja kastelun jälkeen, mutta sen pitäisi kohota selvästi 48 tunnin sisällä edellä mainituista toimenpiteistä (Auvermann ym. 1999).

### Esimerkkejä kompostin lämpötilan mittauksen toteutuksesta:

Luonnonvarakeskuksen (Keskinen ym. 2017) toteuttamassa tutkimuksessa hevosenkuivikelannan kompostoitumislämpötilan kehitystä seurattiin kahdella dataloggerilla varustetulla lämpötila-anturilla ja yhdellä bimetallilämpömittarilla tammikuusta syyskuuhun. Lämpömittarit oli asennettu lannalla täytetyn muovisen varastointitilatikon (0,5 m<sup>3</sup>) keskiosaan. Dataloggerit tallensivat lannan lämpötilan neljän tunnin välein; tavanomaiset mittarit luettiin viikoittain tai tarvittaessa ajantasaista seuranta varten.

Kompostointirumpujen lämpötilan seurannassa voidaan käyttää mm. automaattisesti toimivia infrapunalämpömittareita, jotka mittaavat kompostimassan lämpötilaa rummun vaipan läpi (Halinen ja Tontti, 2004).

Kompostin jälkikypsytyksiaumojen lämpötilan mittauksissa on käytetty mm. Stelznerin Kompotherm -kompostilämpömittaria, johon oli kiinnitetty metrin mittainen anturi (Halinen ja Tontti, 2004). Karvosen ja Käyhkön (2022) selvityksessä 100 tonnin suuruisten kompostointiaumojen lämpötilaa seurattiin aumoihin asennetuilla automaattisilla jatkuvatoimisilla lämpömittareilla sekä käsikäyttöisillä lämpömittareilla (EcoScan Temp JKT -merkkinen sauva-anturi) muutaman päivän välein niistä kohdista, joissa joihin oli sijoitettu tomaatinsiemeniä kompostoinnin hygienisoivan vaikutuksen testaamiseksi.

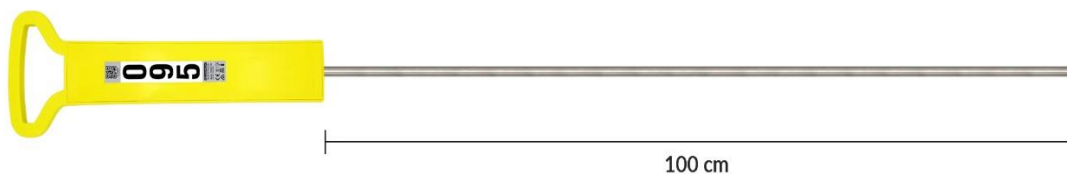
Apevaunun avulla toteutetussa hevosenlannan kompostointikokeessa (Tirronen, 2022) kompostoidun lannan lämpötilaa mitattiin paristolla toimivalla lämpötilamittarilla (mittareiden mittauspään pituus oli 20 cm ja johdon pituus oli 80 cm). Selvityksessä mitattiin lannan lämpötilaa massan pinnasta ja massaan rehukauhalla kaivetusta kuopasta. Massan pintalämpötilan havaittiin olevan parikymmentä astetta alempi kuin syvemmältä mitattaessa (pinnassa 49 °C ja syvemällä 70 °C) (Tirronen, 2022).

Rottegard-testissä seurataan kompostimassan lämmöntuottoa lämpöeristetyssä astiassa 10 vrk ajan ja määritetään kompostin maksimilämpötila astian alimpaan kolmannekseen sijoitettavien lämpötilaloggerien avulla (Itävaara ym. 2006). Testi suoritetaan kompostinäytteelle, jonka kosteus on säädetty nyrkkitestillä sopivaksi (massaa puristettaessa käsine kostuu ja muodostuu paakku, joka hajoaa kevyestä kosketuksesta). Rottegard-testissä kompostit jaetaan viiteen luokkaan testissä mitatun maksimilämpötilan mukaan. Maksimilämpötilatulokset yli 60 °C tarkoittaa raakaa jätettä (luokka I), maksimilämpötilat 50-60 °C (luokka II) ja 40-50 °C (luokka III) luokitellaan tuoreeksi kompostiksi ja luokkiin IV (maksimilämpötila 30-40 °C) ja V (maksimilämpötila 20-30 °C) kuuluvat kompostit ovat testin mukaan valmiita komposteja.

## Hevoslannan kompostoinnin taustaselvitys

Kompostin kypsyyden arviointia ei tulisi tehdä yksinomaan lämpötilan avulla, sillä on mahdollista, että massan lämpötila on alentunut siksi, että mikro-organismeilla on puutetta hapestä, vedestä tai typestä, ei siksi, että kaikki orgaaninen aines on hajonnut (Auvermann ym. 1999). Jos kompostoitava materiaali lämpenee spontaanisti uudestaan massan sekoittamisen, ilmastuksen tai kastelun jälkeen, se luultavasti ei ole kypsää.

Esimerkkejä kompostointilämmön mittaamiseen markkinoiduista mittalaitteista:



Kompostiauvojen automaattinen monitorointi. Kuvakaappaus osoitteesta <https://quanturi.com/pages/komposti-suomi>, 27.8.2024.



Kompostin lämpömittari. Kuvakaappaus osoitteesta <https://www.suomenlampomittari.fi/tuotteet/kompostin-lampomittari/>, 27.8.2024.

### 4.2. Hapen kulutus tai hiilidioksidin tuotanto

Lämpötilaa parempi menetelmä kompostimassan kypsyyden arvioimiseksi perustuu mikrobihengityksen tai kaasujen vaihdon analysointiin. Respirometriaan perustuvassa kypsyystestissä mitataan kompostimassan hapenkulutusta tai hiilidioksidin tuotantoa tietyn ajanjakson aikana standardisoiduissa kosteus- ja ilmastusolosuhteissa. Jos hapenkulutus tuona aikana on alle tietyn kynnyksen, komposti katsotaan kypsäksi. (Auvermann ym. 1999).

Sekä kompostimassan hapen kulutus että hiilidioksidin tuotto vähenevät kompostin kypsyessä (Itävaara ym. 2006). VTT:n menetelmäohjeissa kompostin kypsyyden arvioimiseksi (Itävaara ym. 2006) ehdotettiin kypsän kompostin raja-arvoksi hapen kulutuksen osalta arvoa alle n. 30 mg O<sub>2</sub>/g VS 4 vrk ja hiilidioksidin tuoton osalta arvoa alle 2 mg CO<sub>2</sub>-C/g VS/vrk. Mikäli hiilidioksidin tuotto on voimakasta (yli 2-4 CO<sub>2</sub>-C/g VS/vrk), komposti on vielä hajoamisvaiheessa ja se luokitellaan raa'aksi (Itävaara ym. 2006). Maa- ja metsätalousministeriön asetuksen 964/2023 liitteen 2 mukaan lannoitevalmisteen sisältämän kompostin on täytettävä jokin seuraavista stabiilisuuskriteereistä kompostin käyttötarkoituksen perusteella:

- **Lannoite ja kasvualusta:** hiilidioksidintuotto enintään 3 mg CO<sub>2</sub>-C/g VS/vrk ja kasvivaste vähintään 70 % tai hapenottookyky enintään 5 mmol O<sub>2</sub>/kg orgaanista ainesta/h ja kasvivaste vähintään 70 %. Kasvivaste eli fytotoksisuusindeksi voidaan laskea krassin juuren pituus -testin avulla (SFS-EN 16086-2:2012). Testissä tarkastellaan testattavan tuotteen vaikutusta krassin siementen

itämiseen ja juuren muodostumiseen valikoiduissa olosuhteissa ja tuloksia verrataan vertailunäytteeseen.

- **Maanparannusaine:** hiilidioksidintuotto enintään 6 mg CO<sub>2</sub>-C/g VS/vrk tai hapenottokyky enintään 25 mmol O<sub>2</sub>/kg orgaanista ainesta/h.

Kompostin kypsyyden arvioinnissa voidaan käyttää VTT:n menetelmäohjeessa (Itävaara ym. 2006) esiteltyä CO<sub>2</sub>-tuotto-/O<sub>2</sub>-kulutuskoetta (suljettu pullotesti), ASTM-testiä (hapenkulutuksen määrittäminen) ja Solvita-testiä (Solvita Compost Maturity Test, Woods End® Research Laboratory, Inc.).

Ennen kompostin stabiiliuden määrittämistä on erittäin tärkeää säätää tutkittavan näytemateriaalin kosteuspitoisuus sopivalle tasolle nyrkkitestin avulla (Itävaara ym. 2006). Kompostinäytteen kosteus on sopiva, jos kompostia nyrkissä puristettaessa käsine kostuu ja komposti muodostaa paakun, joka hajoaa kevyestä kosketuksesta. Liian kuivaan näytteeseen on lisättävä vettä ja massan on annettava tasaantua ennen määrytyksiä. Liian märkää kompostia voidaan kuivata esim. avoimessa astiassa huoneenlämmössä (Itävaara ym. 2006).

Hiilidioksidin tuotto ja/tai hapen kulutus mitataan pullotestissä kaasunilmaisinputkilla (CO<sub>2</sub>) tai kaasuanalysaattorilla (CO<sub>2</sub> ja O<sub>2</sub>). VTT:llä tehtyjen hiilidioksidintuottokokeiden perusteella kompostin hiilidioksidin tuotto on suoraan verrannollinen kompostin hapenkulutukseen eli kompostin stabiiliusmäärytyksessä voidaan hiilidioksidintuoton mittauksen sijasta mitata vaihtoehtoisesti hapenkulutusta (Itävaara ym. 2006). ASTM-testissä sekoitetun kompostinäytteen ja stabiilin taustakompostin seosta ilmastetaan ja inkuboidaan +58 °C lämpötilassa 4 vrk ja ulostulevasta kaasunvirtauksesta mitataan happipitoisuutta. Solvita-testi perustuu kompostin CO<sub>2</sub>-tuoton ja ammoniakkin toteamiseen värireaktion avulla. Menetelmä antaa tuloksena kypsyysindeksin asteikolla 1-8 (1-2=raaka komposti, 3-6=aktiivinen komposti, 7-8=valmis komposti).

### 4.3. Kosteus ja kuiva-ainepitoisuus

Kompostoitava massa on todennäköisesti liian kosteaa, jos se haisee härskiintyneelle. Kompostin ilmastaminen esim. sekoittamalla vähentää kosteutta. Kompostin kosteuspitoisuus on sopiva, kun massasta ei puristettaessa irtoa vesipisaroita, mutta kämmeneen jää hieman kosteutta (Auvermann ym. 1999).

VTT:n menetelmäohjeessa (Itävaara ym. 2006) kuvataan standardiin SFS-EN 13040 perustuva ohje kompostin kuiva-aineen määrittämiseksi. Kompostinäytettä (50-100 g) kuivataan uunissa yön yli +103 °C ± 2 °C:n lämpötilassa ja jäädytetään eksikaattorissa, jossa näyte ei ime itseensä kosteutta. Kompostin kuiva-ainepitoisuus saadaan laskemalla kuivan näytteen ja alkuperäisen näytteen painojen osamäärä, joka kerrotaan 100 prosentilla. Kompostin vesipitoisuus eli kosteus (%) on laskettavissa siten, että 100 prosentista vähennetään kompostin kuiva-ainepitoisuus (%).

### 4.4. PH, johtokyky ja nitraatti-/ammoniumtypen suhde

Kompostoinnin etenemistä voidaan seurata myös mittaamalla massan pH:ssa ja typenyhdisteissä tapahtuvia muutoksia sekä kompostin johtokykyä.

Kompostin pH voi laskea hieman prosessin alkuvaiheessa, mutta kompostin kypsyessä sen pH-arvo nousee välille 7-8 (Itävaara ym. 2006). PH-arvo 4-5 jo pitkään prosessoidussa kompostissa voi kertoa olosuhteiden hapettomuudesta (Itävaara ym. 2006). Kompostin alhainen pH voi johtua myös siitä, että hevosen kuivituksessa on käytetty turvetta, joka on luonnostaan hapanta. Kompostin pH-määrytyksessä voidaan tehdä kompostiveisuutteesta pH-elektrodilla tai pH-liuskalla esim. VTT:n menetelmäohjeen mukaan (Itävaara ym. 2006). Liuskatestillä saatu pH-tulos on karkea arvio, sillä pH-liuskojen tarkkuus ei ole elektrodimittauksen tasoinen.

Sähkönjohtokyky (mS/m) kuvaa vesiliukoisten ravinteiden ja suolojen määrää. Sähkönjohtokyky mitataan kompostin ja veden uutteen (Itävaara ym. 2006) tarkoitukseen soveltuvalla mittarilla valmistajan ohjeiden mukaisesti.

Hevosenuikvelantakompostin sisältämä liukoinen typpi on massassa ammoniumtyyppenä ja/tai nitraattityyppenä. Nitraatti- ja ammoniumtyyppien suhdelukua käytetään kompostin kypsyiden arvioinnin mittarina. Raa'assa kompostissa ei ole merkittävässä määrin nitraattia, sillä se hajoaa prosessin alkuvaiheessa (Itävaara ym. 2006). Kompostin termofiilisessä vaiheessa (lämpötila > +45 °C) kompostin sisältämä liukoinen typpi on pääosin ammoniumtyyppimuodossa ja ammoniakkia voi vapautua ilmaan. Kompostin kypsyessä ammoniumtyppi hapettuu mikrobien toiminnan tuloksena nitraateiksi. Nitraatin muodostuminen edellyttää hapellisia olosuhteita ja sitä, että kompostin lämpötila laskee alle +45 °C:n tasolle (Itävaara ym. 2006). VTT:n menetelmäohjeen (Itävaara ym. 2006) mukaan kypsän kompostin nitraatti-/ammoniumtyyppien suhde on yli 1 ja kypsyisvaiheessa olevalla kompostilla vastaava suhdeluku on 0,5-1,0. Vesiliukoisen ammoniumtyyppien ja nitraattityyppien sekä liuenneen tyypin kokonaismäärä hevosenuikvelantakompostissa voidaan analysoida kompostivesiuutteista esim. jatkuvavirtausanalyysoittorin avulla (Keskinen ym. 2017). Nitraatti- ja ammoniumtyyppien suhdetta voidaan arvioida myös liuskatestillä (Itävaara ym. 2006).

### 4.5. Itävyyskoe

Hevosenuikvelantakompostin käytettävyyden kannalta on tärkeää, että maahan levitettävä komposti ei rajoita viljeltävien kasvien kasvua ja toisaalta, että lantakompostissa mahdollisesti olleet rikkakasvinsiemenet ovat tuhoutuneet kompostoinnin aikana. VTT:n menetelmäohjeissa kompostin kypsyystesteistä (Itävaara ym. 2006) esitellään VTT:n käytössä oleva kasvitesti, jossa arvioidaan kompostin aiheuttamaa kasvun estymistä (fytotoksisuutta) ja kypsyyttä tutkimalla kompostin vaikutusta kasvien itämiseen, kasvuun ja juurten muodostukseen. Yksittäisten kasvilajien herkkyys kasvualustojen ympäristöolosuhteisiin vaihtelee, jonka vuoksi testissä tulisi käyttää ainakin kolmea eri kasvilajia, joista kukin on eri kasviryhmästä. Testissä kasvin siemenet kylvetään tutkittavan kompostin ja sopivan taustakontrollimullan seokseen; kasveja kasvatetaan 2 viikkoa kontrolliduissa olosuhteissa; itäneiden siementen määrä lasketaan ja määritetään kasvien tuore- ja kuivapainot ja lopuksi verrataan komposti-/taustakontrolliseoksissa kasvatettuja kasveja taustakontrollissa kasvatettuihin kasveihin. Taustakontrollina toimivaan kasvualustaan kylvetyistä kasvinsiemenistä vähintään 90 % tulee itää, jotta tuloksia voidaan pitää luotettavana. Kompostinäytteen kasvuindeksi lasketaan näyteseoksessa tapahtunutta kasvua ja taustakontrollissa tapahtunutta kasvua vertaamalla. Jos kompostinäytteen kasvuindeksi on alle 80 %, voidaan kasvua pitää alentuneena ja syynä voi olla kompostin epäkypsyys.

Oulun ammattikorkeakoulun KASVU-hankkeessa selvitettiin tomaatinsiementestien avulla aumakompostoinnin tehoa vieraskasvilajien ja rikkakasvin siementien hävittämiseen viherjättekompstista (Karvonen ja Käyhkö, 2022). Tomaatinsiemenet sijoitettiin aumoihin maisemointikankaasta tehdyissä pusseissa laitettu rei'itettyjen muovipullojen sisään. Kompostissa käsiteltyjen tomaatinsiementen ja huoneenlämmössä pimeässä tilassa pidettyjen kontrollisiementen itävyyskokeen tehtiin Eurofinsin laboratoriossa ISTA-standardin mukaan. Itävyyskokeen päätteeksi arvioitiin kuolleiden siementen osuus, normaalien taimien osuus ja epänormaalien taimien osuus.

### 4.6. Muuta (ravinteet, C/N-suhde ja hygieenisuus)

Maatalouskäyttäjät ja kaupalliset taimitarhat ovat kiinnostuneita kompostin typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuudesta ja joissakin tapauksissa myös mikroravinteiden, kuten raudan ja sinkin määrästä (Auvermann ym. 1999). Kuivikelantakompostin sisältämän hiilen (C) ja tyypin (N) suhteella on merkitystä kompostoitumisprosessin etenemisen ja kompostin hyötykäytön kannalta, sillä runsaasti hiiltä sisältävä komposti tarvitsee liukoista typpiä mikro-organismien toteuttamaan hajotustyöhön ja kyseinen typpi vapautuu vasta myöhemmin kasvien käytettäväksi. Lannoitevalmisteen ainesosana käytettävän kompostin on oltava hygieenistä, mihin liittyen kompostointiprosessin lämpötila-aika-profiilin tulee olla esim. vähintään +70 °C vähintään päivän ajan tai vähintään +55 °C vähintään seitsemän päivän ajan ja kompostin sisältämille patogeeneille on asetettu enimmäismäärät *Salmonella spp* -, *Escherichia coli* - ja *Enterococcaceae* -bakteerien osalta (MMMa 964/2023). Lannoitevalmisteiden viranomaisvalvonnassa käytettävät analyysimenetelmät mikrobiologisen laadun ja

orgaanisten lannoitteiden ravinnepitoisuuksien sekä orgaanisen hiilen ja orgaanisen aineksen määrän selvittämiseen on esitetty Ruokaviraston (2019) julkaisussa.

### 5. Hevoselantakompostin hyödyntäminen kasvinviljelyssä

Hevoselantakompostin kypsyys vaikuttaa kompostissa olevien ravinteiden määrään ja käyttökelpoisuuteen kasveille, samoin kuin lannan käytöstä aiheutuviin hygieniariskeihin. Hevoselantakompostilannoituksen täydentäminen typpillisellä on useissa tapauksissa hyödyllistä.

Viljelysmaahan lisättävien lannoitteiden ja maanparannusaineiden käytön tarkoituksena voidaan olettaa olevan laadullisesti ja määrällisesti tavoitellun satotason mahdollistaminen. Lannoitteiden ja maanparannusaineiden tulee olla turvallisia sadon hyödyntäjille ja ympäristölle, eli niiden ei tulisi sisältää taudinaiheuttajia eikä rikkakasvinsiemeniä. Lannoitteet on levitettävä pellolle siten, että valumia vesiin ei tapahdu eikä pohjamaan tiivistymisvaaraa ole (1250/2014, 10 §). Lannan käyttömäärä määräytyy mm. viljeltävän maan maalajin ja ravinnepitoisuuden, kasvien ravinnetarpeen ja lannassa olevien ravinteiden määrän mukaan – lisäksi on huomioitava typpi- ja fosforilannoituksen enimmäisrajat (435/2015, 64/2023).

Kompostoinnin avulla pienennetään hevosenkuivikelannan tilavuutta, lisätään ravinteiden pitoisuutta lannassa ja estetään lannassa olevan typen immobilisoituminen maahan levitettäessä, vaikkakin lannoitusarvo typen osalta pysyy alhaisena (Keskinen ym. 2017). Hevoselanta tulisi kompostoida stabiiliksi lopputuotteeksi saakka, jotta sen sisältämät hajotettavissa olevat hiiliyhdisteet hajoaisivat ennen lannan levittämistä maahan ja estettäisiin liukoisen typen immobilisoituminen maaperään (Chastain, 2022). Epäkypsiä kompostia ei tulisi käyttää lannoitteena siksi, että se voi kilpailla viljeltävien kasvien kanssa typestä ja hidastaa niiden kasvua (Sweeten ja Auvermann, 2008). Epäkypsä komposti voi myös sisältää kasveille myrkyllisiä yhdisteitä, kuten etikkahappoa, joka olisi hajotettu myrkyttömiksi tuotteiksi kompostin kypsyessä. Viljelykäytössä kompostin optimaalinen hiili-typpisuhde on alle 20 (Virkkunen ym. 2014).

Tallin hoitokäytännöillä on havaittu olevan merkittävä vaikutus hevosenlannan sisältämien kasviraavinteiden, hiilen ja orgaanisen aineksen määrään, pH-arvoon ja sähkönjohtokykyyn (Chastain, 2022). Hevoselantakuivikelannan C/N-suhde on vaihdellut välillä 23,4:1- 48,5:1 sen mukaan kuinka paljon karsinassa oli käytetty kuiviketta ja kuinka sitä oli päivittäin hoidettu (Chastain, 2022). Sahanpurua sisältävän hevosen kuivikelannan ja puunlastuja sisältävän hevosen kuivikelannan on havaittu kompostoituvan stabiiliksi noin 60 päivän aikana Braziliassa; kuivikelantakompostien C/N-suhteet alenivat kuuden viikon kompostoinnin aikana kompostoinnin aloitushetken arvoista 12,65:1 ja 20:1 ja arvoihin 7,32:1 ja 10,66:1 (Costa ym. 2023).

Suomessa toteutetussa kompostointitutkimuksessa selvitettiin hevosen turvekuivikelannan, hevosen kutterinpurukuivikelannan ja hevosen olkipellettikuiivikelannan kompostoitumista ajanjaksolla helmikuu-syyskuu 2013 tehdyssä kompostointikokeessa (Keskinen ym. 2017). Suomalaisessa tutkimuksessa hevosen tuoreen kuivikelannan C/N-suhde vaihteli kuivikemateriaalin mukaan välillä 31-45:1 ja oli korkein kutterinpurua sisältäneessä hevosenkuivikelannassa ja matalin olkipellettilannassa (Keskinen ym. 2017). Seitsemän kuukauden kuluttua kompostoinnin aloittamisesta hevosenkuivikelantakompostien C:N-suhdeluku oli pienentynyt 3,9-17 yksikköä ja vähiten hiiltä suhteessa typen määrään oli hevosen olkipellettikuiivikelannassa (C/N 14:1) (Keskinen ym. 2017). Kuivikelannan hiilityppisuhde kohoaa, kun kuivikkeen määrä lisääntyy kuivikelantaseoksessa. Hevoselantakuivikelannan hiilityppisuhteen on havaittu korreloivan negatiivisesti lannassa olevan typen, fosforin, kalsiumin, magnesiumin, sinkin, kuparin ja natriumin pitoisuuden kanssa (Chastain, 2022).

# Hevosenlannan kompostoinnin taustaselvitys

Kuutiometri hevosen kuivikelantaa sisältää vähemmän liukoista typpeä, kokonaistyppeä ja kokonaisfosforia kuin kuutiometri kanan, sian, lampaan tai naudun kuivikelantaa (1250/2014, liite 2). Kuivikkeiden suuri käyttömäärä pienentää typpi-, fosfori- ja kaliumravinteiden pitoisuutta hevosenkuivikelannassa (Chastain, 2022). Hevosen kuivikelanta on hitaasti vaikuttava lannoite, joka soveltuu myöhään kypsyvien kasvien lannoitukseen. Esimerkiksi Biolanin Hevonkakkalannoitetta, jossa on kompostoitua hevosenlantaa, lihaluujauhoa ja kaliumsulfaattia, suositellaan käytettäväksi mm. perennojen, ruusujen, puiden, pensaiden, porkkanan, punajuuren ja lantun sekä sellerin kevätlannoitukseen (Biolan, 2024).

## 5.1. Peltoviljelyn näkökulma

Tuotantoeläinten lannassa ja lantaa sisältävissä orgaanisissa lannoitevalmisteissa vuosittain levitettävän kokonaistypen määrä saa olla enintään 170 kg/ha (435/2015). Fosforin enimmäismäärä (kilogrammaa hehtaarille vuodessa) määräytyy viljelykasveittain viljelymaan viljavuusluokan perusteella (64/2023). Alla olevassa esimerkissä on peltoviljojen, rehunurmien ja laitumen enimmäislannoitemäärä vuodessa liukoisen typen osalta kivennäismaalla ja fosforilannoituksen osalta viljelysmaalla, jonka viljavuusluokka on 1. Tarkempi ohjeistus lannoitevalmisteiden ja lannan käytöstä on luettavissa valtioneuvoston asetuksesta fosforia sisältävien lannoitevalmisteiden ja lannan käytöstä (64/2023) sekä valtioneuvoston asetuksesta eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta (1250/2014 muutoksineen).

	<b>Liukoisen typen enimmäismäärä vuodessa (kg/ha), kivennäismaat (1250/2014, 11 §)</b>	<b>Fosforilannoituksen enimmäismäärä vuodessa (kg/ha), viljavuusluokka 1 (64/2023, Liite 1)</b>
Ohra, kaura ja seosviljat	160	34
Yksi- ja monivuotiset rehunurmet	250	46
Laidun	210	24

MTT Sotkamon peltoviljelykokeessa selvitettiin puupelletillä kuivitetun hevosenlantakompostin (kuiva-ainepitoisuus 30 %, C/N-suhde 38,6:1, käsitelty tuubikompostorissa) vaikutusta nurmen ja suojaviljan (ohra) kasvuun ja saatujen tulosten perusteella arvioitiin, että hevosenkuivikelantakomposti sellaisenaan soveltuu lannoitteen sijasta paremmin maanparannusmateriaaliksi. Tutkimuksen tuloksena oli, että pelkkä kompostilannoitus antoi selvästi heikomman ohrasadon (3200 kg/ha) kuin typpilisäyksellä täydennetty kompostilannoitus (5000 kg/ha) tai väkilannoitus (4700 kg/ha), mutta kuitenkin paremman kuin lannoittamatta jättäminen (1800 kg/ha) (Karppinen ym. 2014).

Hevosenlantakompostilannoitus vaikutti nurmen kasvuun vielä seuraavana vuonna, sillä edellisvuonna kompostilla lannoitettu nurmi kasvoi paremmin (3300 kg ka/ha ja 2900 kg ka/ha) kuin väkilannoitetta saanut (2600 kg ka/ha) tai lannoittamaton nurmi (2200 kg ka/ha) (Karppinen ym. 2014). Pelkällä hevosenlantakompostilla lannoitettu ohra kasvoi lannoittamatonta paremmin ja tämän arvioitiin johtuneen kompostin sisältämistä muista ravinteista sekä vaikutuksista maaperän ominaisuuksiin, esimerkiksi maaperän huokoisuuteen, vedenpidätkykyyn sekä hajottajamikrobien määrään.

### Hukkakaura

Hevosenlannan hyödynnettävyyden kannalta on tärkeää, että se ei sisällä rikkakasvinsiemeniä, kuten hukkakauraa. Rikkakasvin siemenet voivat levitä lantaan hevosen ruokinnan ja kuivikkeiden mukana, lisäksi siemeniä voi kulkeutua suojaamattomaan lantalaan esimerkiksi lintujen ja tuulen mukana.

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksessa (MTT, nykyään Luonnonvarakeskus eli LUKE) tehdyssä tutkimuksessa havaittiin, että hevosen ruoansulatuskanavan läpi kulkeneiden kokonaisten hukkakauran siementen itävyys väheni 77 %, mutta ei tuhoutunut kokonaan (Pätäri, 2013). Lehmän ruoansulatuskanavan läpi

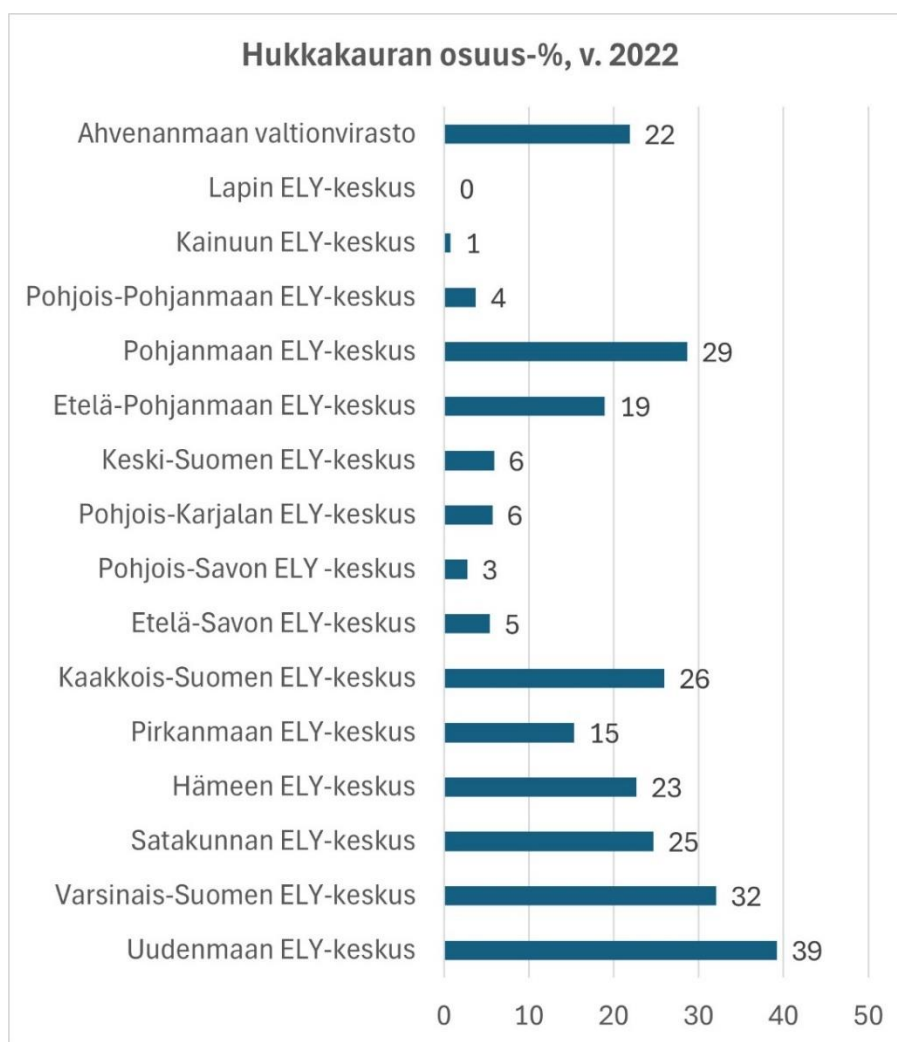
## Hevoselannan kompostoinnin taustaselvitys

kulkiessaan hukkakauran itävyyden vähenemä on ollut 87 % (Heikkilä ym. 2010). Tuoretta hevoselantaa peltoon laitettaessa on olemassa riski, että sen mahdollisesti sisältämät hukkakauran siementen itävät myöhemmin pellossa.

Siemenviljelytilat ovat usein ehdottomia sen suhteen, että ne eivät ota vastaan hevoselantaa hukkakaurariskin takia (Pätäri, 2013). Tämä on ymmärrettävää, sillä hukkakauran esiintyminen siementuotantotilalla vaikuttaa aina tilan siementuotantomahdollisuuksiin ja estää esimerkiksi kauran siementuotannon, kun hukkakauraa esiintyy kahdella, kolmella tai neljällä tarkkailulohkolla (Ruokavirasto, 2023b).

Hukkakauran (*Avena fatua*) itävyyden on osoitettu vähentyneen aumassa kompostoidusta karjanlantakuivikeseoksesta kahdessa viikossa noin 99 % ja vähenemä oli neljässä viikossa 100 %, kun kompostin ydinlämpötila pyrittiin pitämään mahdollisimman pitkään välillä +55 °C - +65 °C ja kompostin kosteuspitoisuus oli 51 % (Tompkins ym. 1998). Tutkijat arvioivat rikkakasvin siementen tuhoutuneen kompostissa muodostuneen korkean lämpötilan ja kosteuden yhteysvaikutuksesta. Myös korkealla mikrobiaktiivisuudella, joka näkyi kompostin lämpötilan nousuna, saattoi olla vaikutusta. Yhtenä vaikuttavana tekijänä saattoi olla myös kompostoitavan materiaalin alhainen C:N-suhde (15:1) prosessin alussa, sillä komposteista haihtuva ammoniakki voi olla toksinen rikkakasvin siemenille (Tompkins ym. 1998).

Hevoselannan ruokinta hukkakauraa sisältävällä kauralla lisää hukkakauran leviämisen riskiä hevoselannan mukana, joten riskin torjumiseksi on tärkeää, että hevosille syötettävä kaura on puhdasta. Kuntien maaseutuelinkeinonviranomaiset pitävät valvontaa varten rekisteriä (hukkakaurarekisteri), niistä alueista, joilla on esiintynyt hukkakauraa (Laki hukkakauran torjunnasta 185/2002). Kauranostajan on suositeltavaa varmistaa kunnan hukkakaurarekisteristä, onko myyjä kirjattu hukkakaurarekisteriin. Vuonna 2022 hukkakauran saastuttama peltopinta-ala oli n. 19 % koko Suomen alueella viljelystä peltopinta-alasta eli yli 437 000 hehtaaria (Ruokavirasto, 2024c). Hukkakauran osuus-% viljelystä pinta-alasta vaihteli maakunnittain.



Kuva. Hukkakauran osuus-% viljellystä pinta-alasta eri puolilla Suomea vuonna 2022 (Lähde: Ruokavirasto, 2024c).

## 5.2. Puutarhaviljelyn näkökulma

Hevoselannan kompostoidun turvekuivikelannan on todettu soveltuvan erinomaisesti tomaatin, kurkun ja paprikan kasvihuoneviljelyyn luonnonmukaisessa viljelyssä (Holopainen ym. 2002) sekä avomaakurkun ja porkkanan lannoitukseen savipitoisella maalla (Karinen ym. 2005). Hevoselantakompostia käytettäessä kasvien kasvu oli parempi ja sato suurempi kuin vertailulannoituksilla; hevosen kompostoidulla turvelannalla lannoitettujen kasvien hygieeninen laatu oli myös erinomainen. Kompostoidun hevosenlannan on havaittu soveltuvan myös kaalin kasvatukseen, sillä se voi parantaa maaperän ominaisuuksia, ravinnekomponentteja ja kaalin laatua enemmän kuin markkinoilla myytävä komposti (Lin ym. 2021). Myös lantalassa itsekseen kompostoituneen hevosen olkipelletti-kuivikelannan hyödyntämisestä avomaakurkun ja kesäkurpitsan kohopenkki-kasvatuksessa on saatu positiivisia käytännön kokemuksia (Olbricht, 2024).

Etenkin kypsentämättömänä syötävien vihannesten hygieenisen laadun varmistamisen ja ruokavälitteisten sairauksien ennaltaehkäisyyn vuoksi on tärkeää, että kasvinviljelyssä lannoitteena käytetty lanta on hyvin kompostoitunutta. On nimittäin mahdollista, että kasvin syötävä osa voi saastua taudinaiheuttajasta myös juurien kautta (Solomon ym. 2002). Hevoset voivat erittää lantaan patogeenisiä bakteereita, viruksia ja loisia ja tästä syystä esimerkiksi laitumelle tulisi levittää vain huolellisesti kompostoitua lantaa (Dewulf ja Van Immerseel,



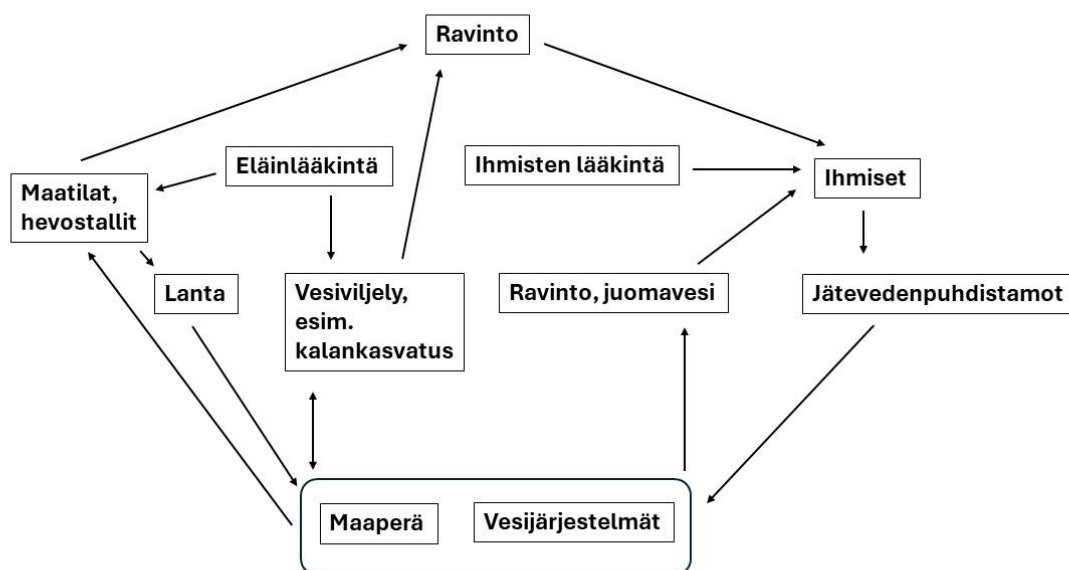
## Hevoslannan kompostoinnin taustaselvitys

2018). Kuivikelannan arvioidaan hygienisoituvan esimerkiksi Salmonellan osalta, kun kuivikelantaa kompostoidaan vähintään 70 °C lämpötilassa vähintään yhden päivän ajan (964/2023, Liite 2).

*Streptococcus equi*, alalaji *equi* (*S. equi*) voi aiheuttaa hevoselle kuolemaan johtavan hengitystieinfektion (pääntauti) ja *Streptococcus equi*, alalaji *zooepidemicus* (*S. zooepidemicus*) voi aiheuttaa kuolemaan johtavan infektion ihmiselle. *S. zooepidemicus* voi tarttua ihmiseen hevoselta (Pelkonen ym. 2013). Poulin työtovereineen (2015) selvitti *S. equi* - ja *S. zooepidemicus* -bakteerien selviytymistä hevoslannakompostissa ja havaitsivat, että hevoslannan sisältämät mikro-organismit voivat eliminoida streptokokkibakteerit 24-48 tunnissa.

Hevosten sisäloishäädössä käytettävän ivermektiiinin läsnäolosta hevoslannassa ei näyttänyt olevan haittaa hevoskuivikelannan kompostoitumisprosessin etenemiselle, kun prosessia arvioitiin termofiilisen lämpötilan (>40 °C) saavuttamisen ja kompostimassan pienenemisen osalta (Schwarz ja Bonhotal, 2016). Ivermektii-nipitoisuus hevoslannan ja kuivikkeen seoksessa laski voimakkaasti muutaman ensimmäisen kompostointipäivän aikana, mikä osoittaa eksponentiaalista hajoamista (1,8 % vuorokaudessa, puoliintumisaika 3,6 vuorokautta).

Huoli patogeeneista ja antibiooteille vastustuskykyisistä mikro-organismeista tekee entistä tärkeämmäksi sen, että lannassa olevat haitalliset bakteerit tuhoutuvat kompostoitumisen aikana. Myös orgaaniseksi lannoitteeksi tarkoitetuista hevoslannapohjaisista kompostinäytteistä on löytynyt *Escherichia coli* -bakteeria sekä ei-patogeenisesta *E. coli* -kannasta antibioottiresistenssigeeniä (Miller, 2011). *Escherichia coli* -bakteeria esiintyy yleisesti ihmisten ja eläinten suolistossa ja, jotkut *E. coli*-bakteerin kannoista voivat aiheuttaa sairautta ihmiselle. Lannoitevalmisteen raaka-aineena käytettävän kompostivalmisteen hygieniavaatimuksena on *Escherichia coli* -bakteerin enimmäismäärä 1 000 pmy 1 g:ssa tai 1 ml:ssa (964/2023). Ihmisten ja eläinten lääkintään käytettävillä antibiooteilla on useita kulkeutumisreittejä ympäristössä ja tämä lisää riskiä antibiooteille resistenttien eli vastustuskykyisten mikrobien lisääntymiselle. Yksi esimerkki kulkeutumisreitistä on eläimestä lantaan ja lannasta maaperään (Sanseverino ym. 2018), kuten alla olevasta havainnekuvasta voidaan todeta.



Kuva. Kaavioesitys ihmisten ja eläinten lääkintään käytettävien antibioottien kulkeutumisen ympäristöreiteistä mukaellen Sanseverino ym. 2018.

## 6. Kirjallisuus

- Aimo Kortteen Konepaja Oy, 2024. Biopacker-tuubikompostointi. <https://murska.fi/tuotteet/biopacker>, katsottu 23.8.2024.
- Airaksinen, S., Heinonen-Tanski, H., Heiskanen, M.-L. 2001. Quality of different bedding materials and their influence on the compostability of horse manure. *Journal of Equine Veterinary Science* 2001, 21: 125-130.
- Auvermann, B.W., McDonald, L.A., Devin, R., Sweeten, J.M., 1999. Composting Horse Manure. Texas Agricultural Extension Service. Agricultural Communications, The Texas A&M University System, B-6084, 6-99. 8 s.
- Biojussi, 2024. Talli-Jussi lannan kompostointiin. <https://www.biojussi.fi/jatteenkasittely/hevoselannan-kompostointi/>, katsottu 24.8.2024.
- Biolan, 2024. Biolan Hevonkakkalannoite. <https://www.biolan.fi/tuotteet/biolan-hevonkakkalannoite.html>, katsottu 27.8.2024.
- Chastain, J.P. 2022. Composition of Equine Manure as Influenced by Stall Management. *Agriculture* 2022, 12, 823. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060823>.
- Chen, L., de Haro Marti, M., Moore, A., Falen, C., 2011. The Composting Process. Dairy compost production and use in Idaho, CIS 1179, University of Idaho. 5 s.
- Costa, G.D., Souza, B.M. 2023. Use of composting to produce organic fertilizer from horse stall residues. *MOJ Eco Environ Sci.* 2023;8(5):177-179.
- Dewulf, J., van Immerseel, F. (Toim.) 2018. Biosecurity in Animal Production and Veterinary Medicine: From Principles to Practice.
- Elstob, T., Palva, R. 2014. Hevoselannan käsittelyn työmenetelmiä. TTS:n tiedote: Maataloustyö ja tuottavuus 5/2014 (656). 8 sivua.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1069/2009, muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden terveyssäännöistä sekä asetuksen (EY) N:o 1774/2002 kumoamisesta (sivutuoteasetus)
- Halinen, A., Tontti, T. 2004. Laitoskompostien laadun parantaminen kypsytystä tehostamalla. MTT:n selvityksiä 70, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 62 s.
- Havukainen, J., Väisänen, S., Rantala, T., Saunila, M., Ukko, J. 2020. Environmental impacts of manure management based on life cycle assessment approach. *Journal of Cleaner Production*, vol. 264. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121576.
- Heikkilä, T., Saarisalo, E., Khalili, H., Jalli, H., Köylijärvi, S., Poikulainen, J., Vallivaara-Pasto, R., Jaakkola, S. 2010. Hukkakauran itävyyden säilyminen lehmän ruoansulatuskanavassa. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote nro 26, Maataloustieteen päivät 2010.
- Holopainen, P., Airaksinen, S., Heinonen-Tanski, H., Heiskanen, M.-L. 2002. Utilization of composted horse manure with peat bedding in greenhouse and field cultivation. In *Proceedings of the International Peat Symposium*, ed. G. Schmilewski & L. Rochefort. Peat in Horticulture – Quality and Environmental Challenges, Pärnu, Estonia 3-6 Sept. 2002:154-160.

## Hevoslannan kompostoinnin taustaselvitys

- Huttunen, R., Pylkkänen, K., Partanen, K., Rantala, T., Puumalainen, N. 2014. Rumpukompostorista hevostal-  
lien lantalogistiikan ratkaisu? Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote nro 30. Maataloustieteen päivät  
2014.
- Itävaara, M., Vikman, M., Kapanen, A., Venelampi, O. & Vuorinen, A. 2006. Kompostin kypsyydestit.  
Menetelmäohjeet [Compost maturity. Method book]. Espoo. VTT Tiedotteita – Research Notes 2351. 38 s.
- Jones, P., Martin, A. 2003. A review of the literature on the occurrence and survival of pathogens of animals  
and humans in green compost. Research Report. The waste and resources action programme, The Old Acad-  
emy, 21 Jorsefair, Banbury, Oxon OX16 OAH, UK.
- Karinen, P., Airaksinen, S., Heiskanen, M.-L., Heinonen-Tanski, H. 2005. Yields and quality of vegetables and  
strawberries fertilized with composted horse or cattle manure. Manuscript.
- Karppinen, T., Virkkunen, E., Tampio E. 2014. Peltoviljelykoe hevosen purulantakompostin lannoitekäytöstä.  
Biojäte ja hepolanta -hankkeen raportteja 4/4, MTT Sotkamo.
- Karvonen, I., Käyhkö, V. 2022. Tomaatinsiementesti ja seurantanäytteet kompostoinnin kehittämisen työka-  
luina Oamk Journal 214/2022. <http://urn.fi/urn:isbn:978-951-597-234-7>.
- Keskinen, R., Saastamoinen, M., Nikama, J., Särkijärvi, S., Myllymäki, M., Salo, T., Uusi-Kämpä, J. 2017. Recy-  
cling nutrients from horse manure: effects of bedding type and its compostability. *Agricultural and Food  
Science* (2017)26: 68-79.
- Komission asetus (EU) N:o 142/2011, muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuot-  
teiden ja niistä johdettujen tuotteiden terveysäännöistä sekä asetuksen (EY) N:o 1774/2002 kumoamisesta  
annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EY) N:o 1069/2009 täytäntöönpanosta sekä neuvos-  
ton direktiivin 97/78/EY täytäntöönpanosta tiettyjen näytteiden ja tuotteiden osalta, jotka vapautetaan ky-  
seisen direktiivin mukaisista eläinlääkärintarkastuksista rajatarkastusasemilla
- Laki eläimistä saatavista sivutuotteista 517/2015
- Laki hukkakauran torjunnasta 185/2002
- Lannoitelaki 711/2022
- Lin, Y.H., Chen, T.-Y., Chang, C.-H., Lin, T.-C., Lee, Y.-J., Lin, M.-J., Lin, J.H. 2021. Shorten the producing process  
of horse manure to fermented compost and appropriate fertilization on crops. *J. Agric. Biotech. Sustain. Dev.*  
Vol. 13(1), pp. 1-11, January-June 2021.
- Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 964/2023
- Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteita koskevasta toiminnan harjoittamisesta ja sen val-  
vonnasta 965/2023
- Miller, C. 2011. Microbiological safety of organic fertilizers used for produce production. All Theses. 1123.  
Clemson University. TigerPrints.
- Northeast Regional Agricultural Engineering Service. 1992. On-Farm Composting Handbook. Ed. Robert Rynk.  
NRAES-54. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, 152 Riley-Robb Hall, Cooperative Extension,  
Ithaca, NY.
- Mähönen, V. 2022. Hevoslannan hyödyntäminen ja käsittely. Maatila 2030 -hanke. Hevoslannan hyödyn-  
täminen pellolla. Pohjois-Savon ELY-keskus. PowerPoint-esitys 20.4.2022.

## Hevosenlannan kompostoinnin taustaselvitys

Ogunwande, G.A., Osunade, J.A., Ogunjimi, A.O. 2008. Effects of Carbon to Nitrogen Ratio and Turning Frequency on Composting of Chicken Litter in Turned-Windrow Piles. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Manuscript EE 07 016. Vol. X. July, 2008.

Olbricht, A.-M. 2024. Käyttökokemus hevosenolkipelletti-kuivikelannan hyödyntämisestä avomaakurkun ja ke-säkurpitsan kohopenkkikasvatuksessa. Henkilökohtainen tiedonanto 19.8.2024.

Pelkonen, S., Lindahl, S.B., Suomala, P., Karhukorpi, J., Vuorinen, S., Koivula, I., Väisänen, T., Pentikäinen, J., Autio, T., Tuuminen, T. 2013. Transmission of *Streptococcus equi* Subspecies *zooepidemicus* Infection from Horses to Humans. *Emerging Infectious Diseases*, Vol. 19, No. 7, July 2013, 1041-1048.

Poulin, A., Mitchell, S.D., Myer, A., Harvey, K., Hutchinson, M.S., Causey, R. 2015. A sustainable approach to the control of pathogens: The fate for *streptococci* in equine compost. *European Scientific Journal*, 2015; 11(10) 390-400.

Pätäri, S. 2014. Hukkakauran siementen itävyyden säilyminen hevosen ruoansulatuskanavassa. Ammattikor-keakoulun opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu, Maaseutuelinkeinot.

Rinne, S., Sippola, J. 1984. Maatalouden jätteiden kompostointi. I Typpi- ja fosforilisä oljen kompostoinnissa. II Maatalouden jätteet kompostin raaka-aineena. III Kompostin arvo lannoitteena. MTTK – Maatalouden tut-kimuskeskus. Tiedote 23/84.

Ruokavirasto, 2019. Lannoitevalmisteiden viranomaisvalvonnassa käytettävät analyysimenetelmät. Menetel-mälistaus päivitetty 9.10.2019.

Ruokavirasto, 2022. Usein kysytyt kysymykset. <https://www.ruokavirasto.fi/kasvit/lannoitevalmisteet/eun-uusi-lannoiteasetus/usein-kysytyt-kysymykset/>, verkkosivu päivitetty 10.8.2022.

Ruokavirasto, 2023. Lannan käyttö ja käsittely. <https://www.ruokavirasto.fi/kasvit/lannoitevalmisteet/laatu-vaatimukset/kierratysravinteet/lannan-kaytto-ja-kasittely/>, verkkosivu päivitetty 1.11.2023.

Ruokavirasto, 2023b. Hukkakauran esiintyminen estää tai rajoittaa siementuotantoa. <https://www.ruokavi-rasto.fi/kasvit/hukkakaura/hukkakaura-siementuotannossa/>, verkkosivu päivitetty 6.5.2023.

Ruokavirasto, 2024. Päätöksen Dnro 865/04.00.08.03/2024 kansallisesta ainesosaluettelosta liitteenä oleva luettelo ainesosaluokissa sallituista ainesosista.

Ruokavirasto, 2024b. <https://www.ruokavirasto.fi/kasvit/lannoitevalmisteet/lannoitelan-toiminta/laitoshy-vaksynta/>, verkkosivu päivitetty 12.2.2024.

Ruokavirasto, 2024c. <https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/kasvit/hukkakaura/hukkakaurasaastunnat-2022.pdf>, katsottu 19.8.2024.

Sanseverino, I., Navarro Cuenca, A., Loos, R., Marinov, D., Lettieri, T. 2018. State of the Art on the Contribution of Water to Antimicrobial Resistance, EUR 29592 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-98478-5, doi:10.2760/771124, JRC114775.

Savonia-ammattikorkeakoulu, 2024. Hevosenlannan kompostointi apevaunulla. <https://laari.info/kaynnissa-olevat-hankkeet/kikkareetkolikoiksi/>, katsottu 24.8.2024.

SFS-EN 13040:2008. Maanparannusaineet ja kasvualustat. Näytteen esikäsittely kemiallisia ja fysikaalisia ko-keita varten, kuiva-ainepitoisuuden, kosteuspitoisuuden ja tiivistetyn laboratoriotilavuuspainon määrittämi-nen. (Soil improvers and growing media. Sample preparation for chemical and physical tests, determination of dry matter content, moisture content and laboratory compacted bulk density). 16 s.

## Hevoselannan kompostoinnin taustaselvitys

SFS-EN 16086-2:2012. Maanparannusaineet ja kasvualustat. Kasvivasteen määrittäminen. Osa 2: Krassin idätystesti petrialjalla. (Soil improvers and growing media. Determination of plant response. Part 2: Petri dish test using cress.) 29 s.

Solomon, E.B., Yaron, S., Matthews, K.R. 2002. Transmission of *Escherichia coli* O157:H7 from contaminated manure and irrigation water to lettuce plant tissue and its subsequent internalization. *Appl. Environm. Microbiol.*, 68, 397-400.

Schwarz, M., Bonhotal, J. 2016. The Fate of Ivermectin in Manure Composting. Cornell Waste Management Institute, Cornell University. Research summary. 9 s.

Sweeten, J.M., Auvermann, B.W., 2008. Composting Manure and Sludge. AgriLife Communications and Marketing, The Texas A&M University System, E-479, 06-08. 7 s.

Swinker, A.M., Tanner, M.K., Johnson, D.E., Benner, L. 1997. Composting characteristics of three bedding materials. *J. Equine Vet. Sci.*, 18, 462-466.

Tirronen, K. 2022. Hevoselannan kompostointi apevaunulla. Opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu.

Tompkins, D.K., Chaw, D., Abiola, A.T. 1998. Effect of windrow composting on weed seed germination and viability. *Compost Science & Utilization*, 6(1):30-34; 4 ref.

Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta 1250/2014

Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta annetun asetuksen 10 §:n 8 momentin ja 11 §:n 1 momentin muuttamisesta 435/2015

Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta 1261/2015

Valtioneuvoston asetus fosforia sisältävien lannoitevalmisteiden ja lannan käytöstä 64/2023

Virkkunen, E., Karppinen, T., Karjalainen, H., Heikkinen, P., Kemppainen, J. 2014. Hevoselannan tuubikompostointi. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote nro 30, Maataloustieteen päivät 2014.

Ylén, M. 2022. Rikkakasvien itämiskyky kompostoidussa hevoselannassa. Opinnäytetyö. Seinäjoen ammattikorkeakoulu.