

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO
LAPPEENRANTA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

LUT School of Energy Systems
Sustainability Science

LUT Scientific and Expertise Publications

Raportit ja selvitykset – Reports

72

Jemina Oksala, Jouni Havukainen ja Tero Rantala

HEVOSENLANNAN KESTÄVÄ HYÖDYNTÄMINEN (HELY) LANNANKÄSITTELYN TEKNIIKAT

LUT
Lappeenranta
University of Technology

Lappeenranta University of Technology
School of Energy Systems
Sustainability Science

LUT Scientific and Expertise Publications
Raportit ja selvitykset – Reports 72

Jemina Oksala, Jouni Havukainen ja Tero Rantala

HEVOSENLANNAN KESTÄVÄ HYÖDYNTÄMINEN (HELY)
LANNANKÄSITTELYN TEKNIIKAT

ISBN: 978-952-335-120-2 (PDF)
ISSN-L 2243-3384, ISSN 2243-3384

Lappeenranta 2017

Sisällysluettelo

1 Johdanto	2
2 Kuivikelannan ominaisuudet	3
2.1 Kuivikkeiden ominaisuuksia	3
2.2 Lannan ominaisuuksia.....	4
3 Lannan säilytys	5
4 Nykyiset käsittelymenetelmät.....	6
5 Lannan levitys peltoon	7
6 Mädätys	8
6.1 Kuivamädätyslaitoksia.....	9
7 Poltto	9
7.1 Fortumin voimalaitos	10
7.2 Pienimuotoinen poltto	11
7.3 Pyrolyysi	11
9 Kompostointi.....	12
9.1 Aumakompostointi ja levityskentät.....	13
9.2 Lannan säkkikompostointi: Talli-Jussi	13
9.3 Rumpukompostointi.....	14
9.4 Tuubikompostori	15
10 Yhteenveto	15
Lähteet	17

1 Johdanto

Suomessa on noin 73 400 hevosta, ja jokainen niistä tuottaa vuodessa noin 18 tonnia lantaa. Hevosenlantaa syntyykin Suomessa noin 700 000 - 800 000 m³ vuodessa. Suurin osa siitä päätyy joko omille tai muiden pelloille lannoitteeksi. Muita vaihtoehtoja ovat olleet kaatopaikalle vienti ja kompostointi. Uudempia käsittelyvaihtoehtoja ovat energiahyötykäyttö, biokaasutus ja pyrolyysi. Lantaa syntyy talleilla päivittäin vakiomäärä, ja sitä pidetään yleisesti jätteenä. Nykyisen kiertotalousajattelun aikana myös näkökulma lannan käsittelyyn tulisi muuttaa. Voisiko lanta olla ongelmajätteen sijaan resurssi ja myyntituote?

Lantahuolto on tallien hitaimpia ja raskaimpia töitä. Lannat kerätään yleensä käsin, ja etenkin märkä kuivike on todella painavaa. Työläydestään huolimatta työtä helpottavia koneita on käytössä vähän eikä lantahuoltoa ole useinkaan suunniteltu kovin tehokkaaksi ja vaivattomaksi. Syitä tähän ovat ilmaisen työvoiman määrä (hevosenhoitajat ym.), korkeat investointikustannukset ja koneellisten lannankeräysjärjestelmien negatiiviset vaikutukset talli-ilmaan. Lannankäsittelymenetelmän tuleekin olla sellainen, ettei se lisää tarvittavan työvoiman määrää. (Myllymäki et al. 2014.)

Lainsäädäntö asettaa omat haasteensa lannan hävittämiseen. Aiemmin lantaa on myös viety kaatopaikoille, mutta orgaanisen jätteen kaatopaikkakiellon (VNA 331/2013) tultua voimaan on tämä vaihtoehto talleilta poissuljettu. Nykyinen jätelaki (VNA 151/2013) on tulkinnut hevosenlannan EU-säädösten mukaisesti eläinperäiseksi jätteeksi, minkä vuoksi sitä saivat polttaa vain jätteenpolttolaitokset. Vaadittava polttolaitostekniikka ja seurantavelvoitteet olivat talleille liian kallis investointi. Nyt asiaan on tullut muutos, sillä 17.1.2017 hyväksytty EU-asetuksen muutos sallii lannan polton ilman jätteenpolttolaitosta.

Hevosenlannan kestävä hyödyntäminen (HELY) hankkeessa vertaillaan hevosen lannan hyötykäyttövaihtoehtoja ympäristö- ja taloudellisista näkökulmista. Hanke alkoi toukokuussa 2016 ja päättyi kesäkuussa 2018. Hanke sai rahoitusta Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelmasta. Tämä raportti esittelee hevosenlannan hyötykäyttöön käytettyjä tekniikoita.



2 Kuivikelannan ominaisuudet

Hevosen lanta poikkeaa monilta ominaisuuksiltaan muiden kotieläinten lannasta. Esimerkiksi sen kuiva-ainepitoisuus on yleensä selvästi korkeampi kuin naudnan tai sianlannan, ja kuivikemateriaalin osuus kuivikelannasta on huomattavan suuri. Seuraavaksi esitellään lannan ja kuivikkeiden tärkeimmät hyötykäyttöön vaikuttavat ominaisuudet.

2.1 Kuivikkeiden ominaisuuksia

Talleilla käytetyt kuivikkeet vaikuttavat siihen, millaisia lannankäsittelymenetelmiä voidaan käyttää, sillä kuivikkeen osuus kuivikelannan massasta voi olla jopa 80 %. Kuivikkeita käytetään karsinoissa ja pihatoissa sitomaan ammoniakkia ja nestettä. Eniten käytetyt materiaalit ovat puru, turve ja olki. Purun etuja ovat vaalea väri, hyvä saatavuus ja miellyttävä tuoksu. Turpeen etuja ovat erinomainen ammoniakki- ja nesteensitomiskyky sekä antiseptisyys. Turvetta kuluu vähemmän kuin muita kuivikkeita, jolloin myös kuivikelantaa syntyy vähemmän. Haittoina ovat turpeen pölyäminen sekä mahdolliset saatavuusongelmat. Olkea käytetään erityisesti varsoilla tammoilla ja pihatoissa, sillä maatuessaan olkipatja tuottaa lämpöä. Olkea on kuitenkin työläs käyttää ja sitoo huonosti nestettä. Edellä mainittujen lisäksi käytetään muun muassa hampua, puupellettejä ja pellavaa. Osa talleista käyttää myös eri kuivikkeiden yhdistelmiä.

Talleista arviolta 42 % käyttää kuivikkeena turvetta, 36 % sahanpurua tai kutterinlastua ja 13 % olkea. Muutama prosentti talleista käyttää olkipellettiä, muita kuivikkeita tai eri kuivikkeiden, kuten oljen ja turpeen, sekoituksia (Manninen et al. 2016, 15). Tallit valitsevat käyttämänsä kuivikkeet pääosin hinnan, saatavuuden, ominaisuuksien ja kuivikelannan jatkokäytön perusteella. Seuraavassa taulukossa 1 on esitetty eri kuivikkeiden kuiva-ainepitoisuuksia ja ravinnesisältöjä.

Taulukko 1. Yleisimmin käytettyjen kuivikkeiden ominaisuuksia (Manninen et al. 2016, 22).

Kuivike	Kuiva-aine (%)	Ntot (%)	Ptot (%)	Ktot (%)
Turve	43	0,34	0,01	0,01
Sahanpuru	50	0,16	0,02	0,05
Kutterinpuru	80	0,16	0,02	0,05
Olki	95	0,45	0,05	1,4

Joitakin kuivikkeita, kuten olkea, voidaan käyttää suoraan tallin lämmöntuotantoon. Esimerkiksi Pinewood-tallissa Mäntsälässä käytetään olkikuivikepatjoja, ja karsinat siivotaan noin 3 kk välein. Olki ja lanta maatuvat karsinoissa, jolloin syntyy lämpöä. Lämpö otetaan talteen karsinoiden alla kiertävällä putkistolla. Putkistossa lämmennyt vesi käytetään tallin muiden tilojen, kuten varustehuoneen, lämmitykseen. Käytäntö säästää sekä aikaa että rahaa. Valmiiksi maatunut olki maatuu lantalassa vielä monta kuukautta, minkä jälkeen se levitetään pellolle. (Taipale Tiina, 2011; Pinewood Stables.)

2.2 Lannan ominaisuuksia

Hevoslannan ominaisuuksista on saatavilla melko paljon tietoa. Osa arvioista vaihtelee melko paljon riippuen siitä, millä menetelmällä tieto on saatu. Lannan lannoitekäytön (peltolevytys, kompostointi) kannalta tärkeimpiä tietoja on lannan ravinnepitoisuus. Seuraavassa taulukossa 2 on esitetty Viljavuuspalvelun antamia tärkeimpien ravinneaineiden pitoisuudet kuivikelannassa, jossa kuiva-ainepitoisuus TS oli 32,9 %. Kuivikkeen osuutta ei ole lähteessä määritelty, mutta arvot ovat hyvin lähellä muissa lähteissä esitettyjä ravinnepitoisuusarvoja.

Taulukko 2. Tuoreen kuivikelannan sisältämät ravinteet, kun kuiva-ainepitoisuus on 32,9 % (Viljavuuspalvelu).

Ravinne	kg/t	kg/m ³
Typpi N	1,0	0,5
Fosfori P	1,0	0,5
Kalium K	5,3	2,4
Mangaani Mn	0,9	0,5
Kalsium Ca	2,3	1,1
Natrium Na	0,5	0,2

Hevoslannan energiakäytön, kuten polton ja mädätyksen, kannalta tärkeimpiä tietoja ovat lannan kiintoainepitoisuus TS, lämpöarvo LHV ja metaanin saanti mädätyksellä. Nämä arvot ja muita lannan ominaisuuksia on esitetty taulukossa 3. Tässä taulukossa esitetyt luvut ovat kuivikkeettoman lannan ominaisuuksia.

Taulukko 3. Energiantuotantoon vaikuttavia ominaisuuksia (Hippolis; Saastamoinen 2014; Havukainen 2016, 4).

Ominaisuus	Määrä
Kiintoainepitoisuus (TS)	30-40 %
Orgaanisen aineen pitoisuus (VS in TS)	70-80 %
Lämpöarvo LHVdry	18,4-191 MJ/kg
pH	6-7,8
Hiili-typin suhde	30:1
Tuhkapitoisuus kuiva-aineessa	40 %
Metaanin saanti mädätyksellä	19,6 m ³ /t
Fosfaattipitoisuus	18-37 kg/tTS

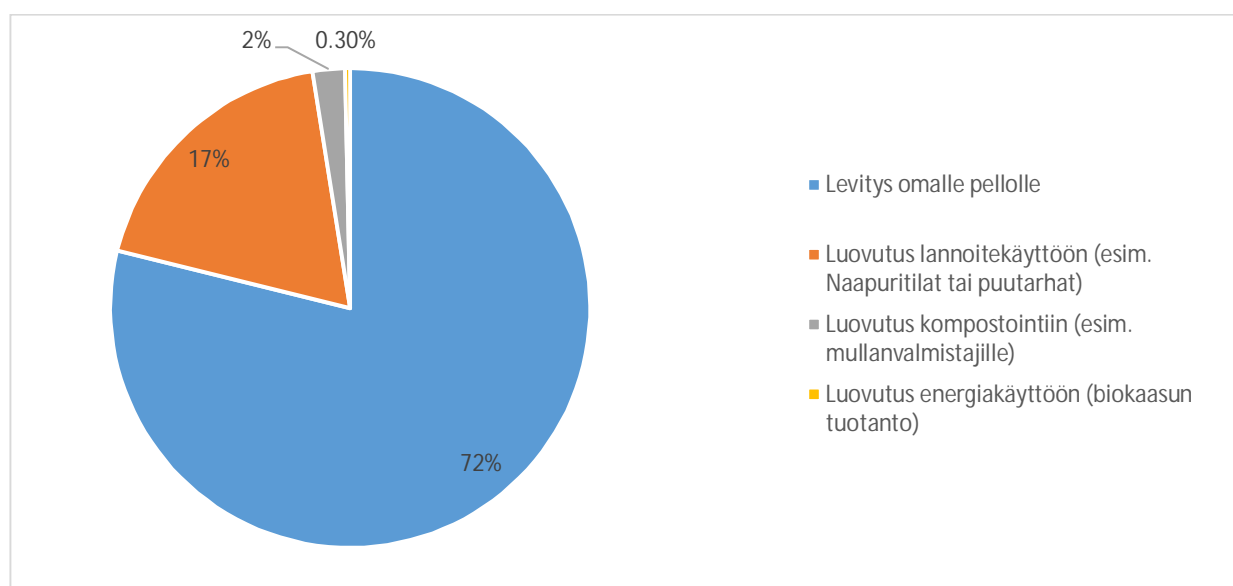
3 Lannan säilytys

Hevoslannan aiheuttamista ympäristövaikutuksista merkittävimpiä ovat ravinteet, kuten typpi ja fosfori. Yhden hevosen vuodessa tuottama lantamäärä sisältää noin 8-16 kg fosforia, 42–95 kg typpeä ja 50–107 kg kaliumia. Ravinteiden pääsy ympäristöön, kuten vesistöihin, vältetään lannan asianmukaisella varastoinnilla. Karsinoista, jaloittelualueilta ja ratsastusalueilta kerätty lanta varastoidaan lähes poikkeuksetta lantalaan. Lantala on harvoin valaistu tai lämmitetty, joten lantalan rakentamista lukuun ottamatta sen käyttöön ei tarvita energiaa. Lantalan tulisi olla niin suuri, että siihen mahtuvat tallilla 12 kuukauden aikana syntyvät lannat. Tilavuus voi olla pienempi, mikäli lantaa luovutetaan hyödyntäjälle tai varastoitavaksi toiselle tilalle. Lantalan rakenteiden tulee olla vesitiiviitä sekä rakenteiden että laitteiden sellaisia, että lannan siirron, käsittelyn ja varastointitilan tyhjennyksen aikana ei pääse nesteitä ympäristöön. (Myllymäki 2014, 8.)

Lannan kuormaaminen tulee suorittaa kovapohjaisella alustalla, joka kestää koneiden painon ja liikkumisen, ja jolta voidaan tarvittaessa kerätä varissut lanta talteen. Valtioneuvoston asetuksen 1250/2014 mukaan 1.4.2015 jälkeen rakennettujen lantaloiden tulee olla katettu tai peitetty niin, ettei sadevesiä pääse lantalaan. Lantalaa ei saa sijoittaa pohjavesialueelle, tulvanalaiselle alueelle, alle 50 metrin etäisyydelle vesistöä, talousvesikäytössä olevasta kaivosta tai lähteestä eikä alle 25 metrin etäisyydelle valtaojasta tai vesilain 1 luvun 3 §:n 1 momentin 6 kohdan mukaisesta norosta. (Suomen Hevostietokeskus 2015.)

4 Nykyiset käsittelymenetelmät

Kattavia tutkimuksia Suomen hevostallien lannankäsittelymenetelmistä ei ole juuri tehty, vaan tutkimukset on yleensä tehty alueellisella tasolla. Luostarinen, Grönroos ja Saastamoinen (2017) selvittivät kyselytutkimuksella lannankäsittelyn tilaa valtakunnallisesti ja vastauksia saatiin 680 tallilta ympäri Suomen, vastausprosentin ollessa 21 %. Tallien koko vaihteli muutaman hevosen talleista yli 60 hevosen tiloihin, mutta suurin osa oli alle 20 hevosen talleja. Selvityksen mukaan 78 % talleista lannan kompostointi alkaa jo lantalassa, ja 22 % talleista edisti prosessia aktiivisesti. Ylivoimaisesti suurin osa, 72 % talleista, hyödynsi lannan lannoitteena omilla pelloilla. Suurin osa näistä talleista oli maatilatalleja. Talleista vain 21 % luovutti lannan kokonaan ulkopuolisille, ja 45 % ei luovuttanut lantaa ollenkaan. Loput luovuttivat osan lannasta muille tahoille. Lanta päätyi pääosin lannoitteeksi kotipuutarhoihin tai naapurituloille (78 %). 9 % luovutettiin prosessointiin, kuten kompostointiin, mullanvalmistukseen tai biokaasun tuotantoon. Muuta energiakäyttöä, kuten polttoa, ei mainittu vastauksissa. Tallien arviot vuotuisista lannankäsittelykustannuksista erosivat toisistaan suuresti, vaihteluvälin ollessa 0 – 2067 €hevosta kohti. Keskiarvokustannus oli 123 €hevonen ja mediaani 67 €hevonen.



Kuva 1. Lannankäsittelymenetelmien jakautuminen talleilla (Luostarinen, Grönroos ja Saastamoinen,2017).

Muissa tutkimuksissa vastaajamäärät ovat olleet pieniä. Kauppisen (2005) opinnäytetyössä oli tarkoitus selvittää tallien lannankäsittelyä Suomen tasolla, mutta kyselytutkimukseen vastasi

vain kymmenen tallia. Näistä neljä oli lähellä kaupunkia tai hevoskeskittymää ja kuusi maaseudulla. Puolet talleista levitti lannat joko omille (2) tai toisten pelloille (3), kolme toimitti lannat Helsingin Vesi Oy:n kompostointikentälle, yhden lannat päätyivät mullanvalmistajille ja yhden lämpölaitokselle poltettavaksi. Myllymäki (2014, 41–42) selvitti Biojäte ja hepolanta –hankkeessa Kainuun alueen tallien lantahuoltoa. Kyselyyn vastasi 32 tallia, joista 69 % käytti lannan omilla pelloilla, ja 16 % luovutti lannan viljelijöille tai puutarhureille. Osa talleista toimitti lannat kaatopaikalle, mikä oli kyselyn aikaan laillinen vaihtoehto. Karhula ja Nieminen (2014, 17) ovat selvittäneet Pohjois-Pohjanmaan maaseutumaisten alueiden lannankäsittelyä. Selvityksen mukaan talleista 54 % levittää lannat omaan peltoon omalla kalustolla, 31 % levittää omaan peltoon jonkun muun levittämänä, 12 % talleista antaa lannat muiden peltoihin levitettäväksi ja 4 % toimittaa lannat lannankäsittelijälle esimerkiksi kompostoitavaksi. Suuren peltolevityksen osuuden selittää se, että tarkastelun kohteena olevat alueet ovat maaseutua.

Talliyrittäjien kokemus lannan jatkokäytön helppoudesta vaihteli tutkimuksissa. Kauppien kyselyyn vastanneet olivat hyvin turhautuneita lannan hyödyntämisen vaikeuteen, sillä ongelmia oli paljon ja kustannukset suuret. Uudet käsittelyvaihtoehdot olisivat vastaajille tervetulleita. Myllymäen tutkimuksessa selvisi, että pääosalla kainuulaisista talleista ei ole ongelmaa lannan kanssa. Yrittäjistä 15 % koki lannan jatkokäytön ongelmallisena. Karhulan ja Niemisen tutkimuksessa taas haastateltiin maaseututallien pitäjiä, joilla oli paljon omia peltoja. Heistä vain kolmella vastaajalla 23:sta oli ongelmia lannan jatkosijoituksessa.

5 Lannan levitys peltoon

Hevoslantaa on perinteisesti käytetty lannoitteena omilla tai läheisille pelloilla. Lannoitekäyttö on hyvä ratkaisu lannan hävittämiseen, sillä se noudattaa jätehierarkian periaatteita. Hevoslannan lannoitekäyttöä ohjaavat Maa- ja metsätalousministeriön laatimat lannoitevalmisteita koskevat asetukset. Suoraan pelloille lantaa luovuttavat tallit eivät ole ilmoitusvelvollisia, kunhan lanta ei ole pakattua eikä tallilla ole todettu hukkakauraa. (Myllymäki et al. 2014, 15–16.)

Hevosen lanta ei ole erityisen tehokas lannoite. Parhaiten se soveltuu savimaille. Kuivikelannassa on kaliumia kohtuullisesti, mutta fosforia ja typpeä melko vähän. Lanta sopii erityisesti nurmien ja hitaasti kasvavien kasvien, kuten perunan ja juurikkaiden, lannoitteeksi. Turvelanta soveltuu myös luonnonmukaiseen kasvihuoneviljelyyn. Paras tilanne on silloin, kun lanta voidaan levittää heinäntoimittajien pelloille. Tällöin ei ole pelkoa rikkakasveista kuten hukkakaurasta, eikä ylimääräisiä kuljetuskustannuksia tule. Käytetty kuivike vaikuttaa

paljon lannan soveltumiseen maanparannusaineeksi, sillä kuivikelannasta 60–80 % koostuu kuivikkeesta. Turvelanta on hyvää lannoitetta, sillä turve kompostoituu nopeasti ja parantaa sekä maan rakennetta, että pieneliöstöä. Puru- ja kutterilanta soveltuvat turvetta huonommin lannoitekäyttöön, sillä purulanta sisältää vähemmän typpeä. Lisäksi puuaines kompostoituu hitaasti ja kuluttaa maan typpivaroja. (Myllymäki et al. 2014, 12–16; Vainikkala 2016).

Perinteinen peltolevitys ei ole enää kaikille talleille vaihtoehto. Muiden liikuntapalvelujen tavoin tallit siirtyvät lähemmäksi kuluttajia ja siten asutusta, kun taas pääkaupunkiseudulla asutus lähestyy talleja. Näillä taajamassa sijaitsevilla talleilla tai muutaman hevosen maalaistalleilla on harvoin omia pelloja. Matkaa lähimmillekin lantaa vastaanottaville viljelytiloille voi olla niin paljon, ettei kuljetus ole taloudellisesti kannattavaa. Lisäksi tarvittavia kuljetusvälineitä ei aina löydy isoimmiltakaan talleilta. Virallisten vastaanottosopimusten saaminen voi osoittautua hankalaksi, mikäli viljelijät eivät halua sitoutua.

6 Mädätys

Mädätyksessä hyödynnetään eloperäistä jätettä, kuten lantaa, kasvibiomassaa, biojätettä ja elintarviketeollisuuden sivuvirtoja. Mädätysprosessissa mikrobit hajottavat hapettomissa oloissa eloperäistä ainesta. Yli puolet syntyvästä kaasusta on yleensä metaania, loppu on lähinnä hiilidioksidia. Lisäksi syntyy pieniä määriä vettä, rikkivetyä, vetyä, ammoniakkia ja häkää. Syntynyt kaasu käytetään sähkön ja lämmön tuotantoon. Mädätykseen on olemassa kaksi erilaista tekniikkaa: kuivamädätys ja märkämädätys. Keskeisimpänä erona on syötteen kuiva-ainepitoisuus. Märkämädätyksen etuja ovat prosessin vakaus ja korkea kaasuntuotto, ja materiaalin kuiva-ainepitoisuuden tulisi olla 5-15 %. Hevosenlannan kuiva-ainepitoisuus, noin 35 %, on siis märkämädätykseen liian korkea. Käytännössä lannan käsittely mädättämällä tapahtuu siis kuivamädätysprosessin avulla. Biokaasun tuotannolla mädätyksen avulla on myös yhteiskunnallista arvoa: energiantuotannon omavaraisuusaste ja uusiutuvan energian tuotanto kasvavat, ja maatalouden kasvihuonekaasupäästöt vähenevät. Lisäksi raaka-aineita säästyy ja työllisyyskin voi parantua. (Myllymäki et al. 2014, 23–24, 26; Hippolis.)

Lanta toimii mädätysprosessin perusraaka-aineena ja tasapainottajana, sillä se sisältää runsaasti mikrobien tarvitsemia ravinteita. Hevosen lanta sopii menetelmään naudan ja sian lantaa paremmin, sillä siinä on vähemmän metaanintuottoa alentavia sade- ja pesuvesiä. Turvekuiviketta sisältävä lanta sopii mädätettäväksi purukuivitettyä paremmin. Eri raaka-aineiden yhteiskäsittelyllä saadaan tehostettua biokaasuprosessia, sillä käsiteltävien

materiaalien ravinne- ja kosteuspitoisuudet paranevat. Samalla orgaanisen aineen hajoaminen tehostuu parantaen metaanin tuottoa. (Myllymäki 2014, 26.)

Biokaasulaitokseen ei sovelleta jätteenpolttodirektiiviä tai -asetusta. Suomessa biokaasulaitoksia on useampia, mutta niistä yksikään ei ole erikoistunut hevosenlannan käsittelyyn. Pääosin laitokset ovat maatilojen ja jätevedenpuhdistamojen yhteydessä. Biokaasulaitos on melko kallis investointi, joka voi maksaa useita miljoonia. Tämän vuoksi mädätyslaitosta ei ehkä kannata perustaa vain lannankäsittelyä varten, vaan pyrkiä hyödyntämään muitakin alueen eloperäisen jätteen virtoja. Saksassa biokaasuteknologia on vakiintunut menetelmä orgaanisten materiaalien käsittelyyn, ja monet muutkin Euroopan maat ovat Suomea edellä. (Myllymäki et al. 23; Hippolis.)

6.1 Kuivamädätyslaitoksia

Suomessa toimii ainakin neljä kuivamädätystekniikalla toimivaa biokaasulaitosta: Haminan Energian laitos Virolahdella, Helsingin Seudun Ympäristöpalveluiden (HSY) Ämmänsuo biokaasulaitos Espoossa, Luonnonvarakeskuksen laitos Sotkamossa ja sekä märkä- että kuivamädätystä käyttävä Metener Oy:n laitos Laukaassa. Näiden lisäksi Mikkeliin on suunnitteilla kuivamädätystä käyttävä biojalostamo. Sen tarkoituksena on tuottaa sekä biokaasua sähkön- ja lämmöntuotantoon ja liikennepolttoaineeksi että ravinteita lannoitevalmisteiksi. Laitos hyödyntäisi pääosin biojätteitä, jätevesilietettä, vihermassoja ja lantaa. Hevosenlantaa voisi biomassojen saantipotentialien tutkimisen perusteella olla 1 % kaikista syötteistä. Toiminnan alussa raaka-aineen toimittaminen laitokselle maksaisi tonnimäärän mukaan, eikä lannasta tulla todennäköisesti myöhemminkään maksamaan palkkiota. Laitokseen tuodut biomassat peltobiomassaa lukuun ottamatta hygienisoidaan, minkä jälkeen suoritetaan meso/termofiilinen kuivamädätys noin 50 C lämpötilassa. Tämän jälkeen kaasu jalostetaan polttoaineeksi ja mädäte lannoitteeksi ja multatuotteiksi. (Häkkinen 2016.)

7 Poltto

Hevosenlanta on määritelty jätteeksi, joten sen polttamista määrittelee Euroopan Unionin jätteenpolttodirektiivi (WID 2000/76/EU). Tämän vuoksi lannan poltto on ollut sallittua vain jätteenpolttolaitoksen määritelmät täyttävillä laitoksilla. Määräykset täyttävä poltto vaatii tarkan savukaasujen puhdistamisen ja päästöseurannan, mikä tekee polton kalliiksi. Hevosenlannan energiakäytön edistäminen oli jopa kirjattu hallitusohjelmaan. Tämän vuoden alusta tilanne on kuitenkin muuttunut, sillä Euroopan unionin tuotantoeläinten lannanpolttoa

käsittelevä asetusmuutos hyväksyttiin 17.1.2017. Täysin säätelystä vapaata toimintaa lannanpoltto ei silti ole: polttoprosessille, päästörajoille ja päästömittauksille on asetettu vaatimukset. Esimerkiksi polttoprosessissa lämpötilan on noustava vähintään 2 sekunnin ajaksi 850 °C:een ja lämpötilamittaukset on tallennettava automaattisesti. Polttolaitoksessa on oltava myös lisäpoltin riittävän lämpötilan varmistamiseksi. Päästömittaukset on tehtävä vähintään kerran vuodessa, ja raja-arvot on säädetty rikkidioksidille (50 mg/m³), typen oksideille (200 mg NO₂/m³) ja hiukkasille (10 mg/m³). Pienissä, polttoaineteholtaan alle 5 megawatin laitoksissa hiukkaspäästöt voisivat olla kuitenkin enintään 50 mg/m³. Jo olemassa olevilla laitoksilla on kuuden vuoden siirtymäaika vaatimusten täyttämiseksi. (Maa- ja metsätalousministeriö, 2017.)

Hevosennannan polttokelpoisuuteen vaikuttaa merkittävästi käytetty kuivike ja sen osuus lannasta. Turve luetaan fossiiliseksi polttoaineeksi, mikä voi estää sen polttamisen joissakin voimalaitoksissa, jotka haluavat käyttää vain uusiutuvia polttoaineita. Oljen ja olkipelletin sisältämät alkalit voivat aiheuttaa haittaa polttolaitteistolle lisäämällä korroosiota ja kattilan hiekkapedin agglomeraatiota. Tämä heikentää palamista. Oljen ja olkipelletin klooripitoisuuden alentaminen korjuuta viivyttämällä taas heikentää sen kuivikeominaisuuksia. Parhaiten polttoon soveltuva kuivike on siis puru. (Manninen 2016.)

Hevosennannan polttamiseen soveltuvia laitteita toimittaa esimerkiksi Swebo, jonka laitteita välittää Suomessa Piccola Oy. Swebon BioTherm soveltuu lannan polton lisäksi hakkeen, viljelyjätteen ja erilaisten pellettien polttoon. Myös seospoltto onnistuu. Lantaa poltettaessa sekaan lisätään tarvittaessa haketta, jotta polttoaine ei olisi liian märkää. Polttolaitteesta on saatavilla erikokoisia malleja, joiden tehontarve vaihtelee 801 000 kW välillä. Prosessin lämpötila on polttokammiossa noin 800 °C ja piipussa 1 100 °C. (Swebo; Piccola.)

7.1 Fortumin voimalaitos

Suomessa on tällä hetkellä yksi hevosennantaa käyttävä polttolaitos: Fortumin Järvenpään voimalaitos. Laitos sai ympäristöluvan lannan poltolle vuoden 2016 keväällä. Fortumin HorsePower-hankkeessa yhtiö huolehtii sekä kuivikkeiden toimituksesta että kuivikelannan poisviennistä. Hankkeessa mukana on 80 tallia 70 kilometrin säteellä voimalaitoksesta. Yhteensä laitoksessa käsitellään noin 1500 hevosen lannat. Lanta poltetaan seospolttona hakkeen kanssa, jolloin kuivikelantaa on seoksessa noin 5-10 %. Polton hyötysuhde on jopa 95 %. Prosessi on suunniteltu kostealle polttoaineelle, joten lannan kosteus ei haittaa. Polton etuna

on, että kun sahanpuru käytetään ensin kuivikkeena, pienenee materiaalien ja tuontikuivikkeen määrä. (Sihvonen 2016.)

Vaikka Fortumin laitos vastaa hevoskansan toiveeseen lannan polttamisesta, ei hankkeeseen olla täysin tyytyväisiä. Toistaiseksi Fortum on voinut ottaa mukaan vain isoja talleja, joten pienet tallit kärsivät edelleen lannanhävitysongelmasta. Hankkeeseen mukaan päässeet tallit, esimerkiksi Lahden Jokimaassa, eivät ole täysin tyytyväisiä palveluun. Fortumin toimittama kuivike on purua, joka on kuivikeominaisuuksiltaan esimerkiksi turvetta ja olkipellettiä huonompi. Lisäksi Fortum on antanut talleille palautetta kuivikelannan sisältämistä kivistä, sillä ne haittaavat polttoprosessia. Hevosten jaloittelualueiden siivous on kuitenkin hyvin vaikeaa ilman, että hiekkaa tulee ollenkaan mukaan.

7.2 Pienimuotoinen poltto

Moni talli haaveilee lannan pienimuotoisesta poltosta, sillä tällöin tallilla syntyvästä jätteestä saataisiin suoraan energiaa omaan käyttöön. Yksi vaihtoehto lannan pienpolttoon on lannasta valmistettavat pelletit. Hevoslantapelletti vastaa kosteusprosenttiltaan ja lämmöntuottokyvyltään pitkälti puupellettiä ja ruokohelpeä. Menetelmän avulla monet tallit voisivat saada merkittäviä taloudellisia säästöjä. Jätteenpolttodirektiivi koskee kuitenkin myös lantapellettiä, joten lannan pienpoltto ei ole ollut sallittua. Tuotantoeläinten jätteiden polttoa säätelevän asetuksen muutoksen myötä poltto on nyt sallittua, mikäli polttoprosessi ja päästöseuranta noudattavat asetuksen määräyksiä. (Myllymäki et al. 2014, 25; Maa- ja metsätalousministeriö 2017.)

7.3 Pyrolyysi

Pyrolyysi on prosessi, jossa lanta palaa hapettomassa tilassa. Lämmön lisäksi prosessissa syntyy biohiiltä, joka soveltuu ravinnekäyttöön ja sitomaan huuhtoutuvia ravinteita. HorseManure-projektissa kokeiltiin pyrolyysin soveltuvuutta hevosenlannan käsittelyyn. Kokeen pyrolyysilämpötila oli 400–500 °C. Hevoselanta osoittautui liian märäksi polttoaineeksi pyrolyysiin, sillä veden poistaminen vei ¼ osan raaka-aineen energiasta. Energiantuotannon kannalta pyrolyysi ei siis ole järkevä käsittelymenetelmä. Pyrolyysiprosessi kuitenkin pienentää lannan tilavuutta, ja prosessista saadaan biohiiltä. Pyrolyysilaitteita toimittaa esimerkiksi Carbon-Terra. (Saastamoinen 2014, 8; Carbon-Terra.)

Ypäjän Hevosopistolla harkitaan pyrolyysilaitteiston hankkimista. Tällä hetkellä opiston tilojen lämmitykseen käytetään kevyttä polttoöljyä, ja lantojen hävityksestä maksetaan vuodessa jopa 250 000 euroa. Kalliskin energiantuotantolaitos siis toisi opistolle säästöjä.

Mikäli pyrolyysiluvan saamiseen vaadittaisiin prosessissa syntyvien kaasujen puhdistus, voi hyötysuhde laskea liian alhaiseksi. (Sihvonen 2016.)

8 Lannan kaasutus

Kaasuttaminen tarkoittaa polttoaineen polttamista ali-ilmalla. Tällöin kaikki palava aines ei pääse hapettumaan ja syntyy tuotekaasua. Kaasuttamalla muunnetaan siis kiinteää polttoainetta kaasumaiseen muotoon. Syntyvä tuotekaasu on pääosin hiilimonoksidia ja vetyä. Kaasutuslaitoksia on Suomessa tällä hetkellä muutama, mutta lisää tutkimushankkeita on suunnitteilla. Kaasutuslaitos maksaa noin 200 000 € mikä on yksittäiselle tallille liian suuri investointi. (Hippolis.)

Hevosenlannan kaasutuksen haasteena on sen kosteus, 65 %. Hyvälaatuisen tuotekaasun saamiseksi polttoaineen kosteuden tulisi olla alle 50 %. Lantaa tulisi siis kuivata ennen prosessia. Kaasutuksen ensimmäisessä vaiheessa polttoaine lämmitetään kuivatuslämpötilaan. Tämän jälkeen tapahtuu pyrolyysi: haihtuvat aineet kaasuntuvat ja palavat polttoaineen pinnalta. Kiinteä aine muuntuu terva- tai kaasumaiseen muotoon. Pyrolyysivaihe edeltää aina kiinteän polttoaineen jäännöshiilen palamista tai kaasutusta. (Hippolis.)

Hevosenlannan soveltuvuutta kaasutukseen on kokeiltu Suomessa. Käytetty kuivikelanta sisälsi purua ja sen kuiva-ainepitoisuus oli noin 43 %. Kuivikelanta muodosti liian tiiviin patja kaasuttimelle, mutta se hapettui pitkälle. Lannan tuotekaasulla oli korkeampi hiilimonoksidia- ja hiilidioksidipitoisuus kuin verrokkina käytetyllä puupelletillä. Lisäksi lannan tuotekaasulla oli pienempi hiilivety- ja rikki-pitoisuudet. Hevosenlanta sisältää melko paljon ammoniakia, mikä saattaa olla hyvä ominaisuus tuotekaasua poltettaessa. (Hippolis.)

9 Kompostointi

Kompostoinnilla voidaan parantaa kuivikelannan maanparannusarvoa. Kompostoinnissa orgaaninen aines hajoaa hapellisissa olosuhteissa, jolloin syntyy humuspitoista kompostia, hiilidioksidia, vettä ja lämpöä. Osa lannan sisältämistä ravinteista katoaa, mutta niin katoavat rikkakasvin siemenet ja loiset. Lannan tilavuus pienenee, hygieenisuus kasvaa ja levitettävyyttä parane. Lannan kompostoituminen alkaa jo lantalassa, mutta prosessia voidaan tehostaa esimerkiksi säkki-, muovituubi-, rumpu- tai aumakompostoria käyttämällä. (Myllymäki et al. 2014, 17–18.)

Mikäli syntynyttä kompostia pakataan myyntiä varten, siitä tulee lannoitevalmistetta, jonka myynnissä on noudatettava Lannoitevalmistelain 539/2006 määräyksiä. Kompostin

luovuttajan on tehtävä Elintarviketurvallisuusvirastolle (Evira) kirjallinen ilmoitus toiminnastaan ja omavalvontasuunnitelma, sekä pidettävä tiedostoa toiminnastaan. Lannoitevalmisteissa on oltava tuoteseloste, josta selviää valmisteen tyyppi- ja kaupan nimi, ominaisuudet, käyttö, koostumus ja valmistus.

9.1 Aumakompostointi ja levityskentät

Aumakompostointi on perinteisin lannan kompostointitapa. Aumakompostoinnissa lanta kompostoidaan lantapatterissa joko tiivispohjaisella kompostointialustalla tai pellolla. Menetelmä on edullinen eikä vaadi suuria investointeja tai asiantuntemusta. Aumakompostointi pellolle on helppoa, mutta se on sallittu vain poikkeustapauksissa. Kompostointikenttiä käyttävät erityisesti multayrittäjät ja jotkin kaupungit. Kentillä valumavedet saadaan kerättyä talteen ja kompostin huolto on helpompaa.

Olosuhteet auman eri osissa vaihtelevat, joten kompostin lämpötilaa ja lahoamisprosessia tulee seurata. Ihannelämpötila kompostoitumiselle on noin 35–45 °C ja kosteusprosentti 55–70 %. Aktiivivaihetta seuraa puolesta vuodesta vuoteen kestävä jälkikypsytysvaihe. Olosuhteiden vaihtelun vuoksi haasteina ovat auman ilmastus ja kosteuden säilyttäminen. Kompostoituminen jääkin helposti epätäydelliseksi. Prosessia voi tehostaa peittämällä kompostikasa turpeella, oljilla tai hengittävällä peitteellä. Pelkkä hevosenlanta ei välttämättä toimi kompostissa, sillä se voi olla liian kuivaa ja vähän kompostoituvaa materiaalia sisältävää. Siksi lannan sekaan olisi hyvä lisätä muutakin eloperäistä materiaalia. Ilmastusta voidaan tehostaa kasaamalla lanta kuivikekerroksen päälle. Aumakompostoinnin merkittävimmät ympäristövaikutukset ovat typen hävikki ammoniakkiyhdisteiden haihtuessa ja ravinteiden huuhtoutuminen vesistöihin. (Hippolis.)

Niin kutsuttu nitraattiasetus (VNa 1250/2014 ja sitä koskeva VNa 1261/2015) määräävät lannan varastointipaikkojen perustamisesta, sijainnista ja varastointiajasta. Lannan varastointi aumassa on sallittua vain työtekniisten tai hygieenisten syiden niin vaatiessa, mutta kiellettyä 1.11.-31.1. välisenä aikana sekä pohjavesialueella tai tulvanalaisella alueella. Aumavarastoinnista tulee ilmoittaa 14 vuorokautta ennen varastoinnin aloittamista kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle, ja kuivikelanta on levitettävä auman perustamisvuonna, viimeistään 31.10.

9.2 Lannan säkkikompostointi: Talli-Jussi

Yksi vaihtoehto lannan kompostoitumiseen on säkkikompostointi. Säkkikompostoinnissa lanta pakataan esimerkiksi polyeteenistä valmistettuun säkkiin, jolloin lannan varastointi, pakkaus

ja kompostointi hoituvat samalla kertaa. Ravinnehävikki jää pieneksi. Suomessa säkkeitä toimittaa muun muassa Talli-Jussi. Järjestelmän etuja ovat sen mahtuminen pieneen tilaan, helppokäyttöisyys ja helppo maisemoitavuus. Ongelmana on säkkien paino (700–2000 kg), joka vaatii esimerkiksi pienkuormaajan säkkien liikutteluun. Säkkikompostointi sopii alle 10 hevosen talleille, joten se voisi olla hyvä ratkaisu pienten tallien lantaongelmiin. Talli-Jussin säkkeitä on saatavilla kahta kokoa: 2,5 m³ ja 3,6 m³. Talli-Jussi 2000 on hinnaltaan 3990 € ja siihen tuleva kestosäkki 158 €. Talli-Jussi 4000 on hinnaltaan 4990 € ja siihen tuleva kestosäkki 220 €. Säkkeitä voi käyttää uudestaan, joten pidemmällä aikavälillä hinta ei jää korkeaksi ja voi olla tavallista lantalaan halvempikin. (Harjula 2017; Biojussi.)

9.3 Rumpukompostointi

Rumpukompostori nopeuttaa hevosenlannan kompostoitumista ilmasto- ja lämpövaikutuksen avulla. Laite on sylinterinmuotoinen, vaakatasossa oleva säiliö, jota pyöritetään joko lihasvoimalla tai sähköllä. Pyörimisen tarkoitus on sekoittaa ja ilmastaa kompostissa olevaa massaa. Lisäksi kompostorin pyörimisnopeutta säätämällä voidaan säätää lämpötilaa ja kosteutta kompostorissa. Lannan ja kuivikkeen seos pyörii kompostorissa 7-10 päivää, minkä jälkeen se jälkikompostoidaan esimerkiksi kasoissa. Rumpukompostori sopii erityisesti isommille talleille, joilla on vakaa talous ja kiinnostusta kompostin hoitoon. (Hippolis.)

Rumpukompostorissa syntyneen kompostin vaatima jälkikypsytyisaika, yleensä 3 kk, riippuu muun muassa käytetystä kuivikemateriaalista. Valtioneuvoston asetuksen 1250/2014 mukaan kompostin jälkikypsytyksestä aumassa tulee ilmoittaa 14 vuorokautta ennen varastoinnin alkamista kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle. Varastointi on sallittua ympäri vuoden, ja auman pohjalle on levitettävä vähintään 20 cm nestettä sitova kerros. Mikäli syntynyttä kompostia pakataan myyntiä varten, siitä tulee lannoitevalmistetta, jonka myynnissä on noudatettava Lannoitevalmistelain 539/2006 määräyksiä. Tällöin rumpukompostori tarvitsee Eviran laitoshyväksynnän.

Rumpukompostoinnin etuja ovat helppohoitoisuus ja nopeus. Oikein ohjelmituna ja lähelle karsinoita sijoitettuna kompostorin käyttö ei kuluta aikaa tai voimavaroja tavanomaista lantalaan enempää. Suurin etu on hyvälaatuinen multa: kompostoinnilla muutetaan ongelmajäte myyntituotteeksi. Myös prosessissa syntyvää lämpöä voidaan hyödyntää esimerkiksi tallin lämmitykseen, joskin tämä voi pidentää lannan kompostointiaikaa. Haittapuolina ovat korkea hinta, pieni melu ja sähkönkulutus. Kompostori voi vaatia lämpöeristetyt tilat, mutta käyttö on onnistunut ilmankin. Rumpukompostorin hinta riippuu sen kapasiteetista ja tyypistä, ja

Hippolis-sivuston arvio 30 m³ laitteen hinnaksi on 60 000 € Rumpukompostoreja myyvät Suomessa ainakin Biofacta Oy, Rekitec Oy, ja Someron terästyö Oy. (Hippolis; Vainikkala 2016.)

9.4 Tuubikompostori

Tuubikompostoinnissa lanta pakataan syöttölaitteen avulla muovituubeihin, jotka jätetään tasaiselle alustalle. Tuubi on valmistettu mustasta ja tiiviistä muovikalvosta, joka auttaa saavuttamaan riittävän kompostointilämpötilan, noin 40-60 ° C. Tuubien halkaisija on 1,5-2 m ja pituus useita kymmeniä metrejä. Yhteen tuubiin mahtuu noin 120 m³ lantaa riippuen siitä, kuinka tiiviisti se pakataan. Tuubeissa ilma vaihtuu puhaltimien avulla ja musta muovikalvo tehostaa vaikutusta. Tuubissa lannan massa pienenee noin kolmanneksen. Menetelmän etuna on, että tuubit voidaan varastoida mille tahansa tasaiselle alustalle, ja pakkaus voidaan tehdä silloin kun oma aikataulu sen sallii. Järeiden pakkausruuvien ja avaran pakkauskanavan ansiosta kompostoitavassa massassa olevat kivet, jotka ovat usein muissa käsittelymenetelmissä ongelmallisia, eivät haittaa prosessissa. Tuubikompostosteja valmistaa esimerkiksi Aimo Kortteen Konepaja, jonka Murska Biopackerin tehontarve on 85 kW ja hinta noin 30 000 € Murskan tuubikompostia käytetään Suomessa ainakin yhdellä tallilla, minkä lisäksi yksi maatila vastaanottaa kompostoitavaksi noin 100 lähialueen hevosen lannat. Tuubikompostori sopiikin talliyrittäjien lisäksi tasalaatuista lannoitetta kaipaavien maanviljelijöiden käyttöön. (Aimo Kortteen Konepaja; Hippolis.)

10 Yhteenveto

Suomessa syntyy vuosittain suuret määrät hevosenlantaa, jonka käsittely voi olla talleille suurikin ongelma ja kuluerä. Käsittelyyn on kuitenkin tarjolla monia eri menetelmiä. Peltolevityksessä ja kompostoinnissa hyödynnetään lannasta saatavat ravinteet eivätkä laitteistoinvestoinnit ole muihin menetelmiin verrattuna suuria. Määdätyksen etuna on, että lannasta saadaan irti sekä sen sisältämä energia että ravinteet. Energiantuotantomenetelmistä poltosta on hyviä kokemuksia, sillä Fortum HorsePower kuivike- ja lantapalvelu on ratkaissut monen pääkaupunkiseudun tallin ongelman. Pyrolyysi ja kaasutus ovat myös lupaavia menetelmiä, mutta ne ovat vielä kehitysvaiheessa.

Tallien ja asutusalueiden lähestyessä toisiaan eivät perinteiset lannanhävitysmenetelmät enää kaikkialla onnistu. Monissa uusissa ja lupaavissa menetelmissäkin on ongelmansa: lanta on kosteaa, investoinnit kalliita ja menetelmät vaativat tietotaitoa. Esimerkiksi märkämädätys on Suomessa vakiintunut lannankäsittelymenetelmä, mutta hevosenlanta vaatisi vähemmän

käytetyn kuivamädätyksen. Poltossa ongelmana on ollut lainsäädännön vaatima kallis investointi. Pyrolyysi ja kaasutus vaativat vielä kehittämistä ja voi olla, etteivät ne energiantuotannon näkökulmasta sovellu ollenkaan lannan käsittelyyn. Kaikissa menetelmissä yhteisiksi haasteiksi nousevat erilaiset kuivikkeet ja pitkät kuljetusmatkat.

On kuitenkin selvää, että haasteista huolimatta hevosenlannassa on paljon hyödyntämätöntä potentiaalia. Menetelmien käyttöönotto vaatii viranomaisten, investoijien ja tallien yhteistyötä sekä paljon osaamista. Parhaimmillaan lannasta voi ongelmajätteen sijaan syntyä paitsi hevosmaailman, myös kuntien ja kaupunkien resurssi.

Lähteet

Aimo Kortteen Konepaja Oy. Murskabio-tuotteiden esite. verkkodokumentti. Viitattu 5.1.2017. Saatavissa: <http://www.murska.fi/esitteet/Murskabio-suomi-www.pdf>

Biojussi. Talli-Jussi. Viitattu 30.9.2016. Saatavissa: <http://www.biojussi.fi/4>

Carbon-Terra. Tierhaltung. Viitattu 12.12.2016. Saatavissa: <http://www.carbonterra.eu/en/pflanzenkohle/anwendungen/fuetterung>

Havukainen J. et al. 2016. Potential of phosphorus recovery from sewage sludge and manure ash by thermochemical treatment. Waste Management (2016). Viitattu 12.12.2016. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.01.020>

Hippolis. Lantahuollon hyviä käytäntöjä. Viitattu 6.12.2016. Saatavissa: http://www.hippolis.fi/fi_innohorse/fi_manure/fi_good_practices/

Häkkinen P. 2016. Lannoitteita ja energiaa biomassoista. Viitattu 12.12.2016. Saatavissa: https://proagria.fi/sites/default/files/attachment/lannoitteita_ja_energiaa_biomassoista_raportti_s.pdf

Hippolis. Hevosennannan hyödyntäminen. Viitattu 13.12.2016. Saatavissa: http://www.hippolis.fi/fi_innohorse/fi_manure/fi_good_practices/fi_manureutilization/

Hippolis. Kaasutus. http://www.hippolis.fi/fi_innohorse/fi_manure/fi_good_practices/fi_gas 22

Lappeenranta University of Technology www.lut.fi

Kauppinen P. 2005. Hevosennannan hyötykäytön mahdollisuudet. Opinnäytetyö. Bioenergiakeskuksen julkaisusarja (BDC-Publications) Nro 12. Viitattu 12.12.2016. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/20538/hevosennannan_hyotykaytto_12.pdf?sequence=1

Karhula S. ja Nieminen K. 2014. Hevosennannan jatkokäsittelyn mahdollisuudet Pohjois-Pohjanmaan maaseutumaisilla alueilla. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Viitattu 19.10.2016. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/76329/karhula_sanna_nieminen_katriina.pdf?sequence=1

Luostarinen S., Grönroos J. ja Saastamoinen M. 2017. Hevosennannan käsittely Suomessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 8/2017. Saatavissa: http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/538154/luke-luobio_8_2017.pdf?sequence=1

Maa- ja metsätalousministeriö. 2017. Hevosennannan poltto helpottuu. Maa- ja metsätalousministeriön tiedote 18.1.2017. Viitattu 25.2.2017. Saatavissa: http://mmm.fi/artikkeli/-/asset_publisher/hevosennannan-poltto-helpottuu

Manninen et al. 2016. Hevosennannan energiakäytön ympäristövaikutukset. Luonnonvara- ja

biotalouden tutkimus 30/2016. verkkodokumentti. Viitattu 28.12.2016. Saatavissa: http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/535278/luke-luobio_30_2016.pdf?sequence=1

Myllymäki et al. 2014. Hevosen lannan hyötykäytön lisääminen, Case Kainuu. Biojäte ja hepolanta -hankkeen selvityksiä 2/4. Viitattu 27.12.2016. Saatavissa: https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/485500/Hevosen%20lannan%20hy%C3%B6tyk%C3%A4yt%C3%B6n%20lis%C3%A4%C3%A4minen%20case%20Kainuu_final.pdf?sequence=1

Piccola Oy. Lannan poltto. Viitattu 14.8.2017. Saatavissa: <http://www.piccola.fi/lannanpoltto-bioenergia>

Pinewood Stables. Meistä. Viitattu 14.8. Saatavissa: <http://www.pinewood.fi/meista.html>

Saastamoinen, M. 2014. HorseManure- hevosenlannan käsittely ja hyödyntäminen ravinteiden kierrätyksen tehostamiseksi. verkkodokumentti. Julkaistu 9.12.2014. Viitattu 15.12.2016.

Sihvonen, M. 2016 Lannan poltto ei ratkaise kaikkien tallien jätehuoltoa. Luonnonvarakeskus. Julkaistu 14.1.2016. Viitattu 13.10.2016. Saatavissa: <https://www.luke.fi/lannanpoltto-eiratkaise-kaikkien-tallien-jatehuoltoa/>

Suomen Hevostietokeskus ry. 2015. Lannan varastointi hevosatilalla. Päivitetty 11.12.2015. Viitattu 20.12.2016. Saatavissa: <http://www.hevostietokeskus.fi/index.php?id=636>

Swebo. 2011. Heating using horsepower. verkkodokumentti. Viitattu 30.12.2016. Saatavissa: http://www.swebo.com/uploads/media/im_biotherm_eng_2011_06.pdf

Taipale Tiina. 2011. Lanta lämmittää tallia Mäntsälässä. Julkaistu Maaseudun tiede –lehdessä 23.10.2011. Viitattu 10.11.2016. Saatavissa: https://issuu.com/mttelo/docs/maaseudun_tiede_32011

Viljavuuspalvelu. Lantatilasto vuosilta 2006-2009. verkkodokumentti. Viitattu 13.12.2016. Saatavissa: <http://viljavuuspalvelu.fi/sites/default/files/sites/default/files/tilastot/Lantatilasto%202005%20-%202009.pdf>

Haastattelu: Sari Vainikkala, Saksalan Ratsastuskeskus. Kotkassa 19.9.2016.

Puhelinkeskustelu: Jukka Harjula, Biojussi, 5.7.2017.


ISBN 978-952-335-120-2

ISBN 978-952-335-120-2 (PDF)

ISSN-L 2243-3384

ISSN 2243-3384

Lappeenranta 2017


LUT
Lappeenranta
University of Technology