

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teknillinen tiedekunta

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

BH10A0300 Ympäristötekniikan kandidaatintyö ja seminaari

**HEVOSENLANNAN NYKYKÄYTTÖ JA
HYÖDYNTÄMISMAHDOLLISUUDET
ENERGIANTUOTANNOSSA SUOMESSA**

**Current Utilization of Horse Manure and
Exploitation Possibilities in Energy Production in Finland**

Työn tarkastaja: Professori, TkT Mika Horttanainen

Työn ohjaaja: Nuorempi tutkija, DI Hanna Värri

Lappeenrannassa 16.1.2012

Riikka-Liisa Säikkö

SISÄLLYSLUETTELO

SYMBOLILUETTELO	2
1 JOHDANTO	4
1.1 Työn taustaa	4
1.2 Työn tavoite	5
2 HEVOSENLANNAN OMINAISUUDET	5
2.1 Hevosennannan koostumus	6
2.2 Kuivikemateriaalit ja niiden ominaisuudet	7
2.3 Hevosennannan lämpöarvo	8
3 HEVOSENLANNAN KÄYTTÖÄ KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ	11
3.1 Hevosennannasta valmistettavaa lannoitetta koskeva lainsäädäntö.....	11
3.2 Hevosennannan luovuttamista ja pellolle levittämistä koskeva lainsäädäntö.....	12
3.3 Hevosennannan polttoa koskeva lainsäädäntö	13
3.4 Hevosennannan kaasutusta koskeva lainsäädäntö	13
4 HEVOSENLANNAN NYKYINEN HYÖTYKÄYTTÖ SUOMESSA	14
4.1 Hevosennannan kompostointi	14
4.1.1 Hevosennannan kompostointi lantapatterissa.....	15
4.1.2 Hevosennannan kompostointi tuubikompostorissa	16
4.2 Kuivikkeen merkitys hevosennannan kompostoitumiseen	17
4.3 Hevosennannan kompostointihyötykäytön haasteita	18
5 HEVOSENLANNAN HYÖTYKÄYTTÖ ENERGIANTUOTANNOSSA	19
5.1 Hevosennannan poltto.....	19
5.1.1 Jätteenpolttoarinat	19
5.1.2 Jätteenpolttoarinan tulipesä.....	22
5.1.3 Jätteenpolton savukaasupäästöjen pitoisuudet.....	23
5.1.4 Hevosennannan polton kannattavuus Suomessa	23

5.1.5	Hevoselannalle suoritettuja polttokokeita.....	23
5.1.6	Hevoselannan polttaminen Saksassa	25
5.1.7	Hevoselannan polttaminen Ruotsissa	26
5.2	Hevoselannan kaasutus	27
5.2.1	Kaasutuksen teoria.....	28
5.2.2	Kaasutusreaktorit	28
5.3	Hevoselannan mädätys.....	29
5.3.1	Kuivamädätys	31
5.3.2	Hevoselannan mädätys Ruotsissa	33
6	HEVOSELANTAHUOLLON KUSTANNUKSET SEKÄ HEVOSELANNAN MÄDÄTYKSEN JA POLTON LASKENNALLISET HYÖDYT	34
6.1	Hevoselantahuollon kustannukset.....	34
6.2	Hevoselannan mädätyksen laskennallinen hyöty.....	36
6.3	Hevoselannan polton laskennallinen hyöty.....	37
6.4	Tarvittava lantamäärä eri kattilatehoille.....	38
7	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	40
	LÄHTEET	42

LIITTEET:

Liite 1. Lantahuollon kustannukset

Liite 2. Hevoselannan mädätyksen laskennallinen hyöty

Liite 3. Hevoselannan polton laskennallinen hyöty

Liite 4. Tarvittava lantamäärä eri kattilatehoille

SYMBOLILUETTELO

H_u	tehollinen lämpöarvo	[MJ/kg]
l	veden höyrystymislämpö	[kJ/kg]
m_{vesi}	veden osuus kosteassa polttoaineessa	[kg _{vesi} / kg _{pa}]
η	hyötysuhde	[-]

Alaindeksit

25	lämpötila 25 °C
kostea	kostea polttoaine
kuiva	kuiva polttoaine

Lyhenteet

As	arseeni
Cd	kadmium
Cl	kloori
CO	hiilimonoksidi
Co	koboltti
Cr	kromi
Cu	kupari
C _x H _y	hiilivedyt
F	fluori
HCl	vetykloridi
HF	vetyfluoridi
Hg	elohopea
K	kalium
Mn	mangaani
N	typpi
Ni	nikkeli
NO _x	typen oksidit
P	fosfori

Pa	polttoaine
Pb	lyijy
PCDD/F	dioksiinit ja furaanit
S	rikki
Sb	antimoni
SO ₂	rikkidioksidi
Tl	tallium
TOC	kokonaishiili
TS	kokonaiskiintoainepitoisuus
V	vanadiini
VS	orgaaninen kiintoainepitoisuus

1 JOHDANTO

Tämä työ on tehty Lappeenrannan teknillisen yliopiston Ympäristötekniikan kandidaatin-työ ja seminaari -kurssiin liittyen. Työ on kandidaatintutkintoon kuuluva opinnäytetyö. Työn aihe käsittelee hevosenlannan käyttöä Suomessa sekä sen mahdollisuuksia energian tuotannossa.

1.1 Työn taustaa

Hevosharrastus on lisääntynyt Suomessa vuosittain. Vuonna 2009 Suomessa oli hevosia yli 70 000 yksilöä ja määrä on edelleen jatkanut kasvua (Suomen Hippos ry 2010). Hevosharrastajien lukumäärän kasvaessa alan kysyntä on yhä enemmän suuntautunut lähemmäksi kaupunkia, mikä on aiheuttanut ongelmia hevostallien lantahuollossa.

Suomessa hevosenlanta tulkitaan jätelain (1072/1993) mukaiseksi jätteeksi, jolloin hevosenlannasta – kuten kaikesta muustakin jätteestä – on ensisijaisesti hyödynnettävä aineellinen sisältö ja vasta toissijaisesti sen energiasisältö. Hevostallien siirtyessä lähemmäksi kaupunkia, yhä harvemmillä hevostallinpitäjällä on riittävästi omaa peltoalaa, jonne kertyvä hevosenlanta olisi mahdollista sijoittaa pellon lannoitteeksi (Airaksinen 2006, 13). Ongelmaksi monille tallienpitäjille on siis kehittynyt lannasta eroon pääseminen.

Hevosenlannan aineellinen hyötykäyttö tarkoittaa pääosin lannan sisältämiä ravinteita ja niiden hyödyntämistä lannoitteiden ja maanparannusaineiden raaka-aineena. Tyypillisin tapa Suomessa hevosenlannan käsittelylle on lannan kompostointi ja kompostin jatkojalostus esimerkiksi mullaksi. Mikäli hevostalleilla ei ole riittävästi peltoalaa kertyvän lannan levitykselle, harvoin myöskään löytyy muuta vastaavaa tilaa lannan kompostoinnille. Lisäksi, jos talli myisi kompostoitua lantaa eteenpäin lannoitteena, tulisi kompostointitilojen olla Elintarviketurvallisuusviraston hyväksymät. Tällaisten tilojen ylläpito aiheuttaisi talleille ylimääräisiä investointikuluja.

Useimmassa tapauksessa ainoaksi tavaksi päästä eroon hevosenlannasta on löytää joku, joka ottaa kaiken kertyvän lannan vastaan ja käsittelee sen esimerkiksi aumassa kompostoimalla. Ongelmia seuraa, jos hevostalleilla karsinoiden kuivikkeina käytetään puupohjaisia kuivikkeita. Suomessa eniten käytettyihin kuivikemateriaaleihin kuuluvatkin kutte-

rinlastu ja puru. Maanviljelijät eivät mielellään levitä pelloilleen kuivikelantaa, jossa kuivikkeena on puupohjaista kuiviketta sen hitaan kompostoitumisen vuoksi. Turve olisi maanviljelijöiden mieleen sen kompostoitumisen kannalta, mutta tallilla käytettyyn kuivikkeen valintaan vaikuttaa monia seikkoja ja mielipiteitä esimerkiksi kuivikkeen vaikutuksesta hevosten hyvinvointiin.

Tämä ongelma on yksi niistä syistä, miksi hevosenlannalle on alettu kaivata muita hyötykäyttömahdollisuuksia. Suurimpana mielenkiinnonkohteena hevosenlannan hyötykäytölle on lannan energiasisältö. Hevosenlannan hyötykäyttö energiantuotannossa on jo otettu monissa maissa käyttöön. Esimerkiksi Ruotsissa hevosenlantaa on poltettu sellaisenaan ja Saksassa hevosenlantaa on poltettu pellettien muodossa. Suomessa lainsäädännön puitteissa hevosenlannan pienpoltto on taloudellisesti kannattamatonta ja suuria polttolaitoksia, jotka ottaisivat lantaa vastaan, ei löydy. Muita hevosenlannan energiasisällön hyödynnystapoja voisivat olla lannan kaasutus sekä mädätys. Ainakin Ruotsissa hevosenlannasta on tuotettu biokaasua mädättämällä.

1.2 Työn tavoite

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on kartoittaa hevosenlannan nykyinen käyttö Suomessa sekä syyt nykyisille käyttömuodoille. Lisäksi työssä tutkitaan hevosenlannan ominaisuuksia sekä lannan käyttömahdollisuuksia energian tuottajana. Työssä on myös suoritettu laskentoja hevosenlantahuollon nykyisille kustannuksille sekä lantaa mädättämällä tai polttamalla saataville hyödyille. Jälkimmäisistä laskuista on rajattu investointi- sekä käyttö- ja kunnossapitokustannukset pois.

2 HEVOSENLANNAN OMINAISUUDET

Suomessa oli vuonna 2010 hevosia ja poneja yhteensä noin 74 300. Tilastot osoittavat, että hevuskanta on noussut viimeisten vuosikymmenten aikana noin 1 500 yksilöllä ja suunnan oletetaan edelleen olevan noususuuntaista alan suosion kasvun myötä. (Suomen Hippos ry 2010.) Kuivikkeen ja lannan seosta eli kuivikelantaa syntyy vuodessa noin 12 m³ jokaista hevosta kohti (Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta(932/2000), Liite 2). Kuivikelannan tilavuuspaino on

keskimäärin 350–400 kg/m³ (Kauppinen 2005, 4). Tästä seuraa, että Suomessa syntyy vuosittain hevosenlannan ja kuivikkeen seosta noin 330 000 tonnia.

2.1 Hevosenlannan koostumus

Hevosen ruokavalio koostuu pääasiassa heinästä ja kaurasta. Lisäksi ruokavalio sisältää jonkin verran teollisesti tuotettuja valmisrehuja, kivennäisaineita sekä vitamiineja. Rehun laatuun ja puhtauteen kiinnitetään usein huomiota, koska hevonen on arvokas eläin. Hyvälaatuinen ja monipuolinen heinä on hevosen ruuansulatuksen sekä sen lopputuotteen perusraaka-aine. (Ilvonen.)

Hevosenlanta sisältää hyviä ravinteita ja lantaa voidaan käyttää lannoitteena useimmille viljelmille – sekä koriste- että hyötykasveille. Parhaiten hevosenlanta sopii lannoitteeksi kasveille, joiden fosforin tarve ei ole suuri. (Ilvonen.) Taulukossa 1 on esitetty hevosen-, naudan-, sian- ja kananlannan ravinnearvot typen, fosforin ja kaliumin osalta. Lisäksi taulukossa on kuivikemateriaaleista turve ja olki. Taulukosta nähdään, että hevosenlannan kokonaistypen määrä ei eroa naudanlannan kokonaistypen määrästä ollenkaan, kun taas kasveille käyttökelpoista liukoista typpeä on reilu puolet vähemmän hevosenlannassa kuin naudanlannassa. Fosforia on jonkin verran vähemmän hevosenlannassa kuin naudanlannassa ja kaliumia on lähes yhtä paljon.

Taulukko 1. Hevosen-, naudan-, sian- ja kananlannan sekä oljen ja turpeen ravinnepitoisuudet (Airaksinen 2006, 16).

Materiaali	Kokonaistyyppi N, [kg/t]	Liukoinen tyyppi N, [kg/t]	Fosfori P, [kg/t]	Kalium K, [kg/t]
Hevosenlanta	4,6	0,6	0,9	3,1
Naudanlanta	4,6	1,3	1,3	3,6
Sianlanta	7,2	1,7	3,1	3,7
Kananlanta	15,6	12,8	10,5	11,3
Olki	4,5	1	0,5	14
Turve	3,4	0,3	0,1	0,1

Taulukossa 2 on esitetty kuinka paljon yksi hevonen, nauta ja sika tuottaa lantaa päivässä ja vuodessa. Lisäksi taulukossa on esitetty lantojen kokonaiskiintoainepitoisuudet veden haihdutuksen jälkeen eli TS sekä orgaaninen kiintoainepitoisuus eli VS.

Taulukko 2. Yhden eläimen tuottama lantamäärä sekä lannan koostumus. A: (Airaksinen 2006, 15) B: (Kauppinen 2005, 19), muut arvot: (Hatsala 2004, 47)

Materiaali	Lantaa [kg/vrk]	Lantaa [kg/a]	TS [%]	TS [kg/a]	VS [%]	VS [kg/a]
Hevosenlanta	24,95	8300–9400 ^A	31,5–38,6 ^B	2 597	80,77	2 098
Naudanlanta	65,77	24006	10	2 401	84,66	2 032
Sianlanta	5,71	2085	7	146	80	117

Kun puhutaan hevosenlannasta, useimmiten tarkoitetaan kuitenkin hevosenlannan ja kuivikkeen sekoitusta, eli kuivikelantaa. Myös tässä työssä hevosenlannalla tarkoitetaan kuivikelantaa, koska kuiviketta on käsiteltävässä hevosenlannassa aina mukana. Kuivikelannassa voi olla jopa 60–80 % käytettyä kuiviketta. Vaikka kuivikkeeseen onkin imeytyneenä hevosen virtsaa, se on silti huomattavasti kuivempaa kuin naudan- tai sianlanta. (Airaksinen 2006, 16.) Kuvassa 1 on hevosenlantaa ja kuivikkeena on käytetty turvetta.



Kuva 1. Hevosenlantaa. Kuivikkeena tässä karsinassa on käytetty turvetta. (Kuva: Riina Säikkö)

2.2 Kuivikemateriaalit ja niiden ominaisuudet

Kuivikkeella huolehditaan hevosen hyvinvoinnista sekä tallin hygieniasta. Kuivikkeen tarkoituksena on pitää hevosen alusta karsinassa kuivana imemällä ulosteista kosteutta sekä hajuja.

Kuivikemateriaaleja on monia eri vaihtoehtoja ja ne voidaan jakaa kasvi- ja puupohjaisiin materiaaleihin. Kasvipohjaisia materiaaleja ovat muun muassa turve, olki, pellava ja hamppu. Näistä eniten Suomessa käytetään turvetta ja jonkin verran olkea. Puupohjaisia materiaaleja ovat muun muassa kutterinlastu ja sahanpuru, jotka ovat myös Suomessa eniten käytettyjä puupohjaisia kuivikemateriaaleja. Jonkin verran käytetään myös näiden materiaalien sekoituksia. (Airaksinen 2006, 20-21.)

Käytettävän kuivikkeen valintaan vaikuttavat monet tekijät. Käytännöllisyyden kannalta tärkeimmät vaikuttajat valintaan ovat kuivikkeen nesteen ja ammoniakkin sitomiskyky sekä hygieeninen laatu. (Airaksinen 2006, 20.) Lisäksi valintaan vaikuttaa kuivikkeen hinta, saatavuus, varastoitavuus, käsiteltävyys sekä tottumukset ja mieltymykset. Kuivikevalinnalla taas on vaikutusta esimerkiksi ilmanlaatuun tallissa, mikä taas vaikuttaa hevosten ja tallilla työskentelevien hyvinvointiin. (Alho et al. 2010, 15.)

Markkinoilla olevilla kuivikemateriaaleilla on jonkin verran eroja niiden ominaisuuksissa. Esimerkiksi kutterinlastun ja sahanpurun etuina ovat niiden helppo saatavuus, käsiteltävyys, keveys, valoisuus sekä miellyttävä tuoksu tallissa. Turve taasen on tallin ilmanlaadun kannalta hyvää, mikäli turve on hyvälaatuista eikä pölyä. Kuiviketurpeeksi parasta on vaalea vähän maatunut rahkaturve. Olkea käytetään jonkin verran, mutta sen käyttöä rajoittaa Suomen ilmastosta johtuvat mahdollisesti korkeat homepöly- ja sädesienipitoisuudet. (Alho et al. 2010, 15.) Airaksinen (2006, 21) on tutkinut muun muassa kuivikkeiden nesteen sekä ammoniakkin sitomiskykyä. Tutkimuksissa selvisi, että parhaiten ammoniakkia ja nestettä sitoi turve ja heikoimmin olki.

2.3 Hevosenlannan lämpöarvo

Lämpöarvo on merkitykseltään tärkein polttoaineen ominaisuus. Lämpöarvolla ilmoitetaan täydellisessä palamisessa vapautuva lämpöenergian määrä. Kiinteille polttoaineille lämpöarvo ilmoitetaan tavallisesti energiana massayksikköä kohti eli MJ/kg. Lämpöarvo voidaan ilmoittaa ylempänä eli kalorimetrinen lämpöarvona, jolloin palamistuotteena syntynyt sekä polttoaineen sisältämä vesi oletetaan palamisen jälkeen olevan nesteenä. Lämpöarvo voidaan myös ilmoittaa alempana eli tehollisena lämpöarvona, jolloin veden oletetaan höyrystyneen palamisen yhteydessä. (Raiko et al. 2002, 122-123.) Alempi eli

tehollinen lämpöarvo on useimmin käytetty, koska se vastaa paremmin todellisia käyttöoloja, missä vesihöyryn lämpösisältöä ei pystytä hyödyntämään.

Hevoselantabrikettien ja -pellettien tehollinen lämpöarvo on noin 4,0–4,8 kWh/kg (Demmel Bioenergie 2011). Kuvassa 2 on hevoselannasta puristettuja brikettejä ja pellettejä.



Kuva 2. Hevoselantabrikettejä (vasemmalla) ja -pellettejä (oikealla) (Demmel Bioenergie 2011).

Koska 1 kWh on 3,6 MJ, voidaan lämpöarvo muuttaa muotoon 14,4–17,3 MJ/kg. Keskiarvoksi hevoselantabrikettien ja -pellettien teholliselle lämpöarvolle saadaan 15,8 MJ/kg. Hevoselantabriketeissä ja -pelleteissä oletetaan olevan 8 % vettä. Kun tunnetaan lantabrikettien ja -pellettien tehollinen lämpöarvo, voidaan laskea kuivan hevoselannan tehollinen lämpöarvo yhtälöllä 1 (Huhtinen et al. 2004, 44).

$$H_{u,kuiva} = \frac{H_{u,kostea} + l_{25} \cdot m_{vesi}}{1 - m_{vesi}} \quad (1)$$

missä,	$H_{u, kostea}$	kostean polttoaineen tehollinen lämpöarvo	[MJ/kg]
	$H_{u, kuiva}$	kuivan polttoaineen tehollinen lämpöarvo	[MJ/kg]
	m_{vesi}	veden osuus kosteassa polttoaineessa	[kg _v /kg _{pa}]
	l_{25}	veden höyrystymislämpö	[kJ/kg]

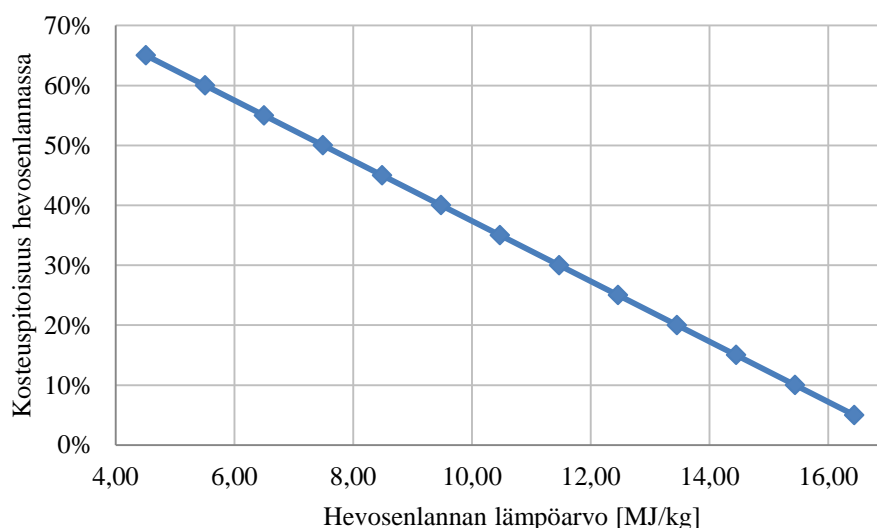
Veden höyrystymislämpö l_{25} on 2443 kJ/kg, kun lämpötila on 25 °C. Sijoittamalla arvot yhtälöön 1, saadaan määritettyä kuivan hevoselannan tehollinen lämpöarvo.

$$H_{u,kuiva} = \frac{15,84 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} + 2,443 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \cdot 0,08 \text{ kg}}{1 - 0,08 \text{ kg}} = 17,4 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$$

Kun tunnetaan kuivan hevoselannan tehollinen lämpöarvo, voidaan yhtälön 1 avulla laskea kostean hevoselannan tehollinen lämpöarvo. Hevoselannan keskimääräinen kosteuspitoisuus on 65 %.

$$H_{u,kostea} = 17,43 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \cdot (1 - 0,6495) - 2,443 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \cdot 0,6495 = 4,5 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$$

Kuvassa 3 on esitetty hevoselannan kosteuden vaikutus sen lämpöarvon suuruuteen.



Kuva 3. Kosteuden vaikutus lämpöarvon suuruuteen

Taulukossa 3 on vertailtu muutamia käytössä olevia polttoaineita hevoselantaan lämpöarvojen avulla. Taulukossa on esitetty kuinka paljon tiettyä polttoainetta tulisi polttaa, jotta saataisiin sama energiamäärä kuin saataisiin polttamalla yksi kilo kostea hevoselantaa – kosteuspitoisuudella 65 % – ja kuivaa hevoselantaa briketteinä ja pelletteinä.

Taulukko 3. Polttoaineiden vertailua hevosenlantaan lämpöarvojen avulla. Tehollinen lämpöarvo laskettu yhtälöllä 1. Kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo yhtälössä A: (Raiko et al. 2002, 118, 137)

Polttoaine	Kosteus [%] ^A	Tehollinen lämpöarvo [MJ/kg] ^A	kostealanta [kg _{pa} /kg _{lantaa}]	kuivalanta, briketit ja pelletit [kg _{pa} /kg _{lantaa}]
Raskaspolttoöljy	-	41,2	0,110	0,384
Puu	37,5	11,27	0,401	1,405
Kuori	52,5	7,74	0,584	2,046
Turve	47,5	9,55	0,473	1,659
Kivihiili	10	25,59	0,177	0,619

Taulukosta 3 nähdään, että hevosenlannan polttaminen ilman käsittelyä ei ole kovinkaan kannattavaa. Kosteaa lantaa tarvitaan suhteessa muihin polttoaineisiin melko paljon. Esimerkiksi puuta tarvitaan vain reilu 400 grammaa vastaamaan kiloa hevosenlantaa. Mikäli hevosenlannasta tehdään brikettejä ja pellettejä, poltosta tulee huomattavasti kannattavampaa, sillä esimerkiksi yhtä kiloa kuivaa hevosenlantaa vastaa reilu 1 400 grammaa puuta.

3 HEVOSENLANNAN KÄYTTÖÄ KOSKEVA LAINSÄÄDÄNTÖ

Suomessa jätteitä säädetään ja käsitellään eduskunnan määrittämän jätelain (1072/1993) mukaan. Jätteeksi määritellään jätelain 3 §:n 1 momentin 1 kohdan mukaan asia tai esine, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä. Ympäristöministeriö on jätelain (1072/1993) 75 §:n 1 kohdan perusteella antanut asetuksen yleisempien jätteiden ja ongelmajätteiden luettelon (1129/2001), jonka 1 §:n mukaan asetuksen liite on vahvistettu yleisempien jätteiden ja ongelmajätteiden luetteloksi. Liitteen mukaan maataloudessa syntyviin jätteisiin kuuluvat muun muassa eläinten ulosteet, virtsa ja lanta sekä likaantunut olki. Tällöin hevosenlanta voidaan katsoa jätteeksi ja siihen on sovellettava jätteitä koskevaa lainsäädäntöä.

3.1 Hevosenlannasta valmistettavaa lannoitetta koskeva lainsäädäntö

Lannoitevalmistelain (539/2006) 5 §:n 2 momentin mukaan lannoitteiden valmistajalla tulee olla asianmukaiset tilat, laitteet ja kalusto lannoitevalmistajien sekä niiden raaka-aineiden valmistukseen, säilytykseen ja kuljetukseen. Lisäksi toiminnasta ei saa aiheutua

vaaraa ihmisten tai eläinten terveydelle tai turvallisuudelle, kasvien terveydelle taikka ympäristölle.

Toiminnanharjoittajan on tehtävä Elintarviketurvallisuusvirastolle ilmoitus toiminnastaan ja se on tehtävä ennen toiminnan aloittamista. Ilmoitusvelvollisuus ei koske toiminnanharjoittajia, jotka harjoittavat ainoastaan tukku- tai vähittäiskauppa-toimintaa taikka yksinomaan varastoivat, kuljettavat tai käyttävät lannoitevalmisteita tai niiden raaka-aineita. (Lannoitevalmistelaki, 11 §, 1 momentti)

3.2 Hevosenlannan luovuttamista ja pellolle levittämistä koskeva lainsäädäntö

Hevosenlannan luovutuksessa tulee soveltaa jätteen luovuttamista käsittelevää jätelain (1072/1993) 15 §:n säädöstä. Jätettä saa pääsääntöisesti luovuttaa vain sellaiselle vastaanottajalle, joka on hyväksytty jätetiedostoon, mikä on osa ympäristönsuojelun tietojärjestelmää, tai vastaanottajalle, jolla on oikeus ottaa jätettä vastaan ympäristönsuojelulain perusteella. Tällaisia toimijoita voivat olla esimerkiksi mullan valmistajat, jätteen polttajat tai maanviljelijät.

Tällä hetkellä hevosenlanta hyödynnetään pääasiassa lannoitteena ja maanparannusaineena. Lantaa voidaan näihin tarkoituksiin hyödyntää ilman ympäristölupaa, koska ympäristönsuojeluasetuksen (169/2000) 4 §:n 1 momentin 3 kohdan mukaan ympäristöluvanvaraiseksi toiminnaksi ei katsota muun muassa vaarattomaksi käsitellyn lannan hyödyntämistä maanparannusaineena taikka lannoitteena. Lannan varastoinnista ja levityksestä pellolle on kuitenkin laadittu valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta (931/2000). Asetuksen 4 §:n 1 momentin mukaan varastointitilaan tulee mahtua 12 kuukauden aikana kertynyt lanta ja virtsa. Tästä voidaan poiketa, mikäli lantaa luovutetaan sellaiselle hyödyntäjälle, joka voi vastaanottaa lantaa ympäristönsuojelulain 28 §:n mukaan myönnetyn luvan perusteella.

Valtioneuvoston asetuksen (931/2000) 5 §:n 1 momentin mukaan typpilannoitetta ei saa levittää lumipeitteeseen tai routaiseen taikka veden kyllästämään maahan. Lantaa ei myöskään saa levittää 15.10.–15.4. Mikäli maa on sula ja kuiva siten, ettei valumia tapahdu vesistöön eikä ole pohjamaan tiivistymisvaaraa, lantaa voidaan levittää syksyllä

enintään 15.11. asti ja keväällä aikaisintaan 1.4. 5 §:n 4 momentin mukaan lannan levitys viisi metriä lähempänä vesistöä on myös kielletty.

3.3 Hevosenlannan polttoa koskeva lainsäädäntö

Jätteenpolttoasetusta (362/2003) sovelletaan sen 1 §:n 1 momentin mukaan poltto- tai rinnakkaispolttolaitokseen, jossa poltetaan kiinteää tai nestemäistä jätelain (1072/1993) määrittelemää jätettä, kuten hevosenlantaa. Valtioneuvoston asetus (363/2003) koskee ympäristönsuojeluasetuksen muuttamista. Asetuksen 1 §:n 13 kohdan c alakohdan mukaan jätteenpolto on ympäristöluvanvaraista toimintaa. Jätteenpolttoasetuksen (362/2003) 3 §:n 1 momentin mukaan jätteen polttamisessa on noudatettava, mitä ympäristönsuojelulaissa (86/2000), jätelaissa (1072/1993) ja jätteenpolttoasetuksessa säädetään sekä mitä ympäristöluvassa muutoin määrätään.

Jätteenpolttoasetuksessa (362/2003) on asetettu tiukkoja vaatimuksia muun muassa polttolaitteistolle sekä päästöjen tarkkailulle. 17 §:n mukaan ilmaan johdettaville päästöille on tehtävä jatkuvat mittaukset typenoksideille (NO_x), hiilimonoksidille (CO), orgaanisen hiilen kokonaismäärälle (TOC), suolahapolle (HCl), vetyfluoridille (HF), rikkidioksidille (SO₂) sekä hiukkasten kokonaismäärälle. Jatkuvat mittaukset on tehtävä myös lämpötilalle uunin sisäseinämän läheisyydessä sekä savukaasujen happipitoisuudelle, paineelle, lämpötilalle sekä vesihöyrystisällölle. Lisäksi vähintään kahdesti vuodessa on suoritettava mittaukset raskasmetalleista, dioksiineista sekä furaaneista.

3.4 Hevosenlannan kaasutusta koskeva lainsäädäntö

Ympäristönsuojeluasetuksen (169/2000) 1 §:n 1 momentin 5 kohdan b alakohdan mukaan kaasumaisen polttoaineen valmistuslaitos on aina ympäristölupavelvollinen, joten myös kuivikelannan kaasuttaminen on ympäristöluvanvaraista. Jätteenpolttoasetuksen (362/2003) 2 §:n 1 momentin 4 kohdan mukaan kaasutuksessa on käytettävä jätteenpolttodirektiiviä.

Ympäristönsuojeluasetuksen (169/2000) 1 §:n 1 momentin 3 kohdan b alakohdan mukaan energian tuotannossa kaasua käyttävä voimalaitos, kattilalaitos tai muu laitos vaatii ympäristöluvan, jos laitoksen suurin polttoaineteho on 5 megawattia tai, jos käytettävän polt-

toaineen energiamäärä on vuodessa vähintään 54 terajoulea. Pienemmät laitokset on rajattu lupavelvollisuuden ulkopuolelle.

4 HEVOSENLANNAN NYKYINEN HYÖTYKÄYTTÖ SUOMESSA

Jätelain (1072/1993) 6 §:n 1 momentin 3 kohdan mukaan jätteestä on pyrittävä ensisijaisesti hyödyntämään jätteen sisältämä aine ja toissijaisesti jätteen sisältämä energia. Tämä pätee myös hevosenlantaan, joka on jätelain määritelmän mukaista jätettä. Hevosenlannan kohdalla aineellinen sisältö tarkoittaa pääasiassa lannan sisältämiä ravinteita, jolloin hevosenlanta pääasiassa hyödynnetään kasvituotannon lannoitteiden ja maanparannusainneiden raaka-aineena.

4.1 Hevosenlannan kompostointi

Kompostointiprosessissa mikro-organismit kuluttavat happea muuttaessaan orgaanista ainesta kompostituotteeksi. Pieneliöt eli mikrobit saavat aikaan eloperäisen aineksen lahoamista, jossa syntyy hiilidioksidia, vettä, nitraattia, sulfaattia, lämpöä sekä humusta. (Chiumenti et al. 2005, 1.) Kompostointi on aerobinen prosessi. Mikäli komposti muuttuu anaerobiseksi prosessiksi, alkaa kompostissa tapahtua mätänemistä kompostoitumisen sijasta. Lisäksi kompostissa on oltava oikea määrä kosteutta, jotta pieneliöt pystyvät lisääntymään. (Tuominen 2008, 30-31.)

Yleisesti kompostituotteissa esiintyy hiiltä, typpeä, fosforia ja kaliumia. Niiden olemassaolo on elintärkeää kompostoinnille, koska osa niistä toimii mikrobien energianlähteinä. Lisäksi tasapainoinen suhde hiilen ja typen välillä on olennaista. Hiiltä mikrobit käyttävät energianaan ja typpeä proteiinien rakennusaineena. (Chiumenti et al. 2005, 13.) Materiaalien optimaaliselle hajoamiselle hyvä hiilen ja typen suhde on 20:1–40:1. Hevosenlannan hiili-typpi-suhde on optimaalisella tasolla, koska se on luokkaa 30:1. (Airaksinen 2006, 16.)

Tyypillisin käsittelytapa hevosenlannalle Suomessa on passiivinen kompostointi lannan varastoinnin aikana. Kompostoinnin tarkoituksena on taudinaiheuttajien sekä rikkakasvien siementen tuhoutuminen. Taudinaiheuttajien tuhoutuminen on erityisen tärkeää var-

sinkin, jos kompostoitua lantaa käytetään kasvien lannoitteena. Lisäksi kompostoinnin tarkoituksena on kuivikkeen hajoaminen. (Airaksinen 2006, 16.)

4.1.1 Hevoselannan kompostointi lantapatterissa

Suomessa maanviljelijöiden eniten käyttämä hevosenlannan kompostointimenetelmä on lannan varastointi pelloille yhteen tai muutamaaan suurehkoon aumaan eli lantapatteriin. Menetelmä ei ole työläs eikä siihen kulu suuria investointeja. Jokaisesta lantapatterista on tehtävä etukäteen ilmoitus kunnan ympäristöviranomaisille.

Lantapatteri voidaan perustaa työteknisistä tai hygieenisistä syistä. Kompostoitunut lanta, jonka kuiva-ainepitoisuus on vähintään 30 %, on mahdollista siirtää 3 kuukauden varastoinnin jälkeen patteriin.

Lantapatteri sijoitetaan tasaiselle peltolohkelle, jonne se myös levitetään seuraavana kasvukautena. Sijoittamista rajoittavat kuitenkin vesistöt, valtaojat sekä talousvesikaivot, joihin pattereista ei saa valua ravinteita. Yhteen patteriin sijoitetaan vähintään yhden peltohehtaarin tarvitsema lantamäärä.

Rakennettavan patterin pohjalle tulee levittää mutaa tai turvetta estämään ravinnevalumia. Lisäksi lantapatteri peitetään aina peitteellä tai turvekerroksella taikka muulla vastaavalla suojakerroksella, jotta voidaan estää ylimääräinen valunta ja haihdunta patterista. (Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta (931/2000), Liite I). Kuvassa 4 on asianmukaisesti peitelty lantapatteri.



Kuva 4. Lantapatteri. (Luvian kunta 2011)

4.1.2 Hevoselannan kompostointi tuubikompostorissa

Tuubikompostori on melko uusi ja vielä vähän käytetty tapa hevoselannan kompostoinnille sen varastoinnin yhteydessä. Tuubikompostoinnissa ideana on hevoselannan pakkaaminen pitkään muovituubiin, jossa lanta kompostoituu. Muovituubi voi olla jopa kymmeniä metrejä pitkä. Hevoselanta pakataan tuubikompostoriin pakkausruuvien avulla, mikä samalla kuohkeuttaa kompostoitavaa tavaraa. (Saarinen 2008.)

Aimo Kortteen Konepaja Oy on kehittänyt MurskaBiopacker tuubikompostorin, joka tekee lannasta ympäristöystävällisesti ravinnerikasta multaa. Puhaltimella toteutettu ilmanvaihto sekä mustan muovikalvon aiheuttama lämpövaikutus tehostavat kompostoitumista tuubissa. Kompostoituva massa pienenee noin kolmanneksen sekä muuttuu hygieeniseksi, tasalaatuiseksi ja hajuttomaksi. Lisäksi tuubikompostoriin ei tarvita erityistä pohjaa taikka valuma-astiaa, koska kompostituote on kiinteässä muodossa. Ainoastaan tasainen alusta riittää. (Aimo Kortteen Konepaja Oy.) Kuvassa 5 on meneillään MurskaBiopackerin tuubikompostorin täyttö.



Kuva 5. Murska Biopackerin tuubikompostin täyttö (Aimo Kortteen Konepaja Oy)

Tuubikompostoinnissa kestää noin puoli vuotta kunnes kompostituote on täysin hajutonta ja sen rakenne on muuttunut. Kompostoitava materiaali ei välttämättä kompostoidu täydellisesti, koska kompostia ei ole mahdollista käänellä prosessin aikana. Lämpötila kompostissa nousee kuitenkin noin 40–60 asteeseen. Tuubikompostin vaarana on romahdaminen varsinkin talvella lumen painosta. (Saarinen 2008.)

4.2 Kuivikkeen merkitys hevosenlannan kompostoitumiseen

Kuivikevalinnalla on suuri merkitys lannan jatkokäsittelyn kannalta. Kuivikelannan käyttöön lannoitteena vaikuttaa se, miten hyvin kuivikelanta kompostoituu. Pelkkä hevosenlanta kompostoituu suotuisissa olosuhteissa jo noin kuukaudessa, mutta kuivikelannassa on aina runsaasti kuiviketta mukana. (Alho et al. 2010, 17.)

Kuivikelantojen kompostoitumisprosessien nopeuksista tehdyissä tutkimuksissa selvisi, että kasvipohjaiset kuivikkeet kompostoituvat nopeasti. Turvelannan havaittiin kompostoituvan nopeimmin ja olevan käyttökelpoista lannoitteena jo noin kuukauden kompostoinnin jälkeen. Lisäksi kompostoidun turvelantalannoitteen lannoitearvo havaittiin hyväksi. Toisin kuin kasvipohjaiset kuivikkeet puupohjaiset kuivikemateriaalit kompostoi-

tuvat hitaasti. Lisäksi puuaineksen hajoaminen kuluttaa liukoista tyypeä maaperästä ja heikentää siten lannoitearvoa. Tutkimuksissa selvisi, että kolmen viikon kompostoinnin jälkeen liukoisen typen määrä oli korkein turvelantakompostissa, kun taas alhaisin oli kutterinlastu-, olki- ja hamppukomposteissa. Nämä erot selittyvät ammoniakinsitomiskyvyillä, joka turpeella on erittäin hyvä. Kaikissa tutkimuksen komposteissa lämpötila kohosi riittävän korkeaksi, jotta ainakin osa lannassa olevista mikrobeista, loisista ja rikkakasviensiemienistä tuhoutuivat. Lannan sisältämät ravinteet säilyivät parhaiten turve- sekä kutterinlastukuivikelannoissa. (Alho et al. 2010, 19.)

4.3 Hevosenlannan kompostointihyötykäytön haasteita

Tilastot osoittavat, että yhä useammat hevostallit sijaitsevat ja tulevat sijaitsemaan kaupunkien läheisyydessä (Airaksinen 2006, 13). Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että yhä harvemmalla tallinpitäjällä on omaa peltoalaa, jonne kertyvä hevosenlanta olisi mahdollista sijoittaa. Lannoitevalmistelain (539/2006) mukaan lantaa saa kompostoida ja hyödyntää omaan käyttöön kuka tahansa, mutta kompostoitua lantaa saavat myydä ja luovuttaa ainoastaan Elintarviketurvallisuusviraston hyväksymät toiminnanharjoittajat. Toiminnanharjoittajalla tulee olla asianmukaiset tilat, laitteet sekä kalustot lannoitevalmisteiden ja niiden raaka-aineiden valmistukseen, säilytykseen ja kuljetukseen. (Lannoitevalmistelaki (536/2006), 5 §, 2 momentti) Harvalta hevostallilta löytyy näitä investointeja vaativia kalustoja kompostointiin (Saarinen 2008).

Lantaa saa luovuttaa esimerkiksi maanviljelijöille ja mullanvalmistajille tekemällä lannanluovutus sopimuksen. Kaikki maanviljelijät eivät käytä mielellään hevosenlantaa lannoitteena varsinkaan, jos kuivikkeena on käytetty puupohjaisia kuivikkeita. (Saarinen 2008.)

Biolan Oy on aloittanut Eurassa turvekuivitetun hevosenlannan vastaanoton. Vastaanotusta kuivikelannasta Biolan Oy ei maksa lannan toimittajalle ja toimittajan on järjestettävä lannan kuljetus Biolan Oy:lle. Toimitettu lanta kompostoidaan ja sitä käytetään mullan valmistukseen. (Riimupiiri.) Myös Pälkäneellä toimiva Humuspehtoori Oy ottaa hevosenlantaa vastaan. Humuspehtoori Oy on kompostoinut noin 20 vuotta hevosenlantaa. Vuosittain lantaa otetaan vastaan keskimäärin 8 000–10 000 m³. Kompostoitu lanta käytetään lannoite- ja maanparannusaineiden raaka-aineena. (Humuspehtoori Oy.)

Yrjäksen tila tarjoaa lantahuoltopalveluja Porvoon, Sipoon, Tuusulan, Helsingin ja Keravan alueella. Palveluun kuuluu vaihtolavojen vuokraus lannan säilytystä varten sekä vaihtolavojen tuonti ja tyhjennys. Lavojen koko on 18–25 m³ ja niiden vuokra 81–161 € kuukaudessa. (Yrjäksen tila.)

5 HEVOSENLANNAN HYÖTYKÄYTTÖ ENERGIANTUOTANNOSSA

Suomessa hevosenlannan pääasiallinen hyötykäyttötapa on lannan ravinteiden hyödyntäminen. Muualla maailmassa hevosenlannasta on alettu hyödyntämään myös sen energiasisältöä. Esimerkiksi Saksassa ja Ruotsissa hevosenlantaa on muun muassa poltettu siihen soveltuvilla kattiloilla. Suomessa lainsäädäntö rajoittaa hevosenlannan polttamista. Muita mahdollisia hyödynnostapoja voisivat olla esimerkiksi hevosenlannan kaasutus sekä määtätys.

5.1 Hevosenlannan poltto

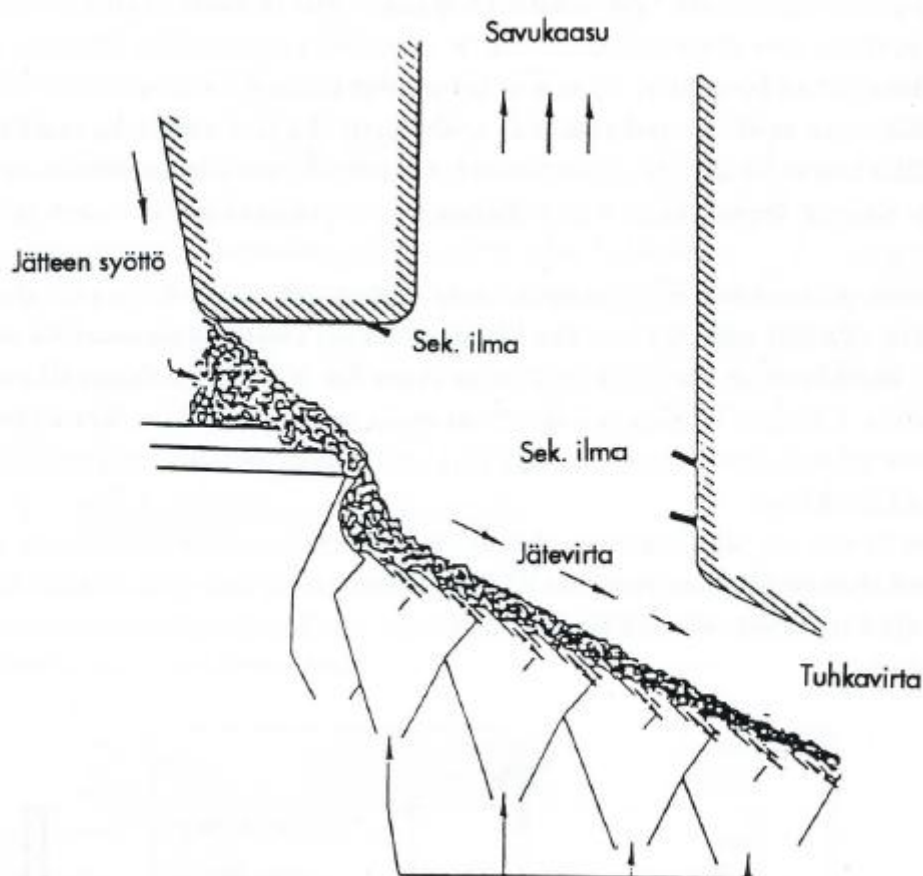
Hevosenlannan polttaminen on mahdollista Suomessa, kunhan poltto täyttää jätteenpoltoasetuksen (362/2003) asettamat vaatimukset ja laitoksella on jätteenpolttolupa, mikä mahdollistaa hevosenlannan polttamisen.

Jätteenpolton ainoana tarkoituksena ei ole energiantuotanto vaan lisäksi kaatopaikalle vietävän jätteen painon sekä tilavuuden vähentäminen. Jätteenpolttomenetelmiä on monia, mutta yleisin, varsinkin kunnallisjätteelle, on liikkuva eli mekaaninen arina. Muita menetelmiä ovat kiinteät arinat pienillä jätemäärillä, leijukerros poltto lietteelle sekä pyörivät rumpu-uunit kemiallisille jätteille ja ongelmajätteille. (Raiko et al. 2002, 482.)

5.1.1 Jätteenpolttoarinat

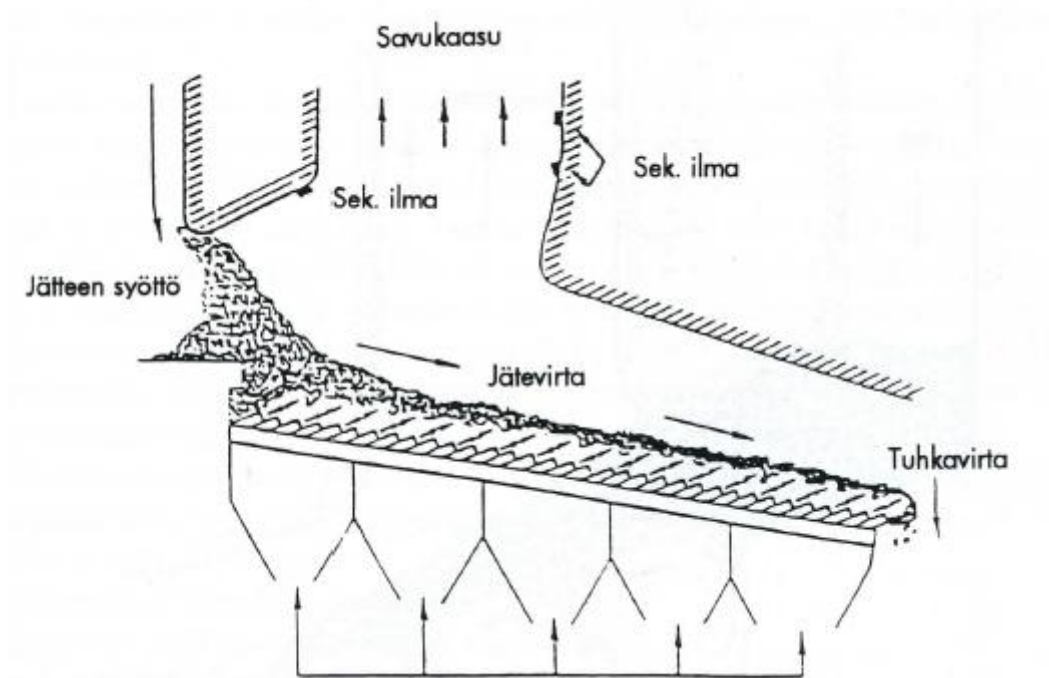
Jätteenpolttoarinoita on useita erityyppisiä. Ne kaikki kuitenkin pyrkivät siirtämään jätettä eteenpäin uunin läpi, sekoittamaan jätettä homogeenisuuden lisäämiseksi sekä sekoittamaan arinan läpi puhallettava palamisilma jätteeseen. Arinan tulee täyttää sille asetetut vaatimukset esimerkiksi käytettävyyden sekä kestävyuden kannalta. (Raiko et al. 2002, 483-484.)

Jätteenpoltossa käytettyjä arinoita on kolmea päätyyppiä, jotka ovat vasta- ja myötäsytöarina sekä valssiarina. Vasta- ja myötäsytöarinoille on ominaista erittäin hyvä primääri-ilman sekoittuminen. Niiden käyttöikä on valssiarinoihin verraten jokin verran lyhyempi, koska niissä on paljon mekaanisesti kuluvia osia. Vastasytöarinassa arinaraudat liikkuvat polttoainevirtaa vastaan. Vastasytöarinalla on erittäin hyvä sekoitusvaikutus, mutta kiinteän arinakulman vuoksi jätteen siirtymänopeuteen arinalla ei voida juurikaan vaikuttaa. (Raiko et al. 2002, 484.) Kuvassa 6 on esitetty vastasytöarinan periaatteellinen kuva.



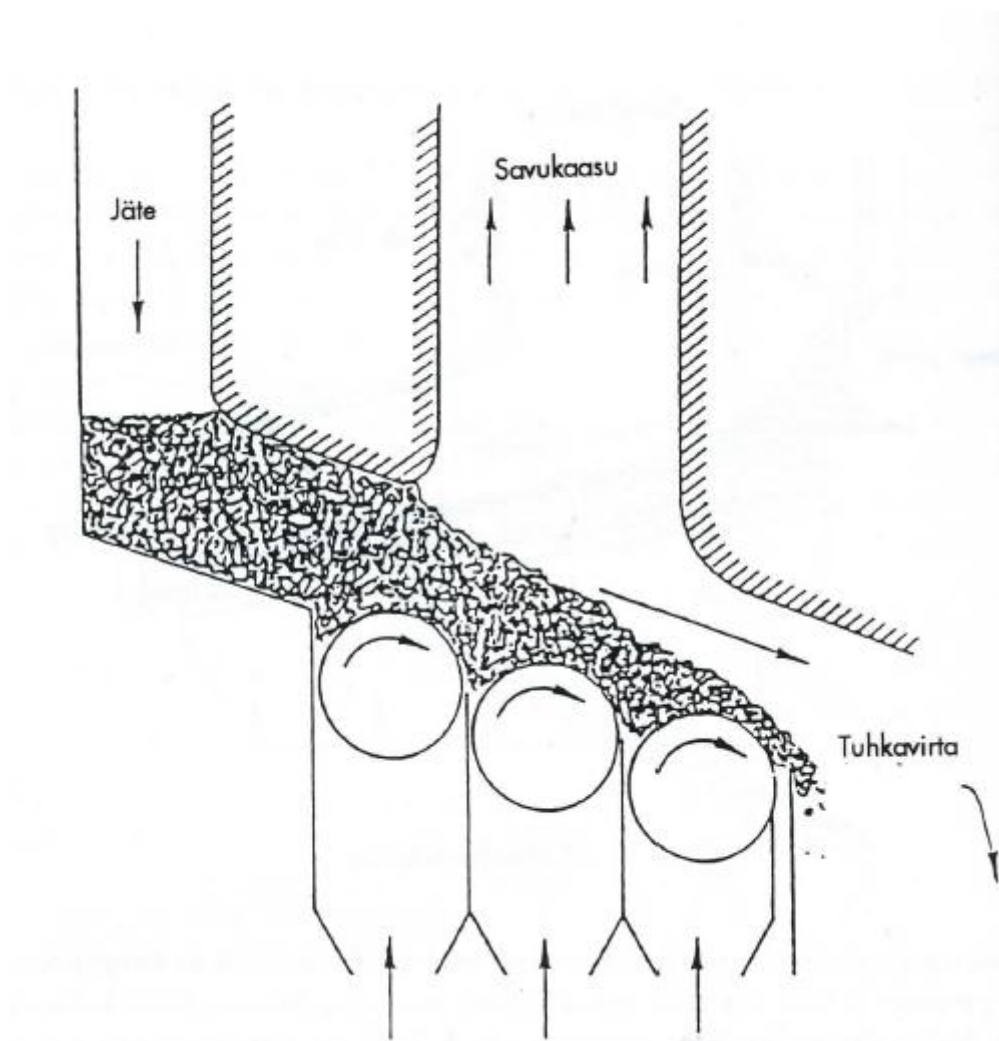
Kuva 6. Vastasytöarina (Raiko et al. 2002, 484).

Myötäsytöarinalla taas siirtymänopeuteen voidaan vaikuttaa esimerkiksi tahdittamalla peräkkäisiä arinavyöhykkeitä tai muuttamalla työpituutta. Myötäsytöarinassa arinaraudat liikkuvat samaan suuntaan polttoainevirran kanssa. (Raiko et al. 2002, 484.) Myötäsytöarinasta on kuvassa 7 esitetty periaatteellinen kuva.



Kuva 7. Myötäsyöttöarina (Raiko et al. 2002, 485).

Valssiarinan etuina ovat helppo jätteen siirtymänopeuden säädettävyys sekä arinan hyvä mekaaninen kestävyys. Suurin heikkous valssiarinassa on primääri-ilman jakaminen. Valssien välissä on raudat, joiden tarkoituksena on siirtää jäte valssilta toiselle ja estää jätteen putoaminen valssien väleistä. Ajan myötä nämä raudat kulumat, jolloin arinan ilmapuolen painehäviö pienenee ja ilma kulkeutuu valssien väleihin, vaikka sen kuuluisi kulkea valssien läpi. Lisäksi valssien ilmajähdytys heikkenee, mikä taas lisää kulumisnopeutta. (Raiko et al. 2002, 484-485.) Kuvassa 8 on esitetty valssiarinan periaatteellinen kuva.



Kuva 8. Valssiarina (Raiko et al. 2002, 486).

5.1.2 Jätteenpolttoarinan tulipesä

Jätteenpoltossa tulipesän geometrialla on suuri merkitys, koska jätteen sisältämien haitallisten aineiden, kuten dioksiinien ja furaanien, hajoaminen palamisprosessissa edellyttää mahdollisimman täydellistä palamista. Täydellinen palaminen edellyttää palamisilman tehokasta sekoittumista palamiskaasuihin. Jos sekoittuminen ei ole optimaalista, viipymääjan merkitys korostuu palamisen täydellisyyden kannalta. Useimmat päästömääräykset jätteenpoltossa edellyttävät tulipesän geometrialta sekä polttojärjestelyiltä sen, että kaasujen viipymäaika on oltava vähintään kaksi sekuntia yli 850 °C lämpötilassa viimeisen ilmasyöttökohdan jälkeen. Näin voidaan varmistaa riittävä viipymäaika, mikäli sekoittuminen ei ole optimaalista. Lisäksi on tärkeää, ettei tulipesään jää kylmiä alueita, joissa reaktionopeudet ovat pieniä ja sen seurauksena palaminen ei mahdollisesti ole täydellistä. (Raiko et al. 2002, 485-486.)

5.1.3 Jätteenpolton savukaasupäästöjen pitoisuudet

Kiinteän polttoaineen palamisessa syntyviä haitallisia päästöjä ovat muun muassa hiilimonoksidi CO, hiilivedyt C_xH_y , rikkidioksidi SO_2 , typen oksidit NO_x ja N_2O sekä dioksiinit ja furaanit PCDD/F. Näiden päästöjen lisäksi jätteenpoltolle on asetettu rajat myös halogeenipäästöille. (Raiko et al. 2002, 479, 487.)

Arinapoltossa HCl-, HF- ja SO_2 -päästöihin tulipesässä ei paljoakaan pystytä vaikuttamaan. Päästöt määräytyvät sisään syötetyn jätteen Cl-, F- ja S-yhdisteiden määrän perusteilla. (Raiko et al. 2002, 487) Partikkeliemissioon pystytään jonkin verran vaikuttamaan primääri-ilmamäärällä sekä sillä, miten ilma puhalletaan arinalohkojen läpi. Mitä suurempi on kaasun nopeus jätekerroksen pinnalla, sitä suurempi on myös emissio. (Raiko et al. 2002, 487.)

5.1.4 Hevosenlannan polton kannattavuus Suomessa

Vaikka suora poltto hevosenlannalle on mahdollista, pienimuotoisena toimintana se on kuitenkin taloudellisesti kannattamatonta, koska jätteenpoltoasetuksen vaatimat investoinnit ja muut laiteinvestoinnit ovat suhteellisen kalliita saatuihin hyötyihin nähden. Jätteenpoltoasetuksen vaatimukset täyttävä mittausjärjestelmä tuli vuonna 2003 maksamaan 140 000 – 160 000 € (alv 0 %) (Electrowatt-Ekono Oy 2003, 6).

Suuremmissa jätteenpolttolaitoksissa lannan polttaminen olisi periaatteessa mahdollista, kuten Turun Orihedon jätteenpolttolaitoksessa, mutta se ei kuitenkaan ole edes mahdollista laitoksen lupamääräysten mukaan. Vaikka laitoksella olisikin lupa ottaa lantaa vastaan, sitä ei siltikään välttämättä otettaisi, koska laitoksen kapasiteetti ei riitä edes kaiken Turun seudun polttokelpoisen kotitalousjätteen polttotarpeisiin. (Alho et al. 2010, 21.)

5.1.5 Hevosenlannalle suoritettuja polttokokeita

Ruotsissa on tutkittu hevosenlanta-kutterinlastuseosta polttoaineena lämmön tuotannossa ja poltossa muodostuneen lämmön hyödyntämistä hevostallilla. Polttokokeessa käytettiin vastasyöttöarinakattilaa, jonka lämpöteho oli 250 kW. Kokeet osoittivat, että hevosenlanta-kutterinlastuseos soveltuu lämpöenergian tuottoon. Kokeissa huomattiin myös hiilimonoksidipäästöjen olevan alhaiset, mikäli polttoaineseoksen kosteusprosentti ei ylitä 50 %:a. Hevosenlannan korkeista typpipitoisuuksista johtuen typenoksidipäästöt olivat kor-

keat. Kokeissa tehdyt analyysit osoittivat, että hevosenlanta-kutterinlastuseoksen typpipitoisuus oli korkeampi kuin pelkän kutterilastun. Myös rikki-, kloori-, pii-, kalium- ja magnesiumpitoisuudet olivat korkeammat hevosenlanta-kutterinlastuseoksella kuin pelkällä kutterinlastulla. Sen sijaan kalsiumpitoisuus oli hevosenlanta-kutterinlastuseoksella pelkkää kutterinlastua alhaisempi. (Alho et al. 2010, 25.)

Tutkimuksissa arvioitiin lisäksi tuhkan koostumusta ja sen soveltuvuutta metsälannoitteeksi. Kromi- ja nikkelipitoisuudet tuhkassa havaittiin moninkertaisiksi verrattuna käytetyn polttoaineen vastaaviin pitoisuuksiin. Tämä saattoi johtua siitä, että kattilamateriaalin ruostumatoneräs kontaminoi tuhkaa. Muilta osin tuhkan raskasmetallipitoisuudet olivat kuitenkin alhaiset, joten tuhka tämän analyysin perusteella näytti soveltuvan metsälannoitteeksi. (Alho et al. 2010, 25.)

Myös Suomessa on tutkittu hevosenlannan polttoa useammaltakin taholta. Esimerkiksi VTT ja Työtehoseura ovat vuonna 2008 toteuttaneet hevosenlannan pienpolttohankkeen. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää hevosenlannan ja kuivikkeen seoksen poltosta ilmaan vapautuvia päästöjä. Koekattilana tutkimuksissa käytettiin kiinteistökokoluokan stokerisyöttöistä kaupallista kattilaa, jonka teho on 40 kW. Tutkittavat polttoaineseokset olivat hevosenlantaa ja sahanpurukuiviketta sekoitettuna hakkeeseen sekä hevosenlantaa ja turvekuiviketta sekoitettuna hakkeeseen. Koekattila optimoitiin ajoparametrien suhteen, jonka jälkeen suoritettiin jätteenpolttoasetuksen (362/2003) mukaiset päästömittaukset. Molemmissa polttoaineseoksissa oli kuivikelantaa 40 % ja haketta 60 %. Taulukossa 4 on esitetty jätteenpolttoasetuksen asettamat raja-arvot jätteenpoltosta vapautuville päästöille sekä polttokokeista saadut arvot. (Pellikka 2009, 5-6.)

Taulukko 4. Jätteenpolttoasetuksen raja-arvot sekä polttokokeiden mittaustulokset. A: Neljän kokeen keskiarvo, B: Kolmen kokeen keskiarvo, C: TOC ilmoitettuna kokonaishiilenä, D: HF -pitoisuudet alle määrittäysrajan, joka tässä matriisissa oli 2 mg/m³, E: Nimelliskapasiteetti enintään 6 tonnia/tunti (Pellikka 2009, 7-8.)

Päästö	Jätteenpolttoasetuksen raja-arvot, vuorokauden keskiarvo	Sahanpurulanta (40 %) + hake (60 %)	Turvelanta (40 %) + hake (60 %)
Hiukkaset [mg/m ³]	10	120 ^A	230 ^B
TOC [mg/m ³]	10	14 ^C	180 ^C
HCl [mg/m ³]	10	5	10
HF [mg/m ³]	1	< 2 ^D	< 2 ^D
SO ₂ [mg/m ³]	50	19	39
NO _x [mg/m ³]	400 ^E	340	520
CO [mg/m ³]	50	320	1700
Cd + TI [mg/m ³]	0,05	0,009	0,01
Hg [mg/m ³]	0,05	0,001	0,001
Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V [mg/m ³]	0,5	0,17	0,32
PCDD/PCDF, I-TEQ [ng/m ³]	0,1	0,17	0,24

Taulukosta 4 nähdään, että molemmissa polttokokeissa ylitettiin jätteenpolttoasetuksen asettamia rajoja. Esimerkiksi hiukkas- ja hiilimonoksidipäästöt ylittävät raja-arvot selkeästi. Toisaalta polttokokeiden päästöarvoja jäi myös alle jätteenpolttoasetuksen raja-arvojen, kuten rikkidioksidi- ja raskasmetallipäästöt. Lisäksi, jos hevosenlantaa ei tulkittaisi jätteeksi, päästöarvot eivät välttämättä eroaisi suuresti esimerkiksi puun pienpoltosta.

5.1.6 Hevosenlannan polttaminen Saksassa

Saksassa hevosenlanta on otettu hyötykäyttöön energiantuotannossa polttomateriaalina. Lantaa voidaan polttaa joko kuivattuna tai pelletöitynä kattiloissa, jotka on kehitetty nimenomaan hevosenlannan polttoon. Muun muassa Ökotherm valmistaa tällaisia hevosenlannan polttoon hyväksytyjä kattiloita. (Alho et al. 2010, 12.)

Hippocon AG on saksalainen yritys, joka tuottaa Saksassa hevosenlannasta pellettejä. Yritys kerää lannan kehittämiinsä keräyskontteihin, minkä jälkeen lanta esikäsitellään lajittelemalla, murskaamalla ja kuivaamalla. Pellettejä hyödynnetään muun muassa rivitaloissa sekä vanhainkodeissa polttamalla esimerkiksi Ökothermin kehittämällä erityiskattilalla. (Hippocon 2008; Alho et al. 2010, 12.) Kuvassa 9 on esitetty Hippocon AG:n kehittämä hevosenlannan keräyskontti.



Kuva 9. Hippocon AG:n kehittämä hevosenlannan keräyskontti (Hippocon 2008).

Münchenin lähellä toimii osuuskunta, joka myös pelletöi hevosenlantaa. Osuuskunta toimittaa hevosstalleille lannan keräilykontteja. Lisäksi osuuskunta huolehtii konttien tyhjenytystä, lannan varastoinnista, kuivauksesta sekä pelletöinnistä. Valmistamallaan pelleillä osuuskunta tuottaa omassa kattilassaan lämpöä, jota se myy lähistön teollisuusyrityksille. Lisäksi osuuskunnan jäsenet voivat ostaa pellettejä omiin käyttötarkoituksiinsa. (Alho et al. 2010, 13.)

5.1.7 Hevosenlannan polttaminen Ruotsissa

Ruotsissa on myös otettu hevosenlanta hyötykäyttöön energiantuotannossa. Toisin kuin Saksassa, energiaa tuotetaan suoraan lannasta ilman pelletöintiä. Ruotsalainen yritys SWEBO Bioenergy AB on yhdessä Luleån teknillisen yliopiston kanssa toteuttanut tutkimus- ja kehityshankkeen SWEBO Biothermin. Tuloksena on kehittynyt kattila, jolla voidaan polttaa haastaviakin polttoaineita. Kyseisellä kattilalla voidaan polttaa muun muassa hevosenlantapuruseosta, jonka kosteuspitoisuus voi olla jopa 61 %. Kattiloita on saatavilla 80–1000 kW kokoluokkina. (SWEBO Bioenergy 2008.) Kuvassa 10 on esitetty SWEBO Biotherm.



Kuva 10. SWEBO Bioenergy AB:n ja Luleån teknillisen yliopiston kehittämä SWEBO Biotherm (SWEBO Bioenergy 2008).

5.2 Hevosenlannan kaasutus

Kaasuttimella voidaan muuntaa kiinteää polttoainetta kaasumaiseen muotoon. Kaasuttaminen tarkoittaa polttoaineen polttamista ali-ilmalla, jolloin kaikki palava aines ei pääse hapettumaan. Tuotekaasu syntyy, kun osa kaasumaisista palavista kaasuista jää hapettumatta. Reaktiot sekä syntyvät lopputuotteet riippuvat kaasutettavasta aineesta, mutta pääasiassa syntyvä polttokaasu on hiilimonoksidia ja vetyä. (Huhtinen et al. 2004, 179.) Jotta saataisiin hyvälaatuista tuotekaasua, polttoaineen kosteuden tulisi olla alle 50 % (Kortelainen 2011). Hevosenlannan kosteus on noin 65 %, joten, jos lantaa voitaisiin kaasuttaa, sitä olisi kuivattava ennen kaasutusta.

5.2.1 Kaasutuksen teoria

Kaasutuksen ensimmäiset vaiheet ovat samat kuin palamisessa. Aluksi polttoaine lämpeene kuivumislämpötilaan. Kuivumisen jälkeen seuraa pyrolyysi, jossa haihtuvat aineet kaasuuntuvat eli pyrolysoituvat ja palavat polttoaineen pinnalta. Lämmöntonniin vuoksi kiinteä aine muuntuu kaasu- ja tervamaiseen muotoon. Pyrolyysivaihe edeltää aina kiinteän polttoaineen jäännöshiilen palamista tai kaasutusta. (Raiko et al. 2002, 186, 192.)

Kaasutuksessa happea tarvitaan lämmöntuotannon kannalta riittävän palamisen aikaansaamiseksi. Happi tuodaan kaasuttimeen joko puhtaana happena tai ilman mukana. Polttoaineen ja ilman tai hapen suhdetta säätämällä voidaan pitää reaktorin lämpötila halutussa arvossa. Reaktorin lämpö saadaan kaasutinreaktioissa vapautuvasta energiasta. Mikäli polttoainetta kaasutetaan ilmalla, saadaan tuloksena matalalämpöarvoista tuotekaasua, jonka lämpöarvo on noin 6 MJ/Nm^3 . Matalalämpöarvoisuus johtuu ilman mukana tulleesta palamattomasta typestä, mikä alentaa lämpöarvoa. Mikäli kaasutuskaasuna käytetään puhdasta happea, saadaan tuotekaasua, jonka lämpöarvo on lähes kaksinkertainen – noin $10\text{--}12 \text{ MJ/Nm}^3$ – ilmakaasutuksessa syntyvään tuotekaasuun verraten. (Huhtinen et al. 2004, 180.)

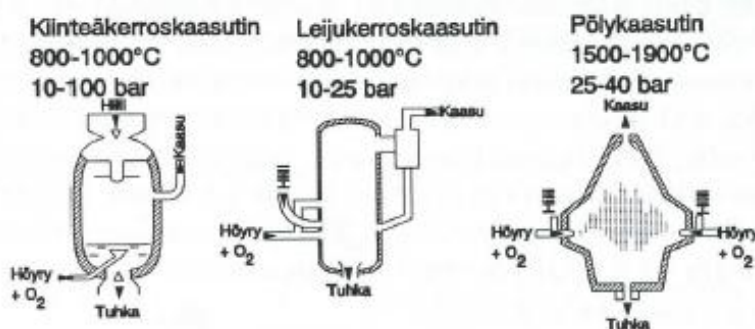
5.2.2 Kaasutusreaktorit

Kaasutusreaktorit voidaan jakaa kiinteäkerros-, pöly- ja leijukerroskaasuttimiin. Kiinteäkerroskaasutin voi toimia myötä- tai vastavirtaperiaatteella. Vastavirtaperiaatteessa polttoaine syötetään kaasuttimen reaktorin yläosaan, ja ilman tai hapen ja vesihöyryn seos johdetaan kaasuttimen alaosaan. Polttoaineen partikkelikoko on noin $3\text{--}50 \text{ mm}$ ja se valuu hitaasti alaspäin kuivumis-, pyrolyysi-, pelkistys- ja palamisvaiheiden läpi. (Huhtinen et al. 2004, 181.)

Pölykaasuttimessa kaasutetaan hiilipölyä, jonka partikkelikoko on noin $0,1 \text{ mm}$. Hiili syötetään reaktoriin sivuseinän alaosaan pölynä yhdessä vesihöyryn ja käytetyn kaasutuskaasun kanssa. Reaktorin lämpötila on noin $1500\text{--}1900 \text{ °C}$ ja paine noin $25\text{--}40 \text{ bar}$. (Huhtinen et al. 2004, 181.)

Leijukerroskaasuttimessa polttoaine kaasutetaan inertin leijuvanmateriaalin sisällä. Leijutusmateriaalina käytetään yleensä hiekkaa. Leijutuskaasuna toimii takaisin kierrätetty

tuotekaasu. Kaasutuslämpötila on pidettävä tuhkan sulamispistettä matalampana eli noin 800–1000 °C. Kaasuttimen paine vaihtelee välillä 10–25 bar. Leijukerrostekniikka soveltuu hyvin heterogeenisen ja huonolaatuisen polttoaineen kaasutukseen kaasuttimessa valitsevan tasainen lämpöjakauman ja hyvän sekoittumisen ansiosta. Lisäksi rikin sitominen reaktorin sisällä on mahdollista kalkin avulla. (Huhtinen et al. 2004, 181.; Huhtinen et al. 2008, 228.) Kuvassa 11 on esitetty kiinteäkerros-, pöly- ja leijukerroskaasutin.



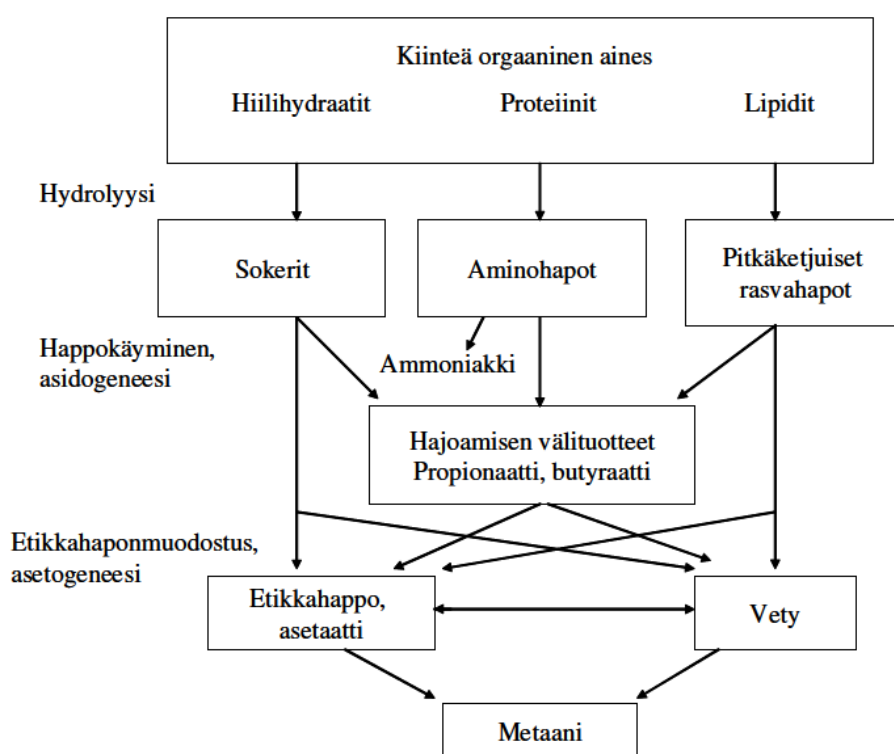
Kuva 11. Kiinteäkerros-, leijukerros- ja pölykaasutin (Huhtinen et al. 2004, 181)

Foster Wheeler Energia Oy on kehittänyt ja rakentanut kiertopetiteknikkaan perustuvia kaasutinreaktoreita, joissa polttoaine syötetään reaktorin alaosassa leijutuskaasuna käytetyn esilämmitetyn ilman joukkoon. Kun ilmakerroin on noin 0,5, polttoaine reagoi osittain ilman hapen kanssa. Tällöin reaktorin lämpötila nousee noin 850–900 asteeseen ja loppu polttoaine kaasuuntuu. Kiertävä petimateriaali sekä mahdolliset kaasuuntumattomat hiilipartikkelit erottuvat tuotekaasusta syklonissa ja palautuvat takaisin reaktoriosaan. Syntynyt tuotekaasu johdetaan polttoon ilman esilämmittimen kautta. Tällaisissa kiertopetiteknikkaan perustuvissa kaasuttimissa voidaan käyttää polttoaineena puujätettä, haketta, turvetta, rengasmurskaa, muovia ja lajiteltua yhdyskuntajätettä. (Huhtinen et al. 2004, 181–182.) Mahdollisesti myös hevosenlanta voisi sopia kaasutettavaksi tällaisessa kaasutinreaktorissa.

5.3 Hevosenlannan mädätys

Biokaasun tuotanto on hapettomassa eli anaerobisissa olosuhteissa tapahtuvaa orgaanisen aineksen hajoamista eli mädätystä. Anaerobinen hajoaminen on biologinen prosessi, jonka eri vaiheisiin osallistuu useita erilaisia mikrobeja. Ensimmäinen näistä vaiheista on hydrolyysi, jossa haponmuodostajabakteerien erittämät entsyymit hajottavat mädätettävän materiaalin sisältämät yhdisteet – hiilihydraatit, proteiinit ja rasvat – yksinkertaisiksi liu-

koiksi yhdisteiksi, kuten yksinkertaisiksi sokereiksi, ammoniakiksi sekä pitkäketjuisiksi rasvahapoiksi. Asidogeneesissä eli happokäymisessä nämä tuotteet hajoavat edelleen haihtuviksi rasvahapoiksi. Kolmas vaihe on nimeltään asetogeneesi, jossa vetyä tuottavat bakteerit hajottavat muodostuneet rasvahapot edelleen asetaatiksi, hiilidioksidiksi ja vedyksi. Viimeisessä vaiheessa metaaninmuodostajabakteerit eli metanogeenit tuottavat metaania asetaatista tai vedystä ja hiilidioksidista. Metanogeenille asetaatti sekä vety ja hiilidioksidi ovat tärkeimmät substraatit. Metanogeenit eivät pysty hajottamaan sellaisia yhdisteitä, joissa on enemmän kuin kaksi hiiliatomia. (Lehtomäki et al. 2007, 22.) Kuvassa 12 on esitetty vielä anaerobisen hajoamisen vaiheet sekä syntyvät välituotteet.



Kuva 12. Anaerobisen hajoamisen päävaiheet sekä prosessissa syntyvät välituotteet (Lehtomäki et al. 2007, 24).

Orgaanista ainesta mädättämällä syntyy biokaasua, joka pääasiassa sisältää metaania noin 35–80 %:a ja hiilidioksidia noin 20–65 %:a. Materiaalista riippuen kaasussa voi esiintyä pieninä pitoisuuksina rikkivetyä (0–2 %), typpeä (0–25 %) sekä kloori- ja fluoriyhdisteitä. Biokaasun raaka-aineeksi soveltuvat hyvinkin erilaiset orgaaniset materiaalit ja erityisen hyvin eläinten lanta, koska se sisältää useimmat mikrobien tarvitsemat ravinteet mädätysprosessiin. Biokaasun lämpöarvo on 4–6 kWh/m³_n eli noin 14,4–21,6 MJ/m³_n ja se soveltuu sellaisenaan poltettavaksi sekä myös moottorin polttoaineeksi. Energiantuotan-

non lisäksi biokaasun tuotanto on ympäristöystävällistä kasvihuonekaasujen ja hajuhaittojen vähenemisen kannalta. (Alakangas 2000, 144.; Lehtomäki et al. 2007, 18.)

Hevosenlannasta on mahdollista tuottaa biokaasua mädättämällä, vaikka se onkin kuivempaa kuin esimerkiksi sian- ja naudanlanta. Hevosenlannan kuiva-ainepitoisuus on noin 35 %, kun taas naudanlannan on noin 10 % ja sianlannan noin 7 %. (Taulukko 2) Taulukossa 5 on esitetty, paljonko hevosenlannasta on mahdollista tuottaa biokaasua. Vertailuksi taulukkoon on otettu naudan- ja sianlanta, joita Suomessa käytetään biokaasun tuotannossa. Taulukossa on esitetty kuinka paljon yhden eläimen lannasta saadaan biokaasua vuodessa, paljonko biokaasua saadaan tonnista lantaa sekä paljonko biokaasua saadaan kaikkien Suomen hevosten, nautojen ja sikojen vuotuisista lantamääristä.

Taulukko 5. Hevosen-, naudan- ja sianlannasta saatavat biokaasun määrät vuodessa. A: (Hatsala 2004, 47). Suomessa hevosia 74 300 (Suomen Hippos ry 2010), nautoja 324 000 ja sikoja 441 000 (Airaksinen 2006, 15)

Materiaali	Keskimääräinen biokaasun tuotto/eläin [$\text{m}^3/\text{t}_{\text{VS}}$] ^A	Biokaasua/eläin [m^3/a]	Biokaasua kokolantamäärästä/eläin [m^3/t]	Biokaasua yhteensä [m^3/a]
Hevosenlanta	250	525	59	38 963 350
Naudanlanta	250	508	21	164 592 000
Sianlanta	450	53	25	23 218 650

Mädätys voi tapahtua joko märkä- tai kuivaprosessina. Märkäprosessi on yleisesti käytetty esimerkiksi jätevedenpuhdistamoilla lietteen käsittelyyn. Märkäprosessissa materiaalin kuiva-ainepitoisuus on noin 5–15 %, ja prosessin etuina ovat hyvä kaasuntuotto sekä prosessin vakaus. (Huovari et al. 2008, 7.; Hatsala 2004, 10.) Vähitellen maailmalla on yleistyvässä märkäprosessin rinnalle kuivaprosessi eli kuivamädätys. Kuivaprosessissa mädätettävän materiaalin kuiva-ainepitoisuus voi vaihdella jopa välillä 25–50 %. (Rautanen 2009, 2.; Huovari et al. 2008, 7.)

5.3.1 Kuivamädätys

Kuivaprosessin raaka-ainelähteiksi sopivat muun muassa kuiva lanta, puutarhatähteet, peltoenergiakasvit ja rehupaalit (Rautanen 2009, 3). Tällöin myös hevosenlanta voisi soveltua kuiva-ainepitoisuutensa puolesta kuivamädätykseen.

Kuivaprosessissa mädätettävä materiaali sisältää vähemmän nestettä, jolloin käsiteltävät materiaalivolyymit ovat vähäisemmät märkäprosessiin verraten. Muita kuivaprosessin etuja ovat muun muassa pienemmät hajuhaitat sekä vähäisempi energiantarve märkäprosessiin nähden. (Huovari et al. 2008, 7.) Kuivaprosessin haittoja märkäprosessiin verrattuna ovat muun muassa vaikeammin hallittava reaktio ja sekoitus (Hatsala 2004, 11).

Suomessa on vasta yksi pilottivaiheessa oleva kuivämädätyslaitos. Laitos on Maa- ja elintarviketalouden tutkimuslaitoksen rakennuttama 4,5 m³:n kokoinen pilottireaktori, joka on kiinteän massan biokaasureaktori. Laitos aloitti toimintansa elokuussa 2008. Reaktoriin syötettiin aluksi kuivaa lantaa, jonka kuiva-ainepitoisuus oli 15–23 %. Reaktoriin mahtuu lantaa noin 3 m³. Mädätteen jäännöksen kuiva-ainepitoisuus oli 10–13 %. (Rautanen 2009, 12, 14.) Kuvassa 13 on lanta ennen reaktoria ja kuvassa 14 on mädätysjäännös.



Kuva 13. Reaktoriin menevä lanta (Rautanen 2009, 14).



Kuva 14. Mädätysjäännös (Rautanen 2009, 14).

5.3.2 Hevosenlannan mädätys Ruotsissa

Ruotsissa Ytterenebyn tilalla vuonna 2003 otettiin käyttöön kuivamädätykseen perustuva biokaasulaitoksen prototyyppi. Laitoksessa mädätetään 50–60 lehmän tuottama kuivalanta sekä lisäksi olkea ja kaura-akanoita. Laitoksen tuottama lämpö käytetään tilan asuintalon lämmitykseen. Lisäksi kiinteästä mädätysjäännöksestä tuotetaan korkealaatuista kompostia, joka levitetään lietalannoitteena pellolle. Tällä menetelmällä lannoitteen typpihävikki on noin 29 %, kun taas pelkässä lannan aerobisessa kompostoinnissa typpihävikki on jopa 48 %. Näin energia- ja ravinnetasapaino paranee ja lisäksi ympäristökuormitus pienenee. Kuvassa 15 on Ytterenebyn tilalla toimiva kuivaproessiin perustuva biokaasulaitoksen prototyyppi. (Schäfer & Lehto 2005.)



Kuva 15. Ruotsissa Ytterenebyn tilalla toimiva biokaasulaitoksen prototyyppi, joka tuottaa karjanlannasta, oljesta ja kaura-akanasta lämpöä (Schäfer & Lehto 2005).

Kuvassa 15 nähtävässä vinossa reaktorissa tapahtuu mädätyksen ensimmäinen vaihe eli hydrolyysi. Reaktorin tilavuus on 53 m³ ja tämä vaihe kestää noin 26 päivää. Syntyneestä mädätysjäännöksestä puristetaan erilleen kiinteä osa ja neste. Kiinteä jäännös kompostoidaan ja nestemäinen jäännös mädätetään edelleen metaanireaktorissa, jonka tilavuus on

17 m³ ja vaiheen kesto on 16 päivää. Ytterenebyn tilan reaktorit tuottivat 15.11.2003–8.5.2004 biokaasua 44 m³. (Schäfter & Lehto 2005.)

Ruotsalainen yritys Flinga Biogas AB valmistaa ja myy kompaktin kokoisia biokaasutuslaitoksia, joilla voidaan kaasuttaa biomassoja, jotka eivät yleensä sovellu biokaasutukseen, kuten hevosenlantaa, säilörehua, kasvijätteitä sekä energiakasveja. Kaasutettavan tuotteen kuiva-ainepitoisuus voi vaihdella välillä 10–70 %. Yrityksen tavoitteena on tarjota muun muassa maanviljelijöille ja hevostalleille kustannustehokas tapa tuottaa biokaasua. Ruotsissa ensimmäinen Flinga Biogas AB:n kehittämä biokaasutuslaitos myytiin vuonna 2010 ja markkinoille odotetaan suurta kasvua. (Flinga Biogas AB 2011.)

6 HEVOSENLANTAHUOLLON KUSTANNUKSET SEKÄ HEVOSENLANNAN MÄDÄTYKSEN JA POLTON LASKENNALLISET HYÖDYT

Hyödyntämällä hevosenlannasta ravinnesisältö energiasisällön sijaan, lantahuollosta koituu usein pelkästään kuluja. Lisäksi lannasta ylipäättään eroon pääseminen voi toisinaan olla hyvinkin hankalaa. Useimmiten ongelmia lannasta eroon pääsyyn aiheuttaa käytetty kuivike.

Seuraavassa on suoritettu laskelmia hevosenlannan lantahuollolle hankkiutumalla lannasta eroon ulkopuolisen tahon avulla. Lisäksi on suoritettu laskelmia hevosenlannan mädätykselle ja lannan poltolle. Mädätyslaskuissa on selvitetty kuinka paljon biokaasua olisi mahdollista tuottaa ja polttolaskuissa on selvitetty kuinka paljon lannan poltosta saataisiin energiaa.

6.1 Hevosenlantahuollon kustannukset

Monilla hevostalleilla lantahuolto toteutetaan yhdessä jonkun ulkopuolisen tahon kanssa. Sopimukset ja tilanteet vaihtelevat paljon ja sen vuoksi myös lantahuollon kustannukset voivat vaihdella hyvinkin suuresti. Esimerkiksi kaikilla talleilla ei välttämättä ole kiinteää lantala, jonne lanta varastoidaan, vaan lantala voidaan korvata esimerkiksi vuokratulla vaihtolavalla. Lisäksi lantahuollon kustannuseroja lisää lannan luovutus. Mikäli hevostalleilla on maanviljelijän kanssa sopimus lannan vastaanotosta, he määrittävät keskenään

kustannusjärjestelyt sopiviksi. Muita vaihtoehtoja hevosenlannan luovutukselle ovat yritykset, jotka ottavat lantaa vastaan ja jatkojalostavat siitä esimerkiksi multaa. Esimerkkinä tällaisesta hevosenlantaa vastaanottavasta yrityksestä on Yrjäksi tila.

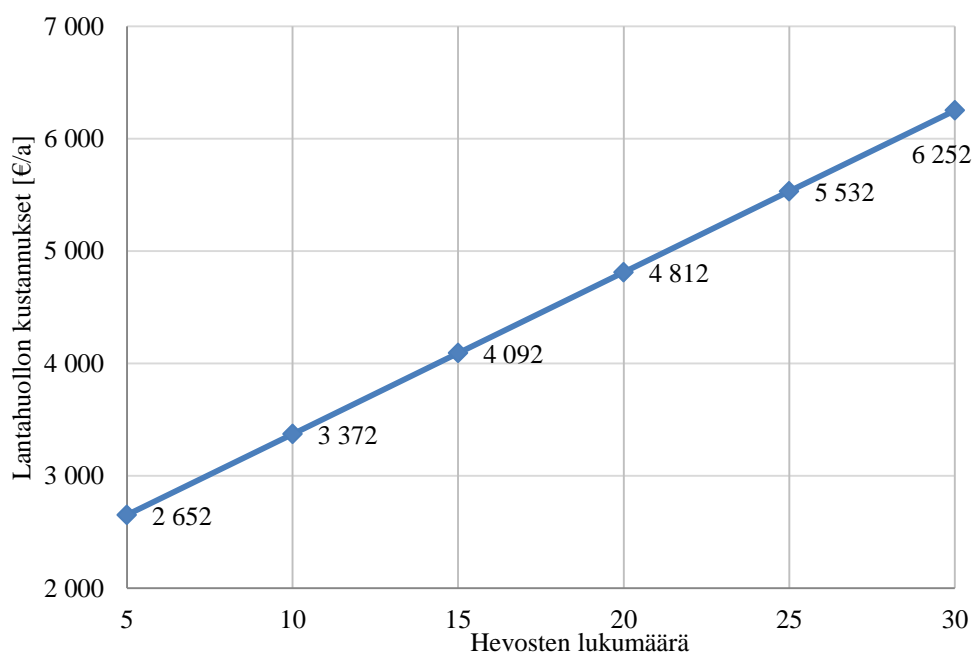
Jos hevostalli vuokraisi 25 m³:n vaihtolavan, sen kuukausihinta olisi noin 161 €, jolloin vuosikustannuksiksi vaihtolavan vuokrasta tulisi 1 932 €. Vaihtolavan tyhjennyksestä veloitetaan 12 € kuutiolta. Jos vaihtolavan koko on 25 m³, sen tyhjennys tulee kustantamaan 300 € tyhjennyskerralta. Taulukossa 6 on esitetty lantahuollon vuosikulut talleille, joissa on hevosia 5, 10, 15, 20, 25 tai 30. Lantahuollon lopullisissa vuosikuluissa on huomioitu vaihtolavan vuokran vuosikulut. Taulukon 6 arvojen tarkemmat laskut on esitetty liitteessä 1.

Taulukko 6. Hevosten lantahuollon vuosikulut (Arvot laskettu Yrjäksi tilan hinnaston avulla)

Hevosia	5	10	15	20	25	30
Lantaa syntyy vuodessa [m ³ /a]	60	120	180	240	300	360
Lavan tyhjennyskertoja vuodessa	2,4	4,8	7,2	9,6	12	14,4
Lavan tyhjennys vuodessa [€/a]	720	1 440	2 160	2 880	3 600	4 320
Lantahuollon vuosikulut yhteensä [€/a]	2 652	3 372	4 092	4 812	5 532	6 252

Taulukossa 6 esitetyt lavan vuotuiset tyhjennyskerrat on esitetty yhden desimaalin tarkkuudella, koska tarkoituksena on kuvata tilannetta pitkällä aikavälillä. Esimerkiksi viiden hevosen tallissa kertyy kymmenessä vuodessa 24 tyhjennyskertaa. Mikäli tallissa on hevosia yli 25 kappaletta, ei enää riitä yksi vaihtolava, koska lavojen tyhjennysväli tulisi hyvin lyhyeksi.

Kuvassa 16 on vielä esitetty hevosten määrän vaikutus lantahuollon vuosikuluihin. Kuten kuvasta voidaan huomata hevosten määrän kasvaessa tallin lantahuollon kustannukset jokaista hevosta kohtaan pienenevät.



Kuva 16. Lantahuollon kustannukset vuositasolla suhteessa hevosten määrään.

6.2 Hevosenlannan mädätyksen laskennallinen hyöty

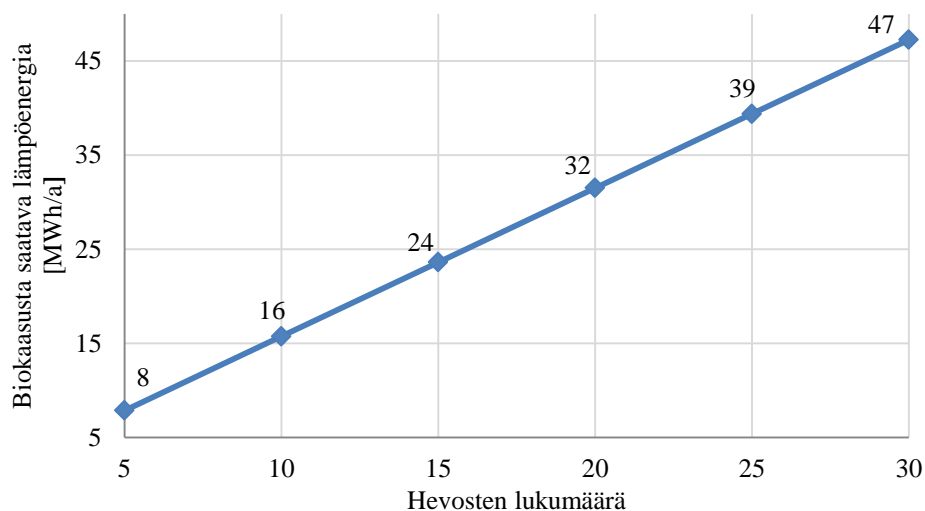
Mikäli hevostallilla olisi mahdollista mädättää kertyvää hevosenlantaa, voitaisiin lannasta hyödyntää sen energiasisältö biokaasun muodossa. Mädätyksestä syntyvä jäännös on kompostoinnin jälkeen käytettävissä lannoitteena, mutta syntyneestä jäännöksestä on kuitenkin edelleen päästävä eroon, mikä voi olla hankalaa ilman omaa peltoalaa tai ulkopuolista vastaanottajaa. Seuraavaan tarkasteluun on otettu ainoastaan mädätyksen energiahyötykäyttö. Laskennassa ei ole huomioitu laitteistoinvestointeja sekä käyttö- ja kunnossapitokustannuksia.

Taulukon 5 mukaan yksi hevonen tuottaa biokaasua keskimäärin 525 m^3 vuodessa. Biokaasun keskimääräinen lämpöarvo on 5 kWh/m^3 (Alakangas 2000, 144). Taulukossa 7 on esitetty kuinka paljon biokaasua tuottaisi 5, 10, 15, 20, 25 ja 30 hevosta sekä kuinka paljon syntyneestä biokaasusta saataisiin lämpöenergiaa, kun hyötysuhteena olisi 60 %. Lisäksi taulukossa on esitetty, mikä energian arvo olisi verrattuna kaukolämpöön sekä maakaasuun. Taulukkoon 7 liittyvät laskut on esitetty liitteessä 2.

Taulukko 7. Hevosenlannan mädätys ja syntyvän biokaasun lämpöenergia, kun hyötysuhteena on 60 %. A: (Lappeenrannan energia Oy, 2011a). B: (Lappeenrannan energia Oy, 2011b)

Hevosia	5	10	15	20	25	30
Biokaasua [m ³ /a]	2 625	5 250	7 875	10 500	13 125	15 750
Biokaasusta saatava lämpöenergia, $\eta = 60\%$ [MWh/a]	8	16	24	32	39	47
Tuotetun lämmön arvo [€/a]						
Kaukolämpö ^A	364	728	1 093	1 457	1 821	2 185
Maakaasu ^B	370	740	1 110	1 480	1 850	2 220

Kuvasta 17 nähdään vielä hevosten lukumäärän vaikutus biokaasusta saatavan lämpöenergian määrään.



Kuva 17. Hevosenlannasta saatavan biokaasun lämpöenergian määrä suhteessa hevosten lukumäärään.

6.3 Hevosenlannan polton laskennallinen hyöty

Mikäli Suomen laki sallisi hevosenlannan polttamisen ilman jatkuvatoimisia savukaasumittauksia, voisi hevosenlannan polttaminen olla tehokas tapa hyödyntää hevosenlantaa. Lanta voitaisiin polttaa esimerkiksi suoraan hevostallilla ja lämmitellä saatavalla energialla tallirakennukset. Lisäksi polttamalla lanta sen syntypaikalla, säästettäisiin kuljetuskuiluissa. Syntyvästä tuhkasta olisi kuitenkin edelleen hankkiuduttava asianmukaisesti eroon.

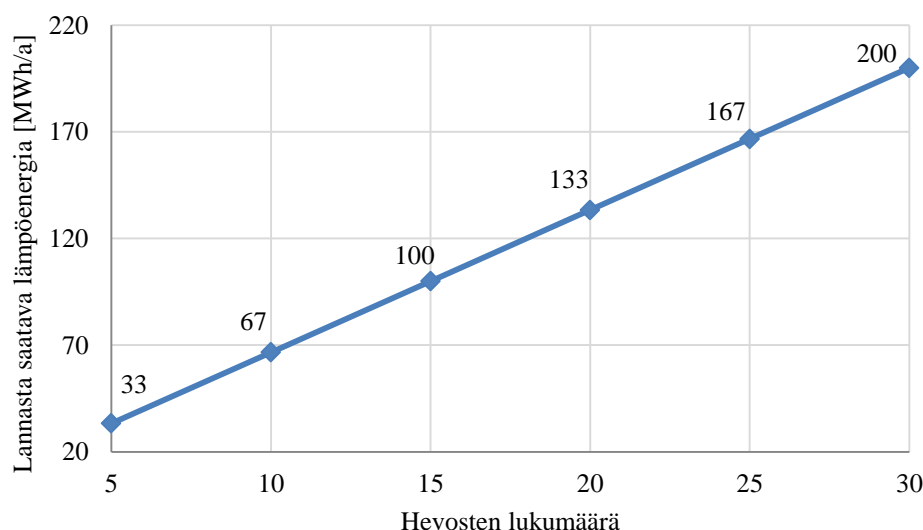
Seuraavassa on tutkittu kostean hevosenlannan polttamisesta saatavia energiamääriä. Taulukossa 8 on esitetty kuinka paljon energiaa saataisiin 5, 10, 15, 20, 25 ja 30 hevosen

lannasta. Hyötysuhteena energiantuotannossa on käytetty 60 %:a. Lisäksi polttamalla saatavan energian arvoa on tutkittu vertaamalla kaukolämmön myyntihintaan. Taulukoon liittyvät laskut on esitetty liitteessä 3.

Taulukko 8. Hevosenlannan poltosta saatava lämpöenergia, kun hyötysuhde on 60 %. A: (Lappeenrannan energia Oy, 2011a)

Hevosia	5	10	15	20	25	30
Lantaa vuodessa [kg/a]	44 250	88 500	132 750	177 000	221 250	265 500
Lannasta saatava lämpöenergia, $\eta = 60\%$ [MWh/a]	33	67	100	133	167	200
Tuotetunlämmön arvo [€/a]	1 542	3 083	4 625	6 167	7 709	9 250

Kuvasta 18 nähdään vielä, kuinka hevosten lukumäärä vaikuttaa lannasta saatavan lämpöenergian määrään.



Kuva 18. Hevosenlantaa polttamalla saatavan lämpöenergian määrä suhteessa hevosten lukumäärään

6.4 Tarvittava lantamäärä eri kattilatehoille

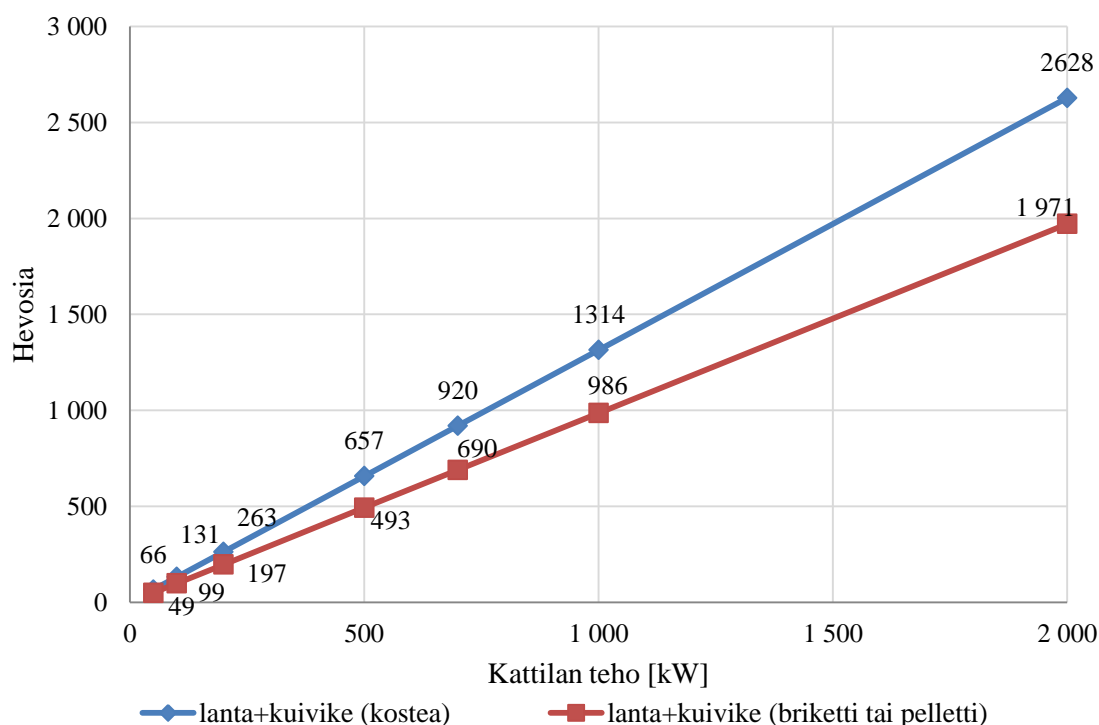
Hevosenlantaa voitaisiin polttaa kosteana taikka pellettien tai brikettien muodossa, jolloin polttoaineen kosteus pienenee ja lämpöarvo paranee. Taulukossa 9 on esitetty, kuinka monen hevosen lannalla voitaisiin lämmittää 50, 100, 200, 500 ja 700 kW:n sekä 1 ja 2 MW:n kattila. Lantatarve on laskettu yhdelle päivälle, kattilan käydessä täydellä teholla. Laskennassa ei siis ole huomioitu sitä, että kattila ei käy vuoden jokaisena päivänä kuitenkaan täydellä teholla. Taulukon arvot siis esittävät minimi hevostmäärän tarpeen, jotta

kattila voisi käydä täydellä teholla. Kattilahyötysuhteena on käytetty 60 %:a. Taulukkoon liittyvät laskennat on esitetty liitteessä 4.

Taulukko 9. Kuinka monta hevosta tarvitaan, jotta syntyvä lantamäärä riittää kattilan lämmitystarpeisiin. Määrät on laskettu kosteanlannan ja lantabrikettien tai -pellettien polttoon.

Kattilan teho [kW]	50	100	200	500	700	1000	2000
Kattilan tuottama lämpö vuorokaudessa [kWh]	1 200	2 400	4 800	12 000	16 800	24 000	48 000
Kattilan tarvitsema polttoainetehto, $\eta=60\%$ [kW]	2 000	4 000	8 000	20 000	28 000	40 000	80 000
Kostea lanta							
Polttoainetehon vaatima lantamäärä [kg/d]	1 593	3 186	6 372	15 929	22 301	31 858	63 717
Tarvittava määrä hevosia [kpl]	66	131	263	657	920	1314	2628
Lantabriketti tai -pelletti							
Polttoainetehon vaatima brikettien/pellettien määrä [kg/d]	455	909	1 818	4 545	6 364	9 091	18 182
Briketeissä/pelleteissä täysin kuivaa lantaa, briketin/pelletin kosteus 8 % [kg]	418	836	1673	4182	5855	8364	16727
Briketöintiin/pelletöintiin tarvittava kostea lanta, kosteus 65 % [kg/d]	1 195	2 390	4 779	11 948	16 727	23 896	47 792
Tarvittava määrä hevosia [kpl]	49	99	197	493	690	986	1 971

Kuten taulukosta 9 huomataan, isojen kattiloiden kohdalla hevosia tarvitsisi olla huomattavia määriä, jotta kertyvä lanta riittäisi ainoaksi polttoaineeksi kattilaan. Mahdollinen tukipolttoaine, kuten esimerkiksi hake, näyttäisi olevan tarpeen varsinkin, jos kattilan tulisi olla suurta kokoluokkaa. Kuvassa 19 on vielä esitetty kuinka monen hevosen lannat tarvittaisiin tietylle kattilateholle. Lisäksi kuvasta nähdään vaikutus poltetaanko lanta kosteana vai brikettien tai pellettien muodossa.



Kuva 19. Tarvittava hevosten lukumäärä tuottamaan tarvittava määrä lantaa kullekin kattilateholle. Tarkasteluun on otettu sekä kostealanta että lantabriketit ja -pelletit.

Yksi vaihtoehto suurelle kattilalle voisi olla, jos useamman hevostallin kertyvät hevosenlannat poltettaisiin samassa kattilassa. Esimerkiksi Satakunnassa on hevosia paljon, yhteensä 3 750 hevosta. Pelkästään Porissa hevosia on noin 740 ja Porin seudulla yhteensä 2 050 hevosta. (Hollmén 2010, 5.) Lisäksi välimatkatkaan eivät tulisi liian pitkiä, koska Porin seudun kaukaisimpien kuntien välinen välimatka on reilu 90 km.

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Suomessa hevosenlantaa kertyy vuosittain reilu 300 000 tonnia. Kertyvästä hevosenlannasta voi olla hankalaa päästä eroon, jos ei omista tarpeeksi peltoalaa, jonne sijoittaa lanta kompostoitumaan ja jonka jälkeen käyttää se lannoitteena. Ravinteiden lisäksi hevosenlannasta haluttaisiin hyödyntää lannan energiasisältöä.

Ravinteiden hyödynnys hevosenlannasta on edelleen hyvä hyötykäyttötapa. Hevosenlanta sisältää hyviä ravinteita ja se soveltuu hyvin lannoitteiden ja maanparannusaineiden raaka-aineeksi. Lisäksi hevosenlantalannoitetta voidaan käyttää useimmille viljelmille. Lanta on kuitenkin kompostoitava ennen lannoitteena käyttöä. Kompostoinnin helpottamiseksi

ja prosessin nopeuttamiseksi on kehitetty uusia tekniikoita, joista yksi on tuubikompostori. Kompostointi tuubissa kestää noin puoli vuotta ja kompostoitavan tuotteen massa pienenee noin kolmanneksen. Lisäksi tuubikompostointi on siisti tapa kompostoida.

Vaikka hevosenlannan kompostointi onkin hyvä hyötykäyttötapa, siihen liittyy myös haasteita. Lannan kompostointia voi hankaloittaa käytetty kuivikemateriaali. Melko yleisesti käytössä olevat puupohjaiset kuivikkeet maatuvat hitaasti ja lisäksi ne kuluttavat hajotessaan maaperän liukoista typpeä. Monet maanviljelijät kieltäytyvät ottamasta hevosenlantaa pellolleen varsinkin, jos käytössä on ollut puupohjaista kuiviketta.

Hevosenlannan polttaminen Suomessa tällä hetkellä ei taloudellisesti kannata, varsinkaan pienimuotoisena toimintana. Laki määrittää lannan jätteeksi, jolloin sitä on poltettava jätteenpoltoasetuksen mukaisesti. Asetuksen vaatimien laitteistojen investointikulut nousivat suhteellisen kalliiksi, jolloin poltosta ei ainakaan taloudellisesti olisi hyötyä.

Kaasutus voisi olla yksi vaihtoehto hevosenlannan hyödyntämiselle. Jotta hevosenlannasta saataisiin hyvää tuotekaasua, lantaa tulisi kuivata ennen kaasutusta. Hyvän tuotekaasun saavuttamiseksi polttoaineen kosteuspitoisuus pitäisi olla noin 50 % ja hevosenlannan kosteuspitoisuus on noin 65 %. Hevosenlannan kaasutus voisi olla yksi lisätutkimuksen kohde.

Kaasutuksen lisäksi hevosenlantaa voitaisiin mädättää ja hyödyntää lannan energiasisältöä biokaasun muodossa. Hevosenlannalla on suhteellisen korkea kuiva-ainepitoisuus, joten sen mädätykseen sopisi niin kutsuttu kuivamädätysprosessi, sillä kuivamädätyksessä mädätettävän materiaalin kuiva-ainepitoisuus voi olla jopa 25–50 %. Mädättämällä saatavan biokaasun lisäksi prosessista saatava mädätejäännös soveltuu vielä kompostoinnin jälkeen hyväksi lannoitteeksi. Hevosenlannan mädätys voisi myös olla lisätutkimuksen kohde.

LÄHTEET

Aimo Kortteen Konepaja Oy. 2011. Murska Biopacker. [Aimo Kortteen konepaja Oy:n www-sivut] [viitattu 30.9.2011] Saatavissa: <http://www.murskabiopacker.fi/fin/biopacker>

Airaksinen, Sanna. 2006. Bedding and Manure Management in Horse Stables. Its Effect on Stable Air Quality, Paddock Hygiene and the Compostability and Utilization of Manure. Kuopion yliopisto, Kuopio 2006. ISBN 951-27-0443-9 (PDF) [verkkodokumentti] [viitattu 7.9.2011] 13, 15, 16, 20, 21, s. Saatavissa: <http://www.uku.fi/vaitokset/2006/isbn951-27-0348-3.pdf>

Alakangas, Eija. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Tiedotteita. Otamedia Oy, Espoo 2000. 144 s. ISBN 951-38-5699-2.

Alho, Pekka et al. 2010. Hevosenlannan hyötykäytön kehittäminen. Turun ammattikorkeakoulu, Turku 2010. ISBN 978-952-216-184-0 (PDF) [verkkodokumentti] [viitattu 16.8.2011] 12, 13, 15, 17, 19, 21, 25 s. Saatavissa: <http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522161840.pdf>

Chiumenti, Alessandro et al. 2005. Modern Composting Technologies. USA. The JG Press, Inc., 2005. 1, 13 s. ISBN 0-932424-29-5.

Demmel Bioenergie. Broschüre "ÖKOTHERM Biomasse-Heizanlagen" (PDF). [Demmel Bioenergien www-sivu] [viitattu 7.10.2011] Saatavissa: http://bioenergie-demmel.com/uploads/files/___koTherm%20Brosch___re.pdf

Electrowatt-Ekono Oy. 2003. Uusien säädösten vaikutus savukaasupäästöjen mittauksiin. Tutkimusraportti nro 14. Finergy, Energia-alan keskusliitto ry, Helsinki 2003. 6 s. ISBN 952-440-021-9.

Flinga Biogas AB. 2011. Produkten. [Flinga Biogas AB:n www-sivu] [viitattu 13.10.2011] Saatavissa: <http://www.flinga-biogas.se/produkten.html>

Hatsala, Antti. 2004. Biokaasun tuotanto- ja käyttömahdollisuudet Kanta-Hämeessä. Opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu, Hämeenlinna 2004. [verkkodokumentti] [viitattu 10.11.2011] 10, 11, 47 s. Saatavissa:

<http://midgard1.nebula.fi/attachment/ee246cbb04c1da363116122aebb56633/19264351e78bffb4327fe0f8f522694/Biokaasun+tuotanto->

[+ja+hy%C3%83%C2%B6tyk%C3%83%C2%A4ytt%C3%83%C2%B6mahdollisuudet](#)

Hippocon. 2008. Pellets. [Hippoconin www-sivu] [viitattu 9.10.2011] Saatavissa: <http://www.hippocon.com>

Hollmén, Maarit. 2010. Hevostoiminnan ympäristökysymyksiä Satakunnassa ja Varsinais-Suomessa. TEHO-hankkeen julkaisuja 2/2010 ISBN 978-952-257-062-8 (PDF). [verkkodokumentti] [viitattu 19.11.2011] 5 s.

Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=117506&lan=fi>

Huhtinen, Markku et al. 2004. Höyrykattilatekniikka. 6. Painos. Edita, Helsinki 2004. 44, 179-182 s. ISBN 951-37-3360-2.

Huhtinen, Markku et al. 2008. Voimalaitostekniikka. Opetushallitus. Otavan Kirjapaino Oy, Keuruu 2008. 228 s. ISBN 978-952-13-3476-4.

Humuspehtoori Oy. Hevosenlannasta erinomaista maanparannusainetta. [verkkodokumentti] [viitattu 3.11.2011] Saatavissa:

http://www.humuspehtoori.fi/images/ymparistohanke/Hevosenlannasta_erinomaista_maa_parannusainetta_yleisesite.pdf.

Huovari, Niina ja Rautanen, Juha. 2008. Biokaasulaitosten energiatase maatilojen biomassoja hyödyntävissä laitoksissa. Jyväskylän yliopisto. Motiva Oy, 2008. [verkkodokumentti] [viitattu 2.11.2011] 7 s. Saatavissa:

http://www.motiva.fi/files/4005/Biokaasulaitosten_energiatase_maatilojen_biomassoja_hyodyntavissa_laitoksissa.pdf

Ilvonen, Mari. Hevosenlannasta potkua puutarhaan. [Biohalon www-sivu] [viitattu 15.11.2011] Saatavissa: <http://www.biohalo.net/133>

Jätelaki (1072/1993)

Jätteenpolttoasetus (362/2003)

Kauppinen, Piia. 2005. Hevosenlannan hyötykäytön mahdollisuudet. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Jyväskylä 2005. [verkkodokumentti] [viitattu 9.10.2011] 4, 19 s. Saatavissa:

http://www.bioenergia.fi/default/?__EVIA_WYSIWYG_FILE=2768&name=file

Kortelainen, Kari. 2011. Häkäpönttö tuo lisääikaa hiilivoimalle. Tekniikka & Talous. Energia-liite. nro 3. Syyskuu 2011. 16 s.

Lannoitevalmistelaki (539/2006)

Lappeenrannan energia Oy. 2011a. Kaukolämpö hinnasto. [Lappeenrannan energian www-sivu] [viitattu 19.11.2011] Saatavissa:

http://www.lappeenrannanenergia.fi/?valikko=1&sivu=hinnastot&alasivu=hinnasto_lampo

Lappeenrannan energia Oy. 2011b. Maakaasun toimitushinnat. [Lappeenrannan energian www-sivu] [viitattu 19.11.2011] Saatavissa:

http://www.lappeenrannanenergia.fi/?valikko=1&sivu=hinnastot&alasivu=hinnasto_kaasu_toimitus.

Lehtomäki, Annamari et al. 2007. Biokaasusta energiaa maatalouteen - raaka-aineet, teknologiat ja lopputuotteet. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 85. Jyväskylän yliopisto. 2007. 18, 22, 24 s. ISBN 978-951-39-3076-9.

Luvian kunta. 2011. Palvelut: Ympäristötoimi: Lannan patterointi. [Luvian kunnan www-sivu] [viitattu 3.11.2011.] Saatavissa: <http://www.luvia.fi/palvelut/ymparistotoimi/lannan-patterointi/>.

Pellikka, Tuula. 2009. Hevosenlannan pienpolttohankkeen tuloksia. [verkkodokumentti] [viitattu 7.10.2011] 5-8 s. Saatavissa:

http://www.hippolis.fi/UserFiles/hippolis/File/04112009/Pellikka_VTT_041109.pdf.

Raiko, Risto et al. 2002. Poltto ja palaminen. 2. painos. International Flame Research Foundation - Suomen kansallinen osasto, Helsinki 2002. 122, 123, 118, 137, 186, 192, 479, 482-487 s. ISBN 951-666-604-3.

Rautanen, Juha. 2009. Biokaasua kuivamädätysmenetelmällä. [Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu] [viitattu 10.11.2011] 2, 3, 12, 14 s. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=100394&lan=fi>.

Riimupiiri. Tiedotteita. [Riimupiirin www-sivu] [viitattu 4.11.2011] Saatavissa: <http://www.riimupiiri.fi/riimupiiri-tiedottaa/>.

Saarinen, Elina. 2008. Tuubikompostoinnista ratkaisu pienten tallien lantaongelmaan? Uusiouutiset [verkkolehti] nro 19, [viitattu 30.9.2011] Saatavissa: http://www.uusiouutiset.fi/pdf/uu2008_3_s07.pdf

Schäfer, Winfried ja Lehto, Marja. 2005. Kuivamädätys tuottaa lämpöä ja lannoitetta. [verkkodokumentti] [viitattu 11.11.2011] Saatavissa: <http://www.mtt.fi/koetoiminta/pdf/mtt-kjak-v62n01s02d.pdf>.

Suomen Hippos ry. 2010. Hevoskannan kehitys maassamme 1910-2010. [verkkodokumentti] [viitattu 9.10..2011] Saatavissa: http://www.hippos.fi/files/475/hevoskannan_kehitys_2011.pdf.

SWEBO Bioenergy. 2008. Industri: Produkter: SWEBO Biotherm. [SWEBO Bioenergyn www-sivu] [viitattu 4.9.2011] Saatavissa: <http://www.swebo.com/industri/produkter/swebo-biotherm.html>.

Tuominen, Kirsi. 2008. Kaikki kompostoinnista. Karisto Oy:n Kirjapaino, Helsinki 2008. 30, 31 s. ISBN 978-952-492-158-9.

Valtioneuvoston asetus maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamisesta (931/2000)

Valtioneuvoston asetus ympäristösuojeluasetuksen muuttamisesta (363/2003)

Yleisempien jätteiden ja ongelmajätteiden luettelo (1129/2001)

Ympäristönsuojeluasetus (169/2000)

Ympäristönsuojelulaki (86/2000)

Yrjäksen tila. Lantahuolto ja vaihtolavat. [Yrjäksen tilan www-sivu] [viitattu 3.11.2011]

Saatavissa: <http://www.yrjaksentila.fi/10>

Lantahuollon kustannukset: (Arvot laskettu Yrjäksi tilan hinnaston mukaan)

Lantaa syntyy vuodessa:

Hevosia	5
Lantaa + kuiviketta/ hevonen	12 m ³ /a
Lantaa + kuiviketta yhteensä	60 m³/a

Vaihtolava	25 m ³
Vuokra	161 €/kk
Lavan tuonti ja/tai tyhjennys	12 €/m ³

Tallille otetaan 1 vaihtolava

Vaihtolavan vuokra vuodessa 1932 €/a

Lavojen tyhjennysväli	
Tyhjennys/kertaa vuodessa	2,4

1 lavan tuonti	300 €
1 lavan tyhjennys	720 €/a

Lantahuollon vuosikulut yhteensä 2652 €/a

Hevosia	5	10	15	20	25	30
Lantaa syntyy vuodessa [m ³ /a]	60	120	180	240	300	360
Lavan tyhjennys kertoja vuodessa	2,4	4,8	7,2	9,6	12	14,4
Lavan tyhjennys vuodessa [€/a]	720	1440	2160	2880	3600	4320
Lantahuollon vuosikulut yhteensä [€/a]	2652	3372	4092	4812	5532	6252

Hevosenlannan mädätyksen laskennallinen hyöty

Hevonen tuottaa vuodessa lantaa	8 850 kg/a	
Yksi hevonen tuottaa biokaasua	525 m³/a	(taulukko 5)
Biokaasun keskimääräinen lämpöarvo	5 kWh/m³	
Mädätyksen hyötysuhteeksi arvioitu	60 %	
Biokaasusta saatava lämpöenergia	1 575 kWh/a 1,6 MWh/a	
Kaukolämmön myyntihinta, Energiamaksu	46,25 €/MWh	(Lappeenrannan energia Oy, 2011a)
Maakaasun myyntihinta	46,98 €/MWh	(Lappeenrannan energia Oy, 2011b)
Tuotetun lämmön arvo (kaukolämpö)	72,84 €/a	
Tuotetun lämmön arvo (maakaasu)	74,00 €/a	

Hevosia [kpl]	5	10	15	20	25	30
Biokaasua [m ³ /a]	2 625	5 250	7 875	10 500	13 125	15 750
Biokaasusta saatava lämpöenergia, $\eta = 60\%$ [MWh/a]	7,9	15,8	23,6	31,5	39,4	47,3
Tuotetun lämmön arvo [€/a]						
Kaukolämpö	364,2	728,4	1 092,7	1 456,9	1 821,1	2 185,3
Maakaasu	370,0	740,0	1 110,0	1 480,0	1 850,0	2 220,0

Hevoslannan polton laskennallinen hyöty

Yksi hevonen tuottaa lantaa vuodessa	8850 kg/a
Kostean lannan tehollinen lämpöarvo	4,52 MJ/kg 0,0013 MWh/kg
Hevoslannan polton hyötysuhteeksi arvioitu	60 %
Hevoslannan poltosta saatava lämpöenergia	6,67 MWh/a
Kaukolämmön myyntihinta, Energiamak-su	46,25 €/MWh (Lappeenrannan energia Oy, 2011a)

Hevosia [kpl]	5	10	15	20	25	30
Lantaa vuodessa [kg/a]	44 250	88 500	132 750	177 000	221 250	265 500
Lannasta saatava lämpöenergia, $\eta = 60\%$ [MWh/a]	33	67	100	133	167	200
Tuotetun lämmön arvo [€/a]	1 542	3 083	4 625	6 167	7 709	9 250

Tarvittava lantamäärä eri kattilatehoille

Kostean lannan lämpöarvo	4,52 MJ/kg 0,0013 MWh/kg 1,26 kWh/kg
Kosteassa lannassa kosteutta	65 %
Lantabrikettien ja -pellettien lämpöarvo	4,4 kWh/kg
Lantabriketeissä ja -pelleteissä kosteutta	8 %
Kattila käy	24 h
Hevonen tuottaa lantaa	8850 kg/a 24,25 kg/d
Kattilahyötysuhde	60 %

Kattilan teho [kW]	50	100	200	500	700	1000	2000
Kattilan tuottama lämpö vuorokaudessa [kWh]	1 200	2 400	4 800	12 000	16 800	24 000	48 000
Kattilan tarvitsema polttoaineteho, $\eta=60\%$ [kWh]	2 000	4 000	8 000	20 000	28 000	40 000	80 000
Kostea lanta							
Polttoainetehon vaatima lantamäärä [kg/d]	1 593	3 186	6 372	15 929	22 301	31 858	63 717
Tarvittava määrä hevosia [kpl]	66	131	263	657	920	1314	2628
Lantabriketti tai -pelletti							
Polttoainetehon vaatima brikettien/pellettien määrä [kg/d]	455	909	1 818	4 545	6 364	9 091	18 182
Briketeissä/pelleteissä täysin kuivaa lantaa, briketin/pelletin kosteus 8 % [kg]	418	836	1673	4182	5855	8364	16727
Briketöintiin/pelletöintiin tarvittava kostea lanta, kosteus 65 % [kg/d]	1 195	2 390	4 779	11 948	16 727	23 896	47 792
Tarvittava määrä hevosia [kpl]	49	99	197	493	690	986	1 971