



# Hevoslannan hyötykäyttö energiataloudessa ja talotekniikan sovelluksissa

Jenny Kovanen

OPINNÄYTETYÖ  
TOUKOKUU 2019

Talotekniikka  
LVI-talotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikka  
LVI-talotekniikka

KOVANEN, JENNY:

Hevoselannan hyötykäyttö energiataloudessa ja talotekniikan sovelluksissa

Opinnäytetyö 53 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Toukokuu 2019

---

Suomessa on noin 70 000 hevosta, jotka tuottavat yhteensä noin 500-700 000 kg hevosenlantaa vuodessa, josta vain 15-20 % hyödynnetään energiatuotantoon. Loput 85-80 % käytetään maanparannusaineena ja lannoitteena. Yhden omakotitalon lämmittämiseen vaaditaan vain kahden hevosen vuosittain tuottama lantamäärä.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia hevosenlannan hyötykäyttöä energiateollisuudessa, kohdennettuna talotekniikan sovelluksissa. Työssä selvitettiin, millaisia mahdollisuuksia hevosenlannalla on energiataloudessa nyt ja tulevaisuudessa. Työssä tutkittiin myös, onko hevosyrittäjien taloudellisesti kannattavaa investoida energiantuottojärjestelmään, joka muuttaa lannan esimerkiksi hevostilan lämmityksessä hyödynnettäväksi energiaksi. Hevosenlantaa voidaan hyödyntää eri tekniikoita ja menetelmiä käyttäen, joista jokaisella on omat hyötynsä ja haittansa.

Opinnäytetyön teoriaosuus sisältää aiheen verkkojulkaisuja, tuotevalmistajien tarjoamaa materiaalia ja lainsäädäntöä, joka kattaa aiheeseen liittyvät lait, säädökset ja asetukset. Työssä esiteltiin energiankäyttömahdollisuudet, hevosenlannan hyötykäyttö talotekniikassa, merkittävät aiheesta olevat kotimaiset tutkimukset ja hankkeet sekä hevosenlannan käsittelyn kannattavuus.

Hevosenlannan hyötykäyttöä energiataloudessa hillitsee sen suuret laiteinvestointikustannukset, minkä vuoksi hevosenlannan muuttaminen energiaksi on varsin kallista. Kalleimmat järjestelmät voivat maksaa jopa 300–550 000 €, halvimmat vain 10–15 000 €. Vuoden 2018 lopussa hevosenlannan polttoa koskevaan lakiin tuli muutoksia, mikä helpottaa tuotantoeläinten lannan polttamista alle 50 MW kattiloissa. Myönteinen muutos on myös se, ettei hevosenlannan polttoa enää katsota jätteenpoltoksi vaan energiatuotannoksi.

---

Asiasanat: bioenergia, energiatalous, hevosenlanta, lvi, lämmitys, talotekniikka

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services Engineering  
HVAC Building Services Engineering

KOVANEN, JENNY:

Use of Horse Manure in Energy Economy and in Building Services Applications

Bachelor's thesis 53 pages, appendices 2 pages

May 2019

---

There are about 70 000 horses in Finland producing a total amount of 500–700 000 kg of horse manure per year. Of this amount, only 15–20 % is used for energy production purposes. The remaining 85–80 % is used as a soil conditioner or fertiliser. It has been calculated that the amount of manure produced by two horses is enough to heat up one detached house.

The purpose of this thesis was to study the utilisation of horse manure in the energy sector, focused on building services applications. The thesis explored the potential of horse manure now and in future in energy economy. The feasibility of entrepreneurs investing in energy production systems that transform horse manure into energy was also studied. The product can be used for example in the heating of the farms. Horse manure can be taken advantage of by using different technologies and methods which every has its own benefits and disadvantages.

The theoretical part of the thesis includes online publications, materials provided by manufactures of products and equipment and legislation covering laws, acts and regulations. The thesis presented the possibilities of energy use, the utilisation of horse manure in building services applications, significant domestic research and projects done on this topic and the profitability of horse manure processing.

The use of horse manure in energy economy is controlled by its high equipment costs which makes it very expensive to convert horse manure into energy. The most expensive systems can cost up to 300–550 000 €, the cheapest only a 10–15 000 €. At the end of 2018, the law that regulates the incineration of horse manure was amended, which facilitates the burning of manure of farm animals in boilers of under 50 MW. A positive change is also that the incineration of horse manure is no longer considered to be waste incinerations but energy production.

---

Key words: bioenergy, energy economy, horse manure, hvac, heating, building services engineering

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	ENERGIANKÄYTÖN MAHDOLLISUUDET .....	8
	2.1 Biopolttoaine .....	8
	2.2 Biokaasutus eli mädätys .....	9
	2.3 Poltto.....	11
	2.4 Kaasutus ja pyrolyysi .....	13
	2.5 Lämmöntalteenotto .....	13
	2.5.1 Kuivikepatja .....	14
	2.5.2 Rumpukompostori .....	14
	2.6 Lämmönsaanti kompostoinnissa teoriassa .....	16
	2.7 Energiasisältö HevosVoima -mittauksissa .....	17
3	LAINSÄÄDÄNTÖ JA MUUT SÄÄDÖKSET .....	19
	3.1 Jätelaki (L 646/2011).....	19
	3.2 Valtioneuvoston asetus jätteen poltosta (A151/2013) .....	19
	3.2.1 Jätettä koskevat tiedot.....	20
	3.2.2 Poltto-olosuhteet.....	20
	3.2.3 Jätteenpolttolaitoksen varustelu .....	21
	3.2.4 Mittalaitteisto ja mittaukset .....	22
	3.2.5 Raja-arvot.....	22
	3.2.6 Polttojätteen käsittely.....	23
	3.3 Laki eläimistä saatavista sivutuotteista (L517/2015) .....	23
	3.4 Ympäristönsuojelulaki (L527/2014) .....	24
	3.5 Valtioneuvoston asetus keskisuurten energiatuotantoyksiköiden- ja laitosten ympäristönsuojeluvaatimuksista (1065/2017) .....	24
	3.6 Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta (1250/2014) .....	25
	3.7 Valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista (750/2013).....	26
	3.8 Tuotantoeläinten lannan käyttö polttoaineena polttoaineteholtaan enintään 50 MW:n kattiloissa .....	26
	3.8.1 Muutokset.....	27
	3.8.2 Sivutuotelainsäädäntö .....	27
	3.8.3 Ympäristönsuojelulaki.....	28
4	HEVOSENLANNAN HYÖTYKÄYTTÖ TALOTEKNIKKASSA .....	30
	4.1 Wiknerin Ratsutila .....	30
	4.2 Sakun talli .....	31

4.3	Ylä-Savon ammattiopisto .....	32
4.4	Pinewood Stables .....	33
5	TUTKIMUKSET JA HANKKEET .....	35
5.1	Fortum HorsePower .....	35
5.2	HELMET- Hevoselanta menestystarinoiksi .....	36
5.3	HevosWatti.....	37
6	KANNATTAVUUS.....	38
6.1	Lannoitteena .....	38
6.2	Kompostointi .....	38
6.3	Poltto.....	39
6.4	Lämmöntalteenotto .....	41
6.5	Mädätys .....	42
6.6	Yhteenveto.....	42
7	POHDINTA JA YHTEENVETO.....	45
	LÄHTEET.....	47
	LIITTEET .....	52
	Liite 1. Ilmaan johdettavien päästöjen raja-arvot.....	52
	Liite 2. Jäteveden syntyvien päästöjen raja-arvot .....	53

## ERITYISSANASTO ja YKSIKÖT

Bioenergia	Bioenergiaa eli biopolttoaineita saadaan metsissä, soilla ja pelloilla kasvavista biomassoista sekä yhdyskuntien, maatalouden ja teollisuuden energian tuotantoon soveltuvista orgaanisista kiinteistä, nestemäisistä ja kaasumaisista biojätteistä.
Biomassa	Biomassa on ainesta, joka koostuu kokonaan tai osittain kasviperäisestä aineksesta ja voidaan käyttää polttoaineena energiatuotannossa
Jätteenpolttolaitos	Laitos, jossa poltetaan jätettä
Kuivikelanta	Lanta, joka sisältää lannan lisäksi myös jotakin kuivikeainetta
MJ/Nm <sup>3</sup>	Polttoaineiden ja kaasujen yhteydessä käytettävä yksikkö, joka ilmaisee megajoulea normaalikuutiometriä kohden
n	Ilmaisee normaaliolosuhteet tietyssä paineessa ja lämpötilassa ja on yleensä yksikön lopussa sulussa
PIPO-asetus	Pienten Polttolaitosten asetus
Tuotantoeläin	Eläin, jota pidetään ihmisen toimesta ja käytetään elintarvikkeiden tai muiden eläimistä saatavien tuotteiden tai hyödykkeiden tuottamiseksi, mukaan lukien hevoseläimet

## 1 JOHDANTO

Suomessa on arviolta noin 70 000 hevosta, jotka jakautuvat noin 16 000 tallille ympäri Suomea. Iso hevonen ulostaa noin 17 m<sup>3</sup> kuivikelantaa ja pieni poni noin 8 m<sup>2</sup>. Tämä tietää jotakuinkin 500 000-700 000 kg hevosenlantaa vuodessa. Mihin kaikki tämä lanta sitten joutuu?

Noin kahden hevosen tuottama lantamäärä riittäisi kattamaan yhden omakotitalon vuotuisen lämmitystarpeen. Kuitenkin tästä 500 - 700 000 kg energiatuotantoon käytetään tällä hetkellä maksimissaan 100 000 kg, joka on vain 15-20 % tuotetusta määrästä. Suurin osa hevosenlannasta käytetään edelleen maanparannusaineena sellaisenaan tai kompostoituna. Hevosenlannan päätymistä energiaksi on hillinnyt tiukka lainsäädäntö, joka aina marraskuu 2018 loppuun asti määritteli tiukkaan tuotantoeläinten lannan käyttöä polttoaineena koskevat seikat. Helpotus jätteenpolttolakiin antaa mahdollisuuden pienemmillekin toimijoille polttaa hevosenlantansa.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan hevosenlannan potentiaalia energiataloudessa ja sen käyttömahdollisuuksia ja tulevaisuutta maailmassa, jossa uusiutuvien energialähteiden etsiminen ja kehitys on kiivasta. Fossiilisten polttoaineiden käytölle on etsittävä vaihtoehtoisia ratkaisuja, tukemaan ja korvaamaan nykyisiä toimintaratkaisuja- ja malleja sekä kehittämään uusia.

Opinnäytetyössä tutkitaan kuinka tuotantoeläinten lannan käyttöä koskeva lakimuutos saattaa vaikuttaa hevosenlannan tulevaisuuteen energiatuotannon polttoaineena. Suuri kysymys kuitenkin on, onko lakimuutoksen jälkeenkään maatalayrittäjien taloudellisesti mahdollista polttaa oma hevosenlantaa, ja tulla näin ollen energiataloudellisesti omavaraisiksi?

## 2 ENERGIANKÄYTÖN MAHDOLLISUUDET

### 2.1 Biopolttoaine

Biopolttoaine on eloperäisestä aineesta valmistettu polttoaine, joka jalostetaan biomassasta. Biomassan raaka-aineita voi olla esimerkiksi selluloosa, öljypalmu tai lanta. Hevoselanta sisältää paljon energiaa. Yhden hevosen tuottama lantamäärä päivässä on vaikea arvioida, koska se riippuu hevosen fyysisistä ominaisuuksista (paino, ikä, koko, sukupuoli...) kuin myös aktiivisuudesta. Hevostietokeskuksen mukaan keskimäärin 500 kg ja säkäkorkeudeltaan 150 cm hevonen tuottaa noin 25 kg lantaa päivässä (virtsan osuus noin 20%). Tämä vastaa noin 30 kWh, joka taas vastaa noin kolmea litraa polttoöljyä. (Bioenergianeuvoja, 2019; Hevostietokeskus 2019)

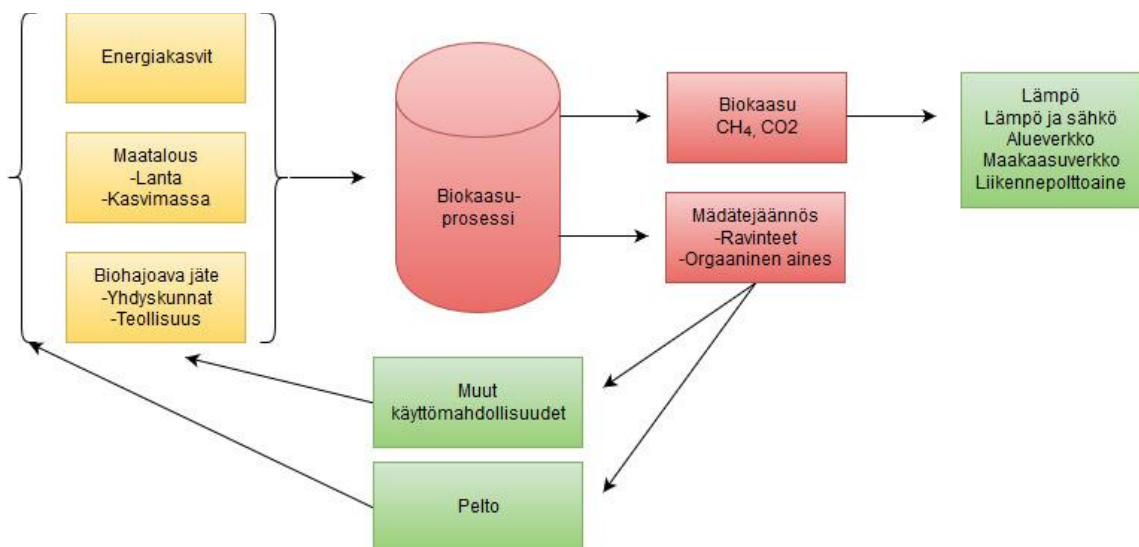
Biomassasta voidaan valmistaa biopolttoainetta, joka on ympäristöystävällisempi vaihtoehto fossiilisiin polttoaineisiin nähden. Tämäkin tosin on riippuvainen valmistustavasta ja materiaalista, kuten onko kaadettu sademetsää biopolttoainemateriaalin vuoksi. Kasvihuonekaasujen osalta biopolttoaine on varsin neutraali polttoaine, vaikka tästä syntyy hiukkaspäästöjä. Suomessa tärkeimpiä biopolttoaineita ovat puu ja turve. Lähivuosina on myös osoitettu kasvavaa kiinnostusta muita biopolttoaineita kohden kuten teollisuus- ja yhdyskuntajätteen ja lannan ja lietteen käyttöä kohtaan. (Bioenergianeuvoja, 2019; Energiamaailma, 2018.)

Hevoselantaa yksinään ja sellaisenaan ei voida polttaa ja näin ollen käyttää biopolttoaineena. Hevoselanta tulee usein ensin kuivata kuivikemateriaalilla sen korkean kosteusprosentin vuoksi, jota voi olla esimerkiksi sanomalehtipaperisilppu, turve tai päre. Kuiviketyyppi vaikuttaa olennaisesti hevosesta syntyvän jätteen kompostointiin kuin myös tallin ilmanlaatuun. Hevostietokeskuksen teettämän tutkimuksen mukaan turve sitoo kuivikevaihtoehtoista parhaiten nestettä ja liukoista typpeä, jonka takia se soveltuu erinomaisesti kompostointiin. Hevoselanta on myös mahdollista puristaa briketeiksi tai pelleteiksi. (Hevostietokeskus, 2019)

## 2.2 Biokaasutus eli mädätys

Lannan biokaasutus eli mädätys on menetelmä, jossa orgaanisesta aineksesta tuotetaan energiaa eli sähköä, lämpöä ja biometaania hapettomissa olosuhteissa mikrobeja hyväksikäyttäen. Eloperäiset materiaalit siis hajoavat hapettomassa ja tarpeeksi lämpimässä ympäristössä ja tämän lopputuloksena saadaan biokaasua, joka on noin 60 % metaania ja 40 % hiilidioksidia sekä mädätyslietettä. Hevonen tuottaa keskimäärin 525 m<sup>3</sup> biokaasua vuodessa lantansa avulla.

Biokaasuprosessi on kuvattu alla olevassa kaaviossa. Pelloilta saadaan materiaali, joka on kaaviossa ilmaistu keltaisella pohjalla. Tämä materiaali menee hyödynnettäväksi biokaasuprosessiin, jossa siitä syntyy biokaasua ja mädätyslietettä. Biokaasua voidaan hyödyntää mm. lämmitykseen, sähköön, alueverkkoon, maakaasuverkkoon ja liikenteenpolttoaineeksi. Jäljelle jäävä mädätejäännös, joka koostuu lähinnä ravinteista ja orgaanisesta aineesta voidaan palauttaa takaisin pellolle tai hyödyntää muihin käyttötarkoituksiin.

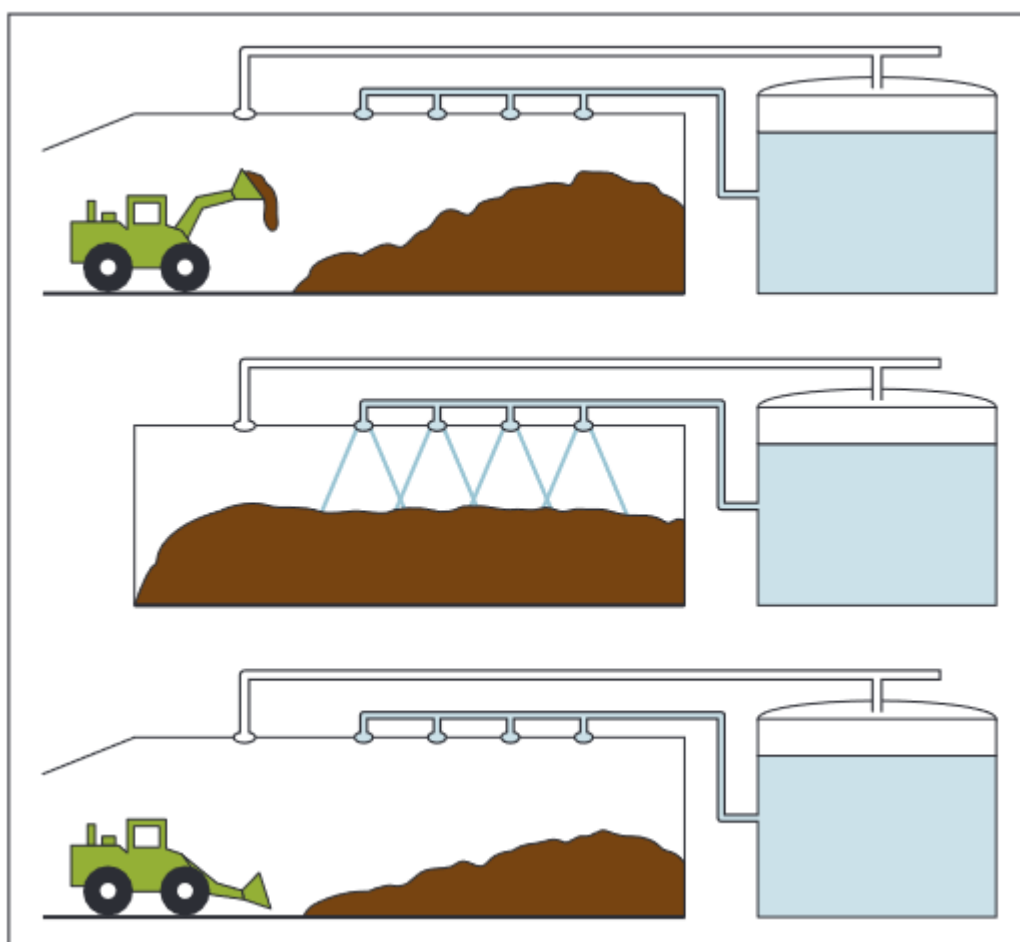


KUVIO 1. Biokaasuprosessin kulku

Mädätys voidaan suorittaa joko märkä- tai kuivaprosessina. Hevosenlannan kuiva-ainepitoisuuden vuoksi (noin 35 %), se soveltuu parhaiten käytettäväksi kuivaprosessiin, jossa mädätettävän materiaalin kuiva-ainepitoisuus vaihtelee välillä 25-50 %. Vastaavasti naudanalannan kuiva-ainepitoisuus on 10 % ja sianlannan 7 %. Lannan lisäksi biokaasun materiaaliksi kelpaa myös kasvituotannon

jätteet, ympäristöhoidolliset kasvit, peltobiomassat (energiakasvit) sekä muu lanta ja lietteet. (Hippolis, 2012)

Kuivamädätys on ehkä hiukan harhaanjohtava nimi sikäli, että myös siinä käytetään oleellisesti hyväksi nestettä. Kuivamädätyksessä mädätettävän lannan päälle pumpataan kierrätettävää nestettä mädätyskammion katossa olevasta suihkusuukappaleesta. Neste ja sen liuottamat aineet valuvat syötekerrosten läpi. Suodattunut neste kootaan ja pumpataan takaisin materiaalin päälle. Tämä prosessi on kuvattu alla olevassa, Motivan laatimassa kuvassa (Motiva, 2013)



KUVA 1. Kuivamädätysprosessi (Motiva, 2013)

Suomessa maatilakohtaiset biokaasulaitokset ovat herättäneet kiinnostusta. Maatiloita kiinnostaa olla energiaomavaraisia ja huomioida ympäristö toiminnassaan, joka muuttuu koko ajan ympäristökeskeisemmäksi. Myös kaasun käyttäminen ajoneuvoissa kiinnostaa. Biokaasulaitosten etuina voidaan pitää mahdollisuutta kierrättää jäte, hajuhaittojen minimointi ja kasvihuonekaasujen minimointi.

Taulukosta 1 nähdään Demeca Oy:n Metaenergia biokaasulaitoksen energiatuotannon numeroina. (Demeca Oy, 2018)

Energiantuotanto		
CHP (sähköteho)	20-200	kW
CHP (lämpöteho)	40-400	kW
Lämmityskattila	80-500	kW
Biometaanin tuotanto	20 000-180 000	kg/vuosi
vastaa bensiiniä/dieseliä	27 000-250 000	l/vuosi

TAULUKKO 1. Demeca Oy: n Metaenergia biokaasulaitos numeroina

Biokaasulaitoksen investointikustannukset ovat kuitenkin mittavat, noin 250 000 € ylöspäin. Demeca Oy, joka valmistaa ja toimittaa biokaasulaitoksia tarjoaa CHP (Combined Heat and Power) -laitoksia sähkön- ja lämmön tuotantoon 300 000-500 000 € alkaen, noin 6-12 vuoden takaisinmaksuajalla. On itsestäänselvyys, että pienille hevostilallisille ei ole kenties järkevää lähteä tämän kaltaiseen investointiin mukaan. On todennäköistä, että pienten hevosyrittäjien tuottama lantamäärä ei edes riittäisi pyörittämään biokaasulaitosta. Sen sijaan isoilla toimijoilla, joilla on sähkön ja lämmityksen tarve, että myös hevosvoimaa talleissa voi biokaasulaitoksen rakentaminen olla varteenotettava vaihtoehto. (Hippolis, 2012; Demeca Oy, 2018)

### 2.3 Poltto

Myös jätteenpolttomaatiloilla on herättänyt kiinnostusta jo pitkään. Jätteenpolttolaitoksen kalleus ja tähän asti tietenkin lainsäädäntö on hillinnyt laitosten rakentamisintoa. Polttoprosessi on yksinkertainen palamisprosessi, jossa palaminen on eksoterminen eli lämpöä vapauttava reaktio, jossa polttamisprosessissa happi yhtyy poltettavaan materiaaliin ja vapauttaa runsaasti lämpöenergiaa synnyttäen hiilidioksidia ja vettä.

Alla olevassa taulukko 2 :ssa Jasmin Lehtisen Pro Gradu - tutkielmasta muodostettu taulukko, josta näkee hevosen lannan tuottaman energiamäärän kWh / päi-

vässä kuin myös kuivikkeen vaikutuksen hevosenlannan poltossa ja sen lämpöarvon muodostumisessa. Polttamiseen soveltuvat parhaiten puupohjaiset kuivikkeet, sillä ne omaavat korkeimmat lämpöarvot eivätkä vahingoita kattiloita kuten esim. korkean alkalipitoisuuden omaavat olkikuivikkeet.

Hevosen paino (kg)	Lantamäärä (m <sup>3</sup> /a)	Kuivike	Kuivikelannan tehollinen lämpöarvo (kWh/kg)	Hevosen tuottama energia (kWh/pv)
375	16	Turve	1,13	18,6
375	16	Olki	2,47	40,6
375	16	Kutterinpuru	1,91	31,4

TAULUKKO 2. Hevosenlannan polttamisen kuivikkeen suhde lannan tuottamaan energiamäärään (Lehtinen, J. 2018)

Suurin ongelma yksityisissä, tallikohtaisissa jätteenpolttolaitoksissa on hintalappu, joka on osaksi lakipykälien sanelema. Suomessa pienempiä polttokattiloita valmistaa mm. Arterm Oy, jonka BioComp biolämmityskattiloita saa kokoluokissa 40-130 kW. Nämäkään eivät kuitenkaan tule ilmaiseksi vaan kattilan investointikustannukset esimerkiksi BioComp 60 mallille ovat noin 29 000 € sisältäen biopolttoainekattilan, biopolttimen, lisälaitteet ja alvin. Tämän lisäksi asennuskustannus on 5 000-10 000 €, joka nostaa kokonaisinvestoinnin noin 34-39 000 €. Tämän suuruinen investointi on varsin mittava pienille hevosilallisille ja epäkäytännöllinen, koska poltettavaa lantaa ei todennäköisesti syntyisi tarpeeksi poltettavaksi. (Valta, J. 2012; Oksala, J. 2018, Tanskanen, R. 2018)

Varsinkin hevosenlannan polttoa säätelee tarkoin eri lakipykälät, joihin tulee perehtyä ennen polttolaitoksen suunnittelua tai toiminnan aloittamista. Laki eläimistä saatavista sivutuotteista määrittelee hevosen lannan eläinperäiseksi sivutuotteeksi kuin myös jätteeksi. Valtioneuvoston asetus jätteen poltosta taas määrittelee mm. missä olosuhteissa jätettä voidaan polttaa. Asetus määrää, että jätteenpolttolaitos ja rinnakkaispolttolaitos on varustettava mittalaitteistolla, joka kykenee seuraamaan ajantasaisesti polttoprosessiin vaikuttavia tekijöitä. Tämä mittalaitteisto on vuonna 2003 maksanut jopa 140-160 000 €. Mittalaitteisto tulee tarkastaa viranomaisen toimesta kerran vuodessa ja kalibroida kolmen vuoden välein. Mittauskerrat voivat parhaimmillaan maksaa useampia tuhansia euroja.

Lainsäädäntöä käsitellään tarkemmin kappaleessa 3. (Hippolis, 2013; Finlex, 2018; Turunen, H. 2018)

## 2.4 Kaasutus ja pyrolyysi

Kaasutuksessa kiinteää polttoainetta muutetaan kaasumaiseen muotoon polttamalla tätä ali-ilmalla 800-1000 °C, jolloin kaikki palava aines ei pääse hapettumaan ja hapettumatta jääneet kaasut muodostavat tuotekaasua. Reaktiot ja syntyvät lopputuotteet riippuvat kaasutettavasta aineesta ja sen ominaisuuksista, mutta pääasiassa syntyvä polttokaasu on vetyä ja hiilimonoksidia. Hevosenlannan suuren kosteusprosentin (noin 65 %) vuoksi se tulisi kuivata ennen kaasutusta, paras tuotekaasu syntyy polttoaineen kosteuden ollessa alle 50 %. Ilmalla poltetun tuotekaasun lämpöarvo on 6 MJ/Nm<sup>3</sup> ja puhtaalla hapella poltetun noin 10-12 MJ/Nm<sup>3</sup>, hevosenlannan kaasuntuotto vuodessa on noin 3,3 MWh/hevonen. Kaasutusprosessista saatava tuotto voidaan käyttää hyväksi sähkö ja lämmöntuotannossa kuin myös biopolttoaineena. Lopputuotteena syntyvä hiili voidaan hyödyntää lannoitteena. (Hippolis, 2019; Lehtinen, J. 2018; Oksala, J. 2018)

Pyrolyysissa lanta palaa hapettomassa tilassa synnyttäen lämpöä ja tunnetaan kemianteollisuudessa nimellä kuivatislaus. Pyrolyysissa orgaanisia kiinteitä aineita hajotetaan kuumentamalla ainetta ilman hapen tai avoimen liekin läsnäoloa joko hitaassa (lämpötila 400-800 °C) tai nopeassa prosessissa (lämpötila yli 650 °C). Matalammassa lämpötilassa viipymäaika reaktorissa on pitempi ja näin ollen pyrolyysissa muodostuu enemmän tervaa ja puuhiiltä, mutta vähemmän kaasuja kuin nopeassa prosessissa. Hidas pyrolyysi soveltuu energian, biohiilen ja nesteiden tuotantoon. Lopputuotteena syntyy tiivistyneitä kaasuja, joita voidaan tiivistää bioöljyksi, joita voidaan hyödyntää liikenneajoneuvojen tai CHP-laitosten polttoaineena. (Lehtinen, J. 2018)

## 2.5 Lämmöntalteenotto

Yksi kaikenkokoisille talleille sopiva lannanhyödyntämistapa on lämmöntalteenotto. Tässä käsitellään lämmöntalteenotto kuivikepatjan ja rumpukompostorin kautta.

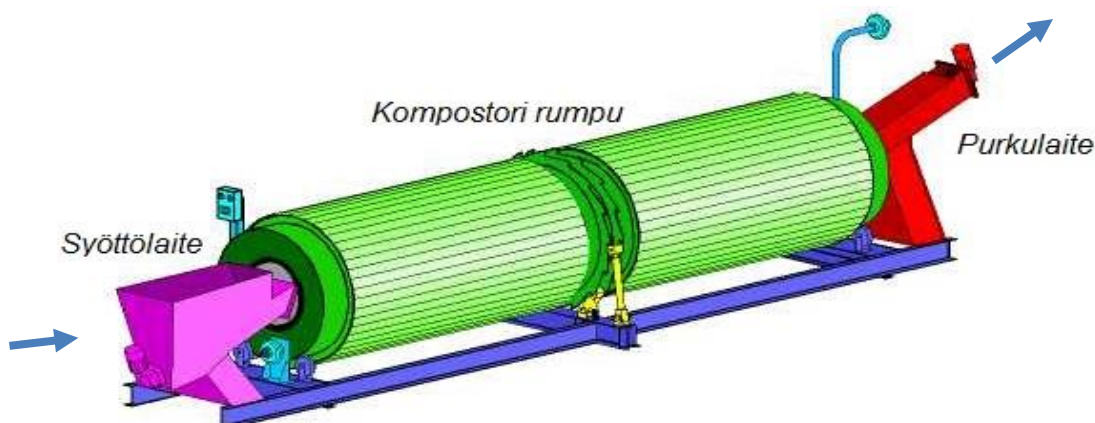
### 2.5.1 Kuivikepatja

Lämmöntalteenotto lantalasta ja / tai karsinatalleista on mahdollista pienemmissäkin talleissa, mikäli kuivikepatjan käyttö on mahdollista. Kuiviketta voidaan lisätä tilaan päivittäin ja tyhjennetään tietyin väliajoin, kuten kolmen kuukauden välein. Maatuminen tuottaa lämpöä kuivikepatjassa, joka voi kohota +40-60 °C (kuivikkeena olkipelletti) asteeseen ja siirtyy siitä eteenpäin alla kiertävään lämmitysjärjestelmään.

Karsinoissa lattianpinta valetaan käytävää matalammaksi, jotta kuivikepatja ei muodostaisi korkeuseroa karsinan ja käytävän välille. Kuivikepatjojen alla olevan betonivalun alla kiertää nestekiertoinenlämmitysjärjestelmä (usein vesi tai vesiglykoli), johon kuivikepatjaan varastoitunut lämpö siirtyy. Putket asennetaan eristekerroksen päälle. Vesikiertopumppu saa virtaavan aineen kiertämään happidifфуsiosuojatuissaputkissa (noin 18-20 mm halkaisijaltaan) ja lämmittämään halutut tilat, joita usein ovat tallin sosiaali- ja varastotilat. Varastoidulla lämmöllä voidaan myös lämmittää käyttövesi, mutta veden lämpötilan tulee pysyä yli +50 °C asteen, ettei legionella-bakteeria pääse muodostumaan. Käyttöveden lämpötilaa voidaan nostaa lämminvesivaraajan ja lämpövesipumpun avulla. Esimerkkejä vesikiertoisesta lämmöntalteenotosta löytyy kappaleesta 4. (Lehtinen, J. 2018)

### 2.5.2 Rumpukompostori

Rumpukompostoinnissa kompostointiprosessi tuottaa lämpöä sylinterinmuotoisessa säiliössä, joka pyörii oman akselinsa ympäri sekoittaen sisällään olevaa ainesta. Kuvasta 2 näkee yksinkertaistettuna rumpukompostorin rakenteen.



KUVA 2. Rumpukompostorin rakenne (Jyrkinen, 2019)

Sekoitettava aines syötetään tasokuljettimille, jotka vievät aineen rumpuun, joka on tyypillisesti 30-80 m<sup>3</sup> tilavuudeltaan. Ilmaa otetaan rummun päätylaippojen kautta ja pyörimisen aikana massa sekoittuu ja siirtyy rummun sisällä. Kompostoinnissa oikealla lämpötilalla ja kosteudella on suuri rooli ja tätä säädellään pyörimisnopeuden avulla. Hevoselantaa käsitellään rumpukompostoreissa noin 7-10 päivää. Rumpu ei välttämättä pyöri koko tätä aikaa, vaan esim. Hingunniemen Ylä-Savon ammattiopiston koulutilan rumpukompostori on ohjelmoitu pyörimään 12 minuuttia kolmen tunnin välein. Tällaisilla asetuksilla ammattiopiston energiantuotto vuodessa on noin 40 000 kWh, kun lämpöpumpun teho on 15 kW, 4,0-4,5 lämpökertoimella. Ammattiopisto arvioi rumpukompostorin sähkönkulutuksen olevan luokkaa 20 000 kWh. (Hippolis, 2019; Oksala, J. 2019, Savonia ammattikorkeakoulu, 2013)

Kompostoiduttuaan lanta purkautuu purkuruuvien kautta lavalle tai muuhun haluttuun tilaan jälkikypsytykseen. Tästä prosessista vapautuva lämpöenergia voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi lämmitykseen. Rumpukompostori vaatii itse kompostorin ja sen syöttö- ja poistolaitteiston lisäksi lämmöntalteenottojärjestelmän, johon kuuluu lämpöpumppu, lämminvesivaraaja, lämmönvaihdin ja putket. Lämpöpumppuna voi toimia myös maalämpöpumppu.

Järjestelmän hienous on sen helppohoitoisuus, mutta se ei kuitenkaan ratkaise lannanhuolto-ongelmaa, vaikka leikkaakin lämmityskustannuksia, koska loppu-

tuote ei kuitenkaan katoa mihinkään. Lantalaa ei kuitenkaan tarvita sillä lanta voidaan syöttää suoraan rumpuun ja ulos tulevan lopputuotteen tilavuus on noin 30-50 % pienempi. (Oksala, J. 2018)

## 2.6 Lämmönsaanti kompostoinnissa teoriassa

Kompostoitueessaan orgaaninen aines tuottaa hajotessaan lämpöenergiaa, niin myös hevosen lanta. Tätä voidaan käyttää hyväksi monissa eri tekniikoissa, jotka perustuvat kompostointiin kuten kuivikepatjan ja rumpukompostorin yhteydessä.

Kompostoitueessaan vapautuva lämpö siirtyy kuumemmasta kylmempään päin eli lämmönlähteestä yleensä nesteeseen, joka on yleensä lämmönkeruuputkissa kiertävä vesi tai glykoli.

Kompostoitumisen ja talli-ilmastoinnin kannalta mielekkäin vaihtoehto on käyttää turvetta kuivikkeena, joten käytämme tehollisena lämpöarvona 15,75 MJ/kg eli 4,38 kWh/kg. On kuitenkin muistettava, että kompostoituminen on hidas prosessi. Lopullinen hajoaminen tapahtuu ajan kuluessa, jonka aikana komposti jäähtyy. Lisäksi kompostoitumisprosessissa tapahtuu nitrifikaatiota, joka on typpiyhdisteiden eriasteista hajoamista. Oletetaan kumminkin, että vähintään 50 % kompostilämmöstä muuttuisi lämmöksi. (Melasniemi, H-M, 2015)

Hevonen tuottaa noin 9000 kg kuivikelantaa vuodessa, mikä tietää noin 24,7 kg/vrk. Kosteusprosentti hevosenlannalle on jotakuinkin 65 %, josta kuivikkeen osuus (turpeen) on noin 35 % eli 3150 kg vuodessa. Hyödyntäen näitä tietoja, voimme siis arvioida, että vuositasolla turvelannan tuotto olisi noin 50 000 MJ, kompostilämmön 50 % hyötysuhteella noin 25 000 MJ, joka vastaa noin 7000 kWh per hevonen / vuosi eli 2,2 kWh/kg (ka).

Täytyy kuitenkin huomioida hevosenlannan suuri kosteusprosentti, joka näissä laskelmissa on 65 %. Näin ollen saamme, että käyttökelpoinen kompostilämmön-tuotto olisi 0,77 kWh/kg. Kuiviketyypillä on suuri merkitys kompostointiprosessiin ja siihen, kuinka nopeasti lanta hajoaa. (Hevostietokeskus, 2018; Turunen, H., 2013)

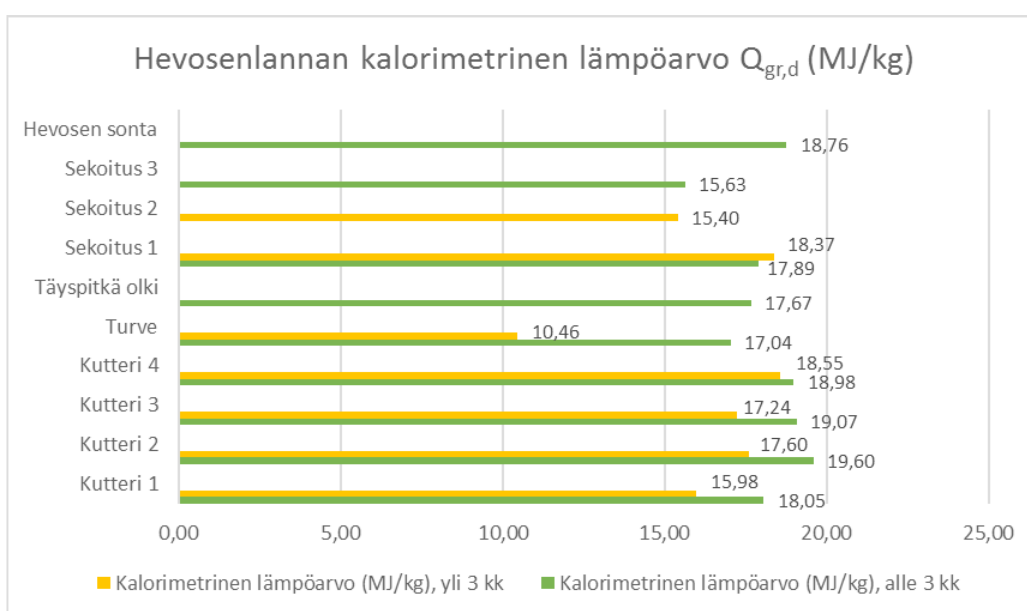
Eläin	Lanta määrä (kg / vrk)	Lanta määrä (kg/vuodessa)	Turpeen osuus (kg)	Komposti- lämpö (kWh/a)	Kompostilämpö huom. kosteus per hevonen (kW)
Hevonen	24,7	9 000	3 150	7000	0,77

TAULUKKO 3. Lämmönsaanti kompostointiprosessissa teoriassa

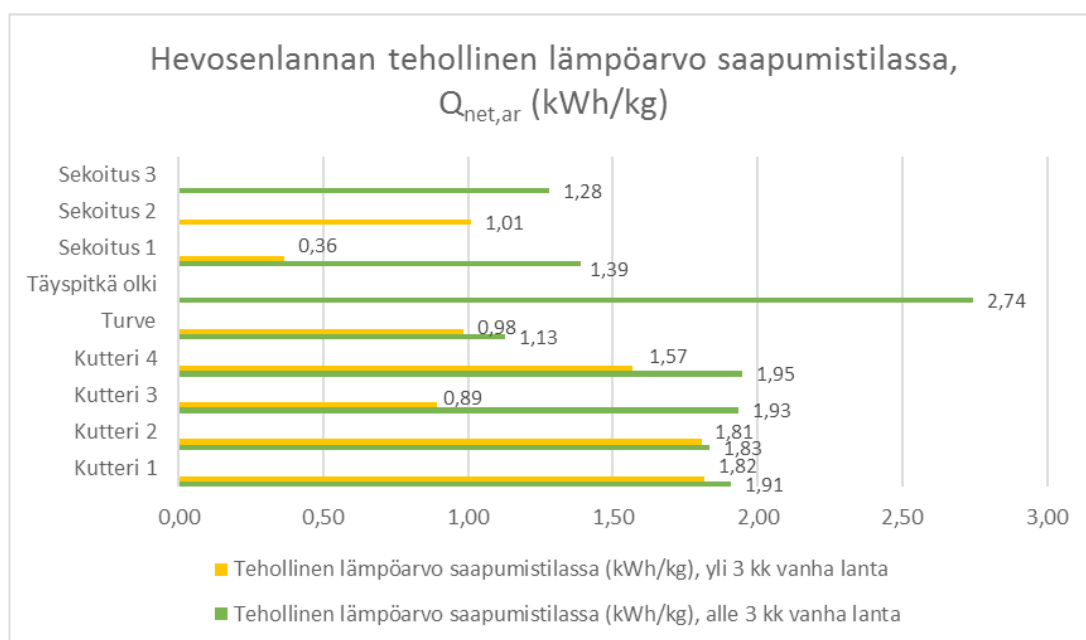
## 2.7 Energiasisältö HevosWoima -mittauksissa

Hevosen kuivikelanta on energiarikasta. Vuonna 2016 Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun XAMKin tekemän HevosWoima-hankkeen yhteydessä analysoitiin 30 hevosenlanta näytettä Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun ympäristölaboratoriossa juuri kalibroidulla Parr 6200 pommikalorimetrialaitteistolla. Hevosenlanta puristettiin tableteiksi 3 baarin painetta käyttäen, 0,6-1,3 gramman painoisiksi. Alla olevista kuvista 3-4 nähdään hevosenlanta näytteiden kalorimetriset ja teholliset lämpöarvotulokset, jotka HevosWoima-hankkeen mittauksissa saavutettiin.

Kuvan tuloksissa esitetään tallikohtaiset, käytetyn kuivikkeen ja lannan säilytysajan mukaan jaoteltuna. Tarkastelussa on yhteensä eri hevostalleilta kahdeksan alle 3 kuukautta säilytettyä, seitsemän yli 3 kuukautta säilytettyä hevosenlantanäytettä ja yksi puhdas hevosen lanta näyte. (Tanskanen, R., 2017)



KUVA 3. Hevosenlannan kalorimetrinen lämpöarvo (Tanskanen, R., 2017)



KUVA 4. Hevosenlannan tehollinen lämpöarvo saapumistilassa kWh/kg muunnettuina (Tanskanen, R., 2017)

### **3 LAINSÄÄDÄNTÖ JA MUUT SÄÄDÖKSET**

Tässä luvussa käsitellään hevosenlannan hyötykäytön kannalta oleellisin lait, säädökset ja standardit. Luvussa myös kerrotaan vastikään tulleen lakimuutoksen vaikutuksista.

#### **3.1 Jätelaki (L 646/2011)**

Jätelain tarkoitus on ” ehkäistä jätteistä ja jätehuollosta aiheutuvaa vaaraa ja haittaa terveydelle ja ympäristölle sekä vähentää jätteen määrää ja haitallisuutta, edistää luonnonvarojen kestävästä käyttöä, varmistaa toimiva jätehuolto ja ehkäistä roskaantumista” (Jätelaki L646/2011). Lakia sovelletaan kaikkiin tuotteisiin ja toimintoihin, joista syntyy jätettä koskien myös jätehuoltoa ja jätteitä itseään, tietyin rajoituksin.

Jätelakia ei pääsääntöisesti sovelleta eläimistä saataviin sivutuotteisiin kuten lantaan, poikkeuksena sivutuotteet, jotka viedään poltettavaksi tai biolaitokseen käsiteltäviksi, kuten biokaasu- tai kompostointilaitoksiin.

Vaikka tätä lakia ei sovelleta suoraan hevosenlannan polttoon, nostan esiin Jätelain luvussa 2, pykälän 8 §. Pykälässä 8 käsitellään yleistä velvollisuutta noudattaa etusijajärjestystä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että ensisijaisesti on pyrittävä vähentämään syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta, ja jätteen syntyessä, on se ensisijaisesti uudelleenkäytettävä ja vasta toissijaisesti kierrätettävä. Voimme siis todeta, että jätelaki ajaisi hevosenlannan hyötykäyttöä muunakin kuin maanrakennusaineena. (Jätelaki L646/2011, Ympäristöministeriö)

#### **3.2 Valtioneuvoston asetus jätteen poltosta (A151/2013)**

Valtioneuvoston asetusta jätteenpoltosta säädetään ympäristösuojelulain ja jätelain nojalla. Asetusta sovelletaan ympäristölaissa määritettyyn jätteenpolttolaitokseen ja jätteen rinnakkaispolttolaitokseen pykälän 107 § 2 momentissa säädetyin poikkeuksin. Ympäristösuojelulain 527/2014 107 §:n 1 momentissa poikkeuksen

edellytyksenä on, että samaisen pykälän 2 momentissa tarkoitettu kaasu, joka ei ole enää jätellä eikä sisällä epäpuhtauksia kuten hiukkasia tai metalleja energiasisällön mukaan laskettuna enempää kuin maakaasu tai muu yleisesti käytössä oleva kaasumaisessa muodossa oleva polttoaine. Lisäksi, puhdistetun kaasun polttamisessa syntyvien savukaasujen puhdistaminen ei saa vaatia lisätoimia terveyden ja ympäristön suojelemiseksi, verrattuna maakaasun puhdistamisessa ja polttamisessa aiheutuviin savukaasuihin.

### **3.2.1 Jätettä koskevat tiedot**

Tämän asetuksen pykälässä 5 määritellään jätteenpoltoille, sen toiminnalle ja päästöille vaatimukset. Vaarallisista jätteistä on oltava tiedot fysikaalisista ominaisuuksista ja mahdollisuuksien mukaan kemiallisesta koostumuksesta ja soveltuvuudesta polttamiseen.

Momentin 1 ja 2 säädökset voidaan jättää kuitenkin noudattamatta, jos jäte on syntynyt toiminnanharjoittajan omassa toiminnassa ja jätteenpolto tapahtuu jätteenpolttolaitoksessa jätteen syntypaikalla. Ympäristöluvalla on varmistettava, että tätä asetusta noudatetaan muutoin. (5 §, Valtioneuvoston asetus jätteen poltosta, Ympäristöministeriö)

### **3.2.2 Poltto-olosuhteet**

Poltto-olosuhteista asetuksessa mainitaan, että palamisen tulee olla mahdollisimman täydellistä niin, että kuonassa ja pohjatuhkassa olevan orgaanisen hiilen kokonaismäärä on alle kolme prosenttia tai hehkutushäviö alle viisi prosenttia aineksen kuivapainosta.

Jätteenpolttolaitoksen ja jätteenrinnakkaispolttolaitoksen suunnittelussa, rakentamisessa, varustuksessa ja käytössä on huomioitava tietyt lämpötilaolosuhteet. Savukaasun lämpötilaa nostetaan valvotusti. Homogeenisesti epäedullisimmisakin olosuhteissa lämpötilaa nostetaan vähintään 850 °C vähintään kahdeksi

sekunniksi. Kyseinen lämpötila on saavutettava polttoilman viimeisen syötön jälkeen. Lämpötila mitataan palamiskammion sisäseinän läheisyydestä tai muusta ympäristöluvassa määritetystä palamiskammion edustavasta kohdasta. (9§ Valtioneuvoston asetus jätteen poltosta, Ympäristöministeriö)

Näistä poltto-olosuhteista voidaan kuitenkin poiketa, jos jätteenpolttolaitoksessa poltetaan vain tiettyihin jäteluokkiin kuuluvia jätteitä tai käytetään vain tiettyjä lämpökäsittelyprosesseja mutta asetusta noudatetaan muilta osin. Epäpuhtauksien määrää koskevat rajat pysyvät kuitenkin voimassa.

Lämpötila on nostettava vähintään 1 100 °C vähintään kahdeksi sekunniksi, jos poltettavan vaarallisen jätteen halogenoitujen orgaanisten aineiden pitoisuus ylittää yhden prosentin kloorina ilmaistuna. (12§ Valtioneuvoston asetus jätteen poltosta, Ympäristöministeriö)

Poikkeuksellisissa käyttöolosuhteissa, joita ovat mm. häiriö ja huoltotoimenpiteet, polttouunissa ei saa jatkaa jätteen polttamista keskeyttämättä yli neljää tuntia niin että päästöjen raja-arvot ylittyvät. (27§ Valtioneuvoston asetus jätteen poltosta, Ympäristöministeriö)

### **3.2.3 Jätteenpolttolaitoksen varustelu**

Asetuksessa sanotaan seuraavanlaisesti jätteenpolttolaitoksen varustelusta. Jokainen polttokammio on varustettava vähintään yhdellä lisäpolttimella, joka kytkeytyy automaattisesti päälle, kun lämpötila laskee alle 850 °C. Vaarallista jätettä polttaessa, lisäpolttimen on käynnistytävä, kun lämpötila laskee alle 1 100 °C tai poltettavassa vaarallisessa jätteessä on enemmän kuin yksi prosentti orgaanisia halogenoituja aineita kloorina ilmaistuna.

Lisäpolttimeen ei saa syöttää polttoaineita, jotka voivat aiheuttaa suurempia päästöjä, kuin on valtioneuvoston asetuksessa 689/2006 säädetty. Polttoaineet eivät näin ollen saa aiheuttaa suurempia päästöjä rikkipitoisuudessa kuin raskas tai kevyt polttoöljy ja meriliikenteessä käytettävä kaasuöljy.

Palamiskammio on myös varustettava automaattisella järjestelmällä, joka tarvittaessa estää jätteen syöttämisen kammioon käynnistyksen ja polttamisen aikana, kunnes savukaasun lämpötila on saavuttanut 850 °C tai 1 100 °C tai kun jatkuvat mittaukset osoittavat, että jokin määritellyistä päästöjen raja-arvoista ylittyy.

Savukaasut tulee johtaa pois savupiipun kautta. Savupiipun korkeuden suunnitteluperusteina on, ettei savukaasut aiheuta pilaantumista tai muuta haittaa ympäristön ilmanlaadulle. (10-11 §, 13§, Valtioneuvoston asetus jätteen poltosta, Ympäristöministeriö)

### **3.2.4 Mittalaitteisto ja mittaukset**

Jätteenpolttolaitos ja jätteenrinnakkaispolttolaitos on varustettava tarvittavilla mittalaitteistoilla, jotka kykenevät seuraamaan polttoprosessiin vaikuttavia tekijöitä, sen olosuhteita ja päästöjä. Mittausjärjestelmän asennuksen ja toiminnan oikeellisuuden varmistaa valvontaviranomainen. Laitteistolle on tehtävä tarkastustestit kerran vuodessa ja kalibrointi ainakin kerran kolmessa vuodessa.

Käsiteltävän valtioneuvoston asetuksen Liitteessä 5 määritellään mitä mittauksia tulee suorittaa ilmaan ja veteen johdettavista päästöistä. Tässä kappaleessa ei käsitellä asiaa sen tarkemmin muuta kuin mainintana. Mittaustulokset on tallennettava, käsiteltävä ja esitettävä valvontaviranomaisen halutessaan ne tarkastaa. (17§, Valtioneuvoston asetus jätteen poltosta, Ympäristöministeriö)

### **3.2.5 Raja-arvot**

Ilmaan johdettavien päästöjen raja-arvot eivät saa ylittää raja-arvoja, jotka mainitaan asetuksen liitteessä 2. Raja-arvojen laskentaperusteet ovat niin, että lämpötila on 273,15 K ja paine 101,3 kPa.

Ilmaan johdettavien päästöjen vuorokausikeskiraja-arvoja löytyy tämän opinnäytteen Liite 1:stä, joka on muodostettu Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta, Liite 2: n perusteella. Vuorokausikeskiarvoa esittäessä saa vuorokaudessa hylätä enintään viisi puolen tunnin keskiarvoa huollon tai toimintahäiriön vuoksi ja enintään kymmenen vuorokausikeskiarvoa jatkuvissa mittauksissa.

Ilmaan johdettavien hiukkaspäästöjen kokonaispitoisuus ei saa missään olosuhteissa ylittää 150 mg/m<sup>3</sup> (n) puolen tunnin keskiarviona ilmaistuna kuin ei myöskään hiilimonoksidin ja orgaanisen hiilen kokonaismäärän päästöjen raja-arvot.

Raja-arvot vesiin johdettavissa päästöissä on esitetty liitteessä 2 ja muodostettu edellä mainitun asetuksen liitteen 4 perusteella.

Lisää raja-arvoja ja kertoimia eri perustein ja aikamäärein löytyy Valtioneuvoston asetuksesta jätteen polttamisesta liitteistä 1-6. Liitteissä myös kerrotaan laskentaperusteet raja-arvoille. Raja-arvojen ylittyessä on asiasta ilmoitettava valvontaviranomaiselle.

(14-15§, 18-24§, Valtioneuvoston asetus jätteen poltosta, Ympäristöministeriö)

### **3.2.6 Polttojätteen käsittely**

Polttojätteen käsittelystä ei sanota paljoa. Valtioneuvoston asetus kuitenkin määrää, että polttojäte on mahdollisuuksien mukaan kierrätettävä välittömästi paikan päällä tai muualla niin kuin ympäristöluvassa on määritetty. Polttojätteen käsitteilytavan määrää polttojätteen fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet ja kuinka haitallinen polttojäte on ympäristölle.

Kuiva ja pölymäinen polttojäte kuten kattilan pohjalle kertyvä tuhka on kuljetettava ja välivarastoitava tarvittaessa säiliöissä niin, että sen joutuminen ympäristöön estetään.

### **3.3 Laki eläimistä saatavista sivutuotteista (L517/2015)**

Laki eläimistä saatavista sivutuotteista käsittelee kokonaisuudessaan nimensä mukaisesti eläimistä saatavia sivutuotteita ja minkälaisissa olosuhteissa näitä eläimiä tulee kohdella kuin myös terveys sääntöjä. Laissa määritellään esim. kuinka hävittää tuotantoeläimen ruho kuin myös mahdolliset rangaistustoimet, joita seuraa huolimattomuudesta ja tahallisuudesta. (Finlex, 2019)

Tämän lain mukaan eläimestä lähtöisin olevat sivutuotteet ovat ne osat eläimestä, jota ei käytetä ihmisravinnoksi. Esimerkiksi kuolleet eläimet, syömäkelvoton saastunut liha, nahka, luut, ruho tai eläimen suolensisältö eli lanta on eläimistä saatavaa sivutuotetta.

Eläimistä saatavat sivutuotteet ja niistä johdetut tuotteet luokitellaan erikseen kolmeen eri luokkaan. Luokkaan 1 kuuluu mm. saastunut, tarttunut ja vaaralliseksi todettu riskiaines, joka vaatii erityisiä tuhoamistoimia. Luokkaan 2 kuuluu mm. lanta ja ruuansulatuskanavan sisältö ja kaikki luokkaan 1 kuulumaton eläinperäinen aines. Luokkaan 3 kuuluu mm. teuraseläinten osat, jotka ovat ihmisravinnoksi kelpaavia, mutta lainsäädännöllisesti kelpaamattomia kuin myös osat, jotka eivät kelpaa ihmisravinnoksi, mutta joissa ei ole havaittu tartuntatautia, vuodat, nahat, sorkat ja veri. (Sivutuoteasetuksen luokitus, 2002)

### **3.4 Ympäristönsuojelulaki (L527/2014)**

Ympäristönsuojelulain tarkoitus on suojella ja varjella ympäristöä kuin myös ennaltaehkäistä ja vähentää luonnon pilaantumisesta aiheutuvia vaaroja. Laissa määritellään yleisiä velvollisuuksia, periaatteita ja kieltoja kuten mitkä ovat viranomaisten velvollisuudet ja lupamenettelyjen oikeellisuudet.

Ympäristönsuojelulain tärkein pykälä on 221 kohdat c-f. Pykälä 221 c käsittelee lannan polttoainekäyttöä koskevia erityisvaatimuksia ja viranomaismenettelyjä. Kohta d säädetään poikkeukset lannan polttoainekäyttöä koskeviin erityisvaatimukseen ja viittaa kohtaan c. Lannan polttoainekäyttöä koskevat päästöraja-arvot monipolttoaineyksiköissä, niiden laskentakaavat ja päästöraja-arvot määritetään pykälän 221 kohdassa e. Lannan polttoainekäyttöön liittyvä valvonta ja sen soveltaminen on määritelty kohdassa f. (Finlex, 2019)

### **3.5 Valtioneuvoston asetus keskisuurten energiantuotantoyksiköiden- ja laitosten ympäristönsuojeluvaatimuksista (1065/2017)**

Valtioneuvoston asetus keskisuurten energiantuotantoyksiköiden ja -laitosten ympäristönsuojeluvaatimuksista eli ns. PIPO- asetus on osa ympäristönsuojelulainsäädäntöä, jota tulee noudattaa sivutuotelainsäädännön vaatimusten rinnalla.

PIPO-asetuksessa on vaatimuksia mm. savupiipun korkeudesta, jätevesistä ja polttoaineiden käsittelystä. PIPO-asetus ei koske alle 1 MW kattiloita. Mikäli olemassa oleva 1-5 MW kattila, jonka ei ole tarvinnut aikaisemmin noudattaa vanhaa PIPO-asetusta, on aikaa 1.1.2030 asti, jolloin sen on siirryttävä noudattamaan uutta PIPO-asetusta. Siihen asti kattila noudattaa sivutuotelainsäädäntöä. Muut olemassa olevat uudet ja vanhat kattilat noudattavat uutta PIPO-asetusta. (Ympäristöministeriö, Maa- ja metsätalousministeriö, Evira, 2018)

### **3.6 Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta (1250/2014)**

Tämä asetus on ns. nitraattiasetus, jolla sitä tullaan kutsumaan myöhemmin opinäytteessä. Nitraattiasetus tulee oleelliseksi hevosenlannan käsittelyssä ja lannan levittämisessä pelloille. Asetuksen tarkoitus on estää ja ehkäistä maataloudesta peräisin olevien nitraattien aiheuttamat ympäristöhaitat. Soveltamisalana on maa- ja puutarhatalous.

Lannan varastointitilojen koot (lantala), sijoitus ja rakenteelliset vaatimukset sijaitsevat pykälissä 4-7. Näistä tärkeimmät ovat lantalan kokovaatimus, joka on, että lantalan tulee voida tilavuudeltaan pitää 12 kuukauden lantamäärä sisällään per hevospaikka, kun hevosen keskimääräinen lannantuotto vuodessa on 17 m<sup>3</sup>. Lannan varastointitiloja ei myöskään saa sijoittaa pohjavesi- tai tulvanalaisille alueille ellei voida osoittaa maaperäselvityksillä, ettei tällaiselle alueelle sijoittaminen aiheuta pohjavesien pilaantumisen vaaraa, alle 50 metrin etäisyydelle vesistöistä, talousvesikäytössä olevasta kaivosta tai lähteestä tai alle 25 metrin etäisyydelle valtaojasta tai vesilain 1 luvun mukaisesta norosta.

Pykälässä 10 määritetään aikapuitteet lannoitteiden levittämiselle, joka on kielletty marraskuun alusta maaliskuun loppuun. Lannoitteet on levitettävä niin, ettei valumia vesiin tapahdu tai tiivistymistä pohjamaahan.

Pykälissä 12-14 on kerrottu toiminnanharjoittajan velvollisuuksista, joita ovat kirjainpitovelvollisuus lannoituksesta, joka on toimitettava vuosittain valvontaviranomaiselle. Lannan ravinnepitoisuudet on määritettävä lanta-analyysillä viiden vuoden välein ja tarvittaessa esitettävä ne viranomaiselle. (Valtioneuvoston asetus 1250/2014, 2015; Hevostietokeskus 2018)

### **3.7 Valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista (750/2013)**

Tätä asetusta kutsutaan edellä ns. PIPO-asetukseksi ja sen soveltamisalaan kuuluu energiantuotantoyksiköt, joiden polttoaineteho on vähintään 5-50 MW mutta vähintään 1-5 MW, jos energiantuotantoyksikkö sijaitsee samalla laitosalueella muiden energiantuotantoyksiköiden kanssa ja niiden yhteenlaskettu polttoaineteho ylittää 5 MW tai jos energiantuotantoyksikkö on osa muutoin ympäristöluvanvaraista toimintaa.

Tärkein kohta PIPO-asetuksessa on sen määäämät polttoainekohtaiset päästöraja-arvot, jotka määräytyvät kattilan polttoainetehon ja poltettavan aineen mukaan liitteessä 1. Toinen huomionarvoinen kohta on käyttötarkkailusta määäämät polttoaineiden laadun, palamisolosuhteiden seuranta, laitteistojen toimivuuden seuranta ja huoltoa ja kirjaamismenettelyjä koskevat kohdat Liitteessä 1. (Valtioneuvoston asetus, 2013)

### **3.8 Tuotantoeläinten lannan käyttö polttoaineena polttoaineteholtaan enintään 50 MW:n kattiloissa**

Tämä käsittelee Ympäristöministeriön, Maa- ja Metsätalousministeriön ja Elintarviketurvallisuusvirasto Eviran 14.11.2018 laatimaa ohjetta tuotantoeläinten lannan käytöstä enintään 50 MW:n kattiloissa. Hevoset luetaan myös näihin tuotantoeläimiin, ja tällä kyseisellä muutoksella ”...Pyritään parantamaan hevoskeskitymien energiaomavaraisuutta...”, sanoo maa- ja metsätalousministeri Jari Leppä (Juho Kuisma, 2018). Lisähelputuksia koskevat esim. polttolämpötilavaatimuksia ja päästöraja-arvojen määäämistä. Helputuksista huolimatta hevoselantaa tullaan kuitenkin hyödyntämään pääsääntöisesti lannoitteena ja maanparannusaineena, jotta Suomen ravinnekierrätys ei kärsisi. Tämä kappale käsittelee

muutoksia ja lisähelpotuksia. (Maaseudun tulevaisuus, 2018; Ympäristöministeriö 2018)

### **3.8.1 Muutokset**

Ensimmäinen iso lakimuutos on jo nimessä eli lakimuutos ei enää katso alle 50 MW lannan polttoa jätteenpoltoksi, jolloin ei jätteenpolttolainsäädäntöä tarvitse noudattaa vaan energiatuotannoksi. Tämä kuitenkin koskee vain tuotantoeläinten lannan polttoa, jos kattilassa poltetaan lannan lisäksi jotain muita eläinperäisiä sivutuotteita tai niistä johdettuja tuotteita tai kattilan polttoteho ylittää 50 MW, toiminta katsotaan jätteen poltaksi ja on noudatettava jätteenpolttoasetuksia.

### **3.8.2 Sivutuotelainsäädäntö**

Yleisesti ottaen on pyrittävä noudattamaan tämän asetuksen mukaisia vaatimuksia koskien mm. kirjanpitoa, kuljetusta, hygieniaa ja kattilan sijaintia. Sivutuotelainsäädännön poikkeukset koskevat lannan syöttöä kattilaan, kattilan lisäpoltinta ja polton päästöraja-arvoja.

Lannan syöttö kattilaan tulee tapahtua automaattisella kuljetuslaitteistolla. Helpotus tähän on, että polttoaineteholtaan alle 0,5 MW kattiloissa lannan syöttö voi tapahtua käsin syöttönä. (Ympäristöministeriö, Maa- ja metsätalousministeriö, Evira, 2018)

Toinen poikkeus asetuksessa koskee kattilan lisäpoltinta. Kattilassa on oltava lisäpoltton, joka varmistaa riittävän lämpötilan niin kauan kuin polttokammiossa on palamatonta lantaa käynnistyksen ja pysäytyksen aikana. Poikkeus koskee kattiloita, jotka ovat olleet toiminnassa kansallisten muutoslakien tullessa voimaan 15.11.2018. Näillä kattiloilla on 6 vuoden siirtymäaika eli 15.11.2024 asti aikaa lisäpolttimelle ja savukaasun lämpötila- ja viipymäaika vaatimuksille. Siirtymäaika ei koske lämpötilan mittaamisesta eikä mittaustulosten tallentamista ja esittämisestä koskevia vaatimuksia.

Lantaa polttaessa savukaasujen epäpuhtauspitoisuudet eivät saa ylittää tiettyjä päästöraja-arvoja. Nämä raja-arvot on kerätty alla olevaan taulukkoon. Päästöraja-arvot ovat ilmaistu 6 %:n happipitoisuudessa, joka on tyypillinen kiinteidenainesten kattiloiden happipitoisuus. Normaalisti nämä on kuitenkin esitetty 11 % happipitoisuutena ilmaistuna. Päästöraja-arvojen poikkeus koskee hiukkasten päästöraja-arvoa 75 mg/m<sup>3</sup>n.

	Päästöraja-arvo
Rikkidioksidi SO <sub>2</sub>	75 mg/m <sup>3</sup> (n)
Typen oksidit ilmaistuna typpidioksidina NO <sub>2</sub>	300 mg/m <sup>3</sup> (n)
Hiukkaset	15 mg/m <sup>3</sup> (n) 75 mg/m <sup>3</sup> (n) (kattila, jonka polttoaine teho korkeintaan 5 MW)

TAULUKKO 4. Päästöraja-arvot

### 3.8.3 Ympäristönsuojelulaki

Ympäristönsuojelulain pykälissä 107 ja 221 säädettiin, että alle 50 MW energiantuotantoyksiköissä tapahtuva polttaminen ei ole enää jätteenpoltttoa vaan energiantuotantoa. Pykälässä 221 lisättiin kohdat c-f.

Kohdassa d on poikkeukset lannan polttoainekäyttöä koskeviin erityisvaatimukseen, joka viittaa kohtaan pykälään 221 c. Korkeintaan 5 MW energiantuotantoyksikön hiukkaspäästöt saavat olla enintään 50 mg/m<sup>3</sup>. Kohdassa määritellään, että polttoaineteholtaan alle 0,5 MW energiantuotantoyksiköissä hevosenlantaa saa syöttää polttokammioon käsin.

Lannan polttoainekäyttöä koskevat päästöraja-arvot monipolttoaineyksiköissä käsitellään pykälän 221 kohdassa e. Jos tuotantoeläimen lantaa poltetaan polttoaineteholtaan alle 50 MW energiantuotantoyksikössä samanaikaisesti muun polttoaineen kanssa, määritetään päästöraja-arvot tämän kohdan mukaisesti päästöraja-arvotaulukoiden ja kaavojen mukaisesti. Tämä pätee myös alle 1 MW monipolttoaineyksiköihin.

Kohdassa f määrätään lannan polttoainekäyttöön liittyvästä valvonnasta, johon sovelletaan ympäristönsuojelulaissa säädettyjä lupa- tai rekisteröintivelvollisuutta koskevia velvoitteita. Näitä valvotaan pykälissä 221 c–221 e säädettyjen vaatimusten toteutumista, vaikka yksikkö kuuluisi myös eläimistä saatavista sivutuotteista annetun lain mukaisen sivutuotevalvonnan alle. (Finlex, 2019)

## 4 HEVOSENLANNAN HYÖTYKÄYTTÖ TALOTEKNIKASSA

Alla olevissa kappaleissa käsitellään erilaisten yrittäjien ja yksityishenkilöiden kehittämisiä ja rakentamia taloteknisiä järjestelmiä. Näiden keksintöjensä avulla yrittäjät ovat pyrkineet säästämään lämmityskuluissa, omavaraisuuteen ja ekologisuuteen sen sijaan, että olisivat turvautuneet perinteisiin ratkaisuihin.

Alla esitellään muutama ratsutila ja Savossa sijaitseva ammattiopisto.

### 4.1 Wiknerin Ratsutila

Helsingin kupeessa Kirkkonummella sijaitsevalla Wiknerin ratsutilalla hyödynnetään 16-paikkaisen hevosenlannan luontaisesti korkeaa lämpötilaa. Ratsutilan lantalan pohjaan on asennettu vesikiertoinen järjestelmä, joka varastoi lämpöä lattian päällä olevasta kompostoituvasta lannasta, joka on jopa +60 - 70 °C

Pienillä muutaman asteen pakkasilla on kiertoveden lämpötilaksi mitattu +35 °C asteiseksi. Muita lämmönlähteitä ei tarvita -5 °C asteeseen asti. Suomen olosuhteissa on kuitenkin varauduttava koviinkin pakkasiin, joten toinen lämmönlähde on oltava olemassa, joka tarvittaessa otetaan käyttöön pakkasten kiristyessä.

Järjestelmän ovat suunnitelleet ja toteuttaneet omistajat itse. Järjestelmä koostuu lähinnä putkistosta ja sen putkiosista, termostaatista ja mittalaitteistoista. Varastoitu lämpö käytetään tallin sosiaalityötilojen, hevosten pesupaikan ja varustehuoneen lämmitykseen. Lantalan ollessa tyhjä, vesikiertoinen järjestelmä suljetaan. Valitettavasti omistajia ei tavoitettu lisäkysymyksiä varten. (Hippolis, 2019)

Kuvasta 5 näkee rakennetun vesikiertoisen järjestelmän komponentteja ja putkistoa. Järjestelmä koostuu mittauslaitteistoista, putkistosta, kahdesta pumpusta ja lämmönvaihtimesta. Kuvasta 6 saa kuvan miltä katettulantala näyttää.



KUVA 5. Wiknerin Ratsutilan vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä (Hippolis, 2019)



KUVA 6. Wiknerin Ratsutilan lantala (Hippolis, 2019)

#### **4.2 Sakun talli**

Toinen samankaltainen järjestelmä kuin edellinen löytyy Sakun tallista Tuusulasta. Sakun talli on edellistä isompi ja mahdollinen koti 44 hevoselle. Tilalla on myös 500 m<sup>2</sup> avolantala. Avolantala on pihalla oleva lantala, jota ei ole katettu tai suojattu.

Lantalan alla on kaksi vesiputkistopiiriä, joista putket kiertävät ulkona olevan avolantalan kautta sisälle talliin. Vuonna 2003 rakennetun kaksipiirisen järjestelmän on suunnitellut ja toteuttanut tallin omistaja itse ystävänsä kanssa.

Kiertoveden lämpötila pysyy keskimäärin + 30 °C asteessa, ja joskus jopa + 50 °C asteessa, jos kuivikkeena on käytetty turvetta eikä ulkona ole sateista. Vuodesta riippuen pärjätään ilman muuta lämmönlähdettä kevästä syksyyn noin seitsemän kuukauden ajan huhtikuusta lokakuuhun. Järjestelmällä lämmitetään sosiaalityötilojen lattiat sekä tallissa käytettävä vesi. Kuvassa 7 on mahdollisesti eristeisiin kääritty lämminvesivaraaja, putkistoja ja pumppu.

Omistajan mukaan osa putkista olisi ollut järkevä sijoittaa avolantalan suulle, jossa lämpötila pysyy koko ajan korkeana kuin myös rakentaa useampi piiri, jotta joku piireistä voisi aina olla päällä lantala tyhjentäessäkin. (Hippolis, 2019)



KUVA 7. Sakun tilan vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä (Hippolis, 2019)

### 4.3 Ylä-Savon ammattiopisto

Lämpöpumpputekniikkaa rumpukompostorissa hyödynnettiin Ylä-Savon ammattiopistossa tallin käyttöveden ja tilojen lämmittämisessä. Järjestelmä koostuu rumpukompostorissa olevasta lämmönkeruuputkistosta sekä lämpöpumpusta,

joka on normaali maalämpöpumppu. Lämpöpumppu koostuu kompressorista, höyrystimestä, lauhduttimesta ja pumpun sisällä kulkevasta kylmäaineesta. Lämpöpumpun lämpökerroin on 4,0-4,5. Kompostointiprosessissa muodostuu poistolämpöä, joka siirretään lämpimään käyttöveteen ja lämmitysjärjestelmään.

Rumpukompostoinnissa kompostointilanta käsitellään sylinterin muotoisessa putkessa, jossa se pyörii vaaka-akselinsa ympäri ja ilmastuu prosessin aikana. Kompostoituminen tapahtuu tasaisesti ja nopeasti, keskimäärin 10 päivässä, jossa sen lämpötila voi nousta n. 50-60 °C: een. Rummun täyttöasteen tulisi pysyä 50-60 %: ssa. Rumpukompostoinnin jälkeen lanta puretaan välivarastoon jälkikompostoitumaan. Prosessissa syntyy noin 40 °C vesihöyryä, jonka voi hyödyntää ottamalla talteen lämpöpumpun avulla.

Rumpukompostoinnin etuina voidaan pitää mm. lämmöntalteenottoa, hygieenisyyttä ja tasalaatuista lopputuotetta. Sen haasteellisuus piilee kuitenkin hintavassa investoinnissa (100 000-300 000 €) ja suuressa tilan tarpeessa kuin myös huoltotoimenpiteissä. (Envitecpolis, 2019; Hippolis, 2019)

#### **4.4 Pinewood Stables**

Mäntsälässä sijaitsevalla ratsutilalla hyödynnetään kuivikepatjan tuottamaa lämpöä. Pinewood Stablesin 15-paikaisen hevostallin karsinoita ei puhdisteta päivittäin vaan lannan ja virtsan annetaan kompostoitua kuivikeoljen kanssa, jota tarvittaessa lisätään karsinoihin. Kuivikepatjan muodostuminen on otettu huomioon rakentamisvaiheessa rakentamalla karsinoiden lattia tallin lattiaa alemmaksi. Karsinat tyhjennetään kolmen kuukauden välein pienkuormaajan avulla.

Patja on tyhjennysvaiheessa jopa + 60-70 °C asteinen. Kestää noin kuukausi tyhjennyksen jälkeen, ennen kuin patja alkaa jälleen tuottaa lämpöä. Lämpöä keräävä vesiputkisto on valettu noin 10 cm syvyyteen karsinoiden lattiaan, mitä 30-60 W kiertovesipumppu pyörittää lämmittäen tallin sosiaali- ja kuivaustiloja. Tilat pysyvät pakkasillakin lämpimänä, jos tallin kaikissa 15 karsinassa on hevosia ja karsinan alta lähtevän veden lämpötila on noin +25 °C asteista ja palaava vesi noin +15°C asteista. Käyttäjän mukaan vesi ei ole vielä kertaakaan jäänyt putkistoissa ja järjestelmä on pysynyt huoltovapaana, mutta veden voisi vaihtaa

vesi-glykolisekoitukseksi jäätymisen estämiseksi tulevaisuudessa. (Hippolis, 2019)

## 5 TUTKIMUKSET JA HANKKEET

### 5.1 Fortum HorsePower

Fortum HorsePower on suomalaisen sähköyhtiö Fortumin johtama konsepti, jossa yritys kerää hevosenlantaa talleilta ja polttaa sen jätteenpolttolaitoksissaan. Tällä hetkellä HorsePower -palvelu toimii vain Etelä-Suomen alueella ja on tarjolla vähintään neljän hevosen talleille tai talleille, joissa syntyy vähintään 15 m<sup>3</sup> verran lantaa kolmen kuukauden aikana.

Fortumin HorsePower -toiminta perustuu siihen, että Fortum toimittaa tarvittaessa asiakkailleen kuivikkeen, jota käytetään hevosenlannan kuivatukseen. Lannan toimitukseen on vaihtoehtoja, joista valita. Asiakas voi joko tilata Fortumin koura-auton, joka kuormaa lannan kuorma-auton lavalle ja vie sen voimalaitokseen. Muita vaihtoehtoja on, että asiakas voi itse kuormata lannan ja toimittaa sen eteenpäin, jos asiakas omistaa tähän sopivan kuormauskaluston tai Fortumin kautta vuokrattavan vaihtolavan, jonka täytettyä lava viedään pois ja uusi vaihdetaan tilalle. Nouto ja toimitus -toimenpiteet voivat tapahtua sovitusti ja säännöllisesti tai tilauksesta tarpeen ilmetessä. Fortum HorsePower: n sivuilta löytyy hintalaskuri, josta saa karkean hinta-arvion palvelun hinnasta eri vaihtoehtoilla. Laskurista voi myös tarkastaa onko palvelu saatavilla omalla alueellasi.

#### Valitse haluamasi kuivike

**Puupelletti**  
 Valitse kuivikkeen toimituserä (500kg/säkki)  
 0 säkki  
 4 8 12 16 20 24 28 32 36 40  
 Suoralla toimitetaan trukilla, mikä mahdollistaa säkkipöytätoimituksen stäbtiltiin tarvittaessa.  
[Tee arviolaskelma](#)

**HorsePower purupelletti**

**Sahanpuru**

**Kutterinpuru**

#### Lannan nouto

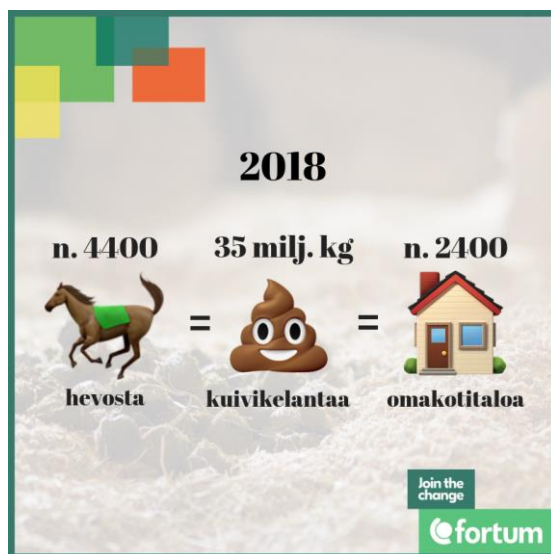
**HorsePower lannannouto**  
 Valitse noutotapa  
 Nouto 1 vaihtolava  
**Hinta**  
 Palvelun hinta / nouto  
**294.18 €** (p.v. 0%)  
 354.78 € (p.v. alv. 24%)

**Vaihtolavat**  
 Valitse määrä  
 Vuokraan 1 vaihtolavan  
**Vuokra**  
 Vuokra yhteensä/säkki  
**40 €** (p.v. 0%)  
 49.60 € (p.v. alv. 24%)

[SIIRRY YHTEENVETOON →](#)

KUVA 8. Fortum HorsePower hintalaskuri (Fortum, 2019)

Voimalaitoksessa lannasta tuotetaan energiaa eli sähköä ja lämpöä. Kuivikelanta poltetaan Fortumin jätteenpolttolaitoksessa Järvenpäässä muun jätteen seassa. Fortumin mukaan vuonna 2018 poltti yritys 33 miljoonaa kilogrammaa hevosenlantaa. Lantaa on kerätty n. 4400 hevoselta ja sillä sai noin 2400 omakotitaloa lämmitettyä. Tämä määrä sisältää tuntemattoman määrän kuiviketta, joten tarkkaa lannan osuutta 33 miljoonasta kilogrammasta on vaikea sanoa. (Fortum, 2019)



KUVA 9. Fortumin polttama lantamäärä (Fortum, 2019)

## 5.2 HELMET- Hevosenlanta menestystarinoiksi

HELMET on Envitecpoliksien toteuttama ja hallituksen rahoittama kärkihanke, joka alkoi vuonna 2016 ja loppui vuoden 2018 lopussa. HELMET-hankkeessa tutkittiin ja etsittiin toimintamalleja hevosenlannan hyödyntämiseksi yhdessä yritysten kanssa. Envitecpolis on uusiutuvan energian sekä energia- ja materiaali-tehokkuuden asiantuntijapalveluita tarjoava yritys. Envitecpoliksien asiakkaita ovat ruokaketjujen toimijat kuten maatilat, elintarviketeollisuuden, ruokapalvelu-toimijat ja biohajoavan jätteen käsittelijät.

Hankkeen aikana järjestettiin hevosenlannan käsittelyyn liittyviä ratkaisuja erilais-ten työpajojen, tilaisuuksien ja tapauskohtaisten neuvontasessioiden muodossa. Hankeen aikana julkaistiin myös paljon sosiaalisen median julkaisuja kuten vide-  
oita, tietoisuuksia ja tutkimuksia.

HELMET hankkeen jälkeen hevosenlantaan liittyvissä asioissa jatkuu osana Envitecpolis Oy:n toimintaa. Envitecpolis tarjoaa nyt lukuisia palveluita ja ratkaisumalleja, jotka helpottavat mm. oman tallin jätehuollon järjestämistä, energiankulutuksen arviointia, biokaasulaitoksen rakentamista ja ylläpitoa ja investointikustannuksia. (Envitecpolis, 2018)

### **5.3 HevosWatti**

HevosWatti -Hevosenlannan demonstraatiokokeet Etelä-Savon elinkeinoelämää vahvistamaan oli Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu XAMK järjestämä hanke, jonka tarkoituksena oli tutkia hevosenlannan toimivuutta seospoltossa Etelä-Savossa niin, että elinkeinoelämän edellytyksen paranevat. Yhteistyössä oli monia eri toimijoita mukaan lukien Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Suur-Savon Sähkö Oy ja Ariterm Oy. Hanke toimi aikavälillä 01.11.2017-31.10.2018.

Hankkeessa suoritettiin polttokokeita ja logistiikka- ja potentiaalitarkasteluja. Hankkeen lopussa tulokset raportoitiin eri elinkeinoelämän toimijoille. Demonstraatiopolttokokeita suoritettiin Ariterm Oy:n tuotantolaitoksella, että Suur-Savon Sähkö Oy:n kaukolämpökeskuksessa. Hankkeen tuloksista voi lukea lisää hankkeen loppujulkaisusta HevosWatti- Hevosenlannan demonstraatiokokeet Etelä-Savon elinkeinoelämää vahvistamaan. (Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu, 2018)

## 6 KANNATTAVUUS

Onko siis kannattavaa käsitellä hevosenlanta tiloilla ja maataloilla suoraan? Tämä riippuu monesta tekijästä kuten yrittäjän varallisuudesta ja resursseista kuten hevosten määrästä, tallien ja tilojen määrästä ja tarpeesta. On myös löydettävä kiinnostusta tutkia vaihtoehtoisia tapoja lannan käsittelyyn ja nähdä vaivaa tutkiakseen mikä olisi omalle tilalle tai maatilalle sopiva ratkaisu.

### 6.1 Lannoitteena

Hevosenlannan perinteinen hyödyntämistapa on levittää se takaisin peltoon, myös yksityishenkilöt ovat hakeneet tiloilta hevosenlantaa puutarhoihinsa. Tämä on taloudellisin tapa, jos levitys tapahtuu omaan peltoon tai lähialueille. Hevosenlannan tulee ensin kompostoitua ennen sen levittämistä peltoon tai puutarhaan, muuten tämä voi johtaa kasvien kitukasvuisuuteen tai kuolemaan. On myös tärkeää valita oikea kuivike lannan kanssa. Hevostietokeskuksen teettämän tutkimuksen mukaan turvelanta sopii paremmin luomulannoitteeksi mm. tomaattien ja kurkkujen viljelyyn kuin purulannat. (YLE, 2016; Hevostietokeskus, 2019)

Pakattua lantaa koskee kuitenkin lannoitevalmistelaki (539/2006), joka vuoksi toiminnan harjoittajan on tehtävä elinkeinotoiminnan aloitus ilmoitus Eviraan. Lannan levitystä pelloille taas säätelee aikaisemmin mainittu nitraattiasetus, joka asettaa tiettyjä rajoituksia ja velvoitteita. Tästä oli tarkemmin luvussa 3.4.

Hevosenlannan hyötykäyttö peltoon on edelleen hyvä vaihtoehto, jos lannoitettava pelto on lähellä. Jos lannoitettava pelto on kuitenkin kaukana, voi kuljetuskustannukset kuitenkin nousta. Lannan lastaamiseenkin saatetaan tarvita kuljetuskalustoa.

### 6.2 Kompostointi

Kompostointia voi tapahtua tiloilla ja talleilla monessa eri muodossa kuten auma ja levityskenttä ja tuubi- ja säkkikompostointi muodossa. Näitä kompostoinnin

muotoja ei kuitenkaan käydä tässä sen tarkemmin läpi, koska näissä kompostoinnin muodoissa ei synny energiaa, jota käyttää hyödyksi. Sen sijaan rumpukompostoreissa voidaan prosessista ottaa lämpöenergia talteen lämpöpumpputekniikkaa hyväksikäyttäen.

Menetelmän hyvät puolet ovat, että se on helppohoitoinen ja nopea. Kun lanta on lastattu kompostoriin, sen voi jättää pyörimään itsekseen. Rumpukompostori mahdollistaa sen, ettei erillistä lantalaakaan tarvita lainkaan. Lisätuloja saa myös kompostorin lopputuotteesta, mikäli sille löytää ostajan eikä sitä tarvitse itse. Rumpukompostorilla voi myös leikata huomattavasti tallin tai tilan lämmitys- ja sähkönkulutusta.

Rumpukompostorin varjopuolina on iso tilantarve. Isokokoinen laite tarvitsee usein myös katetun ja suojatun tilan. Investointikustannukset ovat laitteistolla korkeat alkaen 30 000 €. Vuosittaiset käyttökustannukset ovat sen verran mitä laite käyttää sähköä vuodessa. Oikeiden säätöjen löytäminen toiminnan alussa voi myös olla työlästä. Melun tuotto voidaan myös lukea haitaksi, mutta tämä voidaan tuki minimoida tilan äänieristyksellä.

Kaikki nämä huomioon ottaen, rumpukompostori sopii parhaiten keskikokoisille ja suurille talleille ja tiloille, joilla on hevosia, jotka tuottavat materiaalia, jolla rumpu pyörii. Hevosienlanta harvoin yksin riittää pyörittämään rumpua, joka voi olla varsin massiivinenkin.

### **6.3 Poltto**

Lannan polttoon on nyt tarjolla useampia vaihtoehtoja, jotka suosivat enemmän keskikokoisia ja suuria talleja ja tiloja lakimuutoksesta huolimatta vaikka kattiloita saakin monessa eri kokoluokassa.

Helpotuksista huolimatta tätä säätelee edelleen monet direktiivit, lait ja asetukset, jotka asettavat vaatimuksia ja raja-arvoja. Lannan polttaminen omilla tiloilla vaatii isoa hevoskantaan, joten tämä soveltuu isoille hevosiloille ja hevoskeskittymille. Lantaa ei myöskään voi sellaisenaan polttaa, koska se on varsin raskasta, mutta

kuitenkin kosteaa materiaalia kattiloille eivätkä kaikki kuivikkeetkaan sovi kattiloille.

Laitteistoinvestointi lannanpolttamiseen on edelleen todella kallis, isompien yksiköiden kohdalla alkaen 250 000 €. Myös vuosittaiset ja muut tietyin väliajoin suoritettavat, lakisääteiset tarkastukset lisäävät käyttökustannuksia, jotka ovat nähtävillä taulukosta 3. (Oksala, J. 2018; Arffman, M., Lehtinen, J. 2018)

	Jatkuva toiminen lämpötilan mittaus	Lämpötilan mittaaminen €	Päästömittaus	Päästöjen mitausten aiheuttamat kulut €
Käytössä oleva kattila (ei PIPO)	Pakollinen	-Mittalaitteiston asennus 2000-2200 € -Kalibrointi & tarkistus päästömittauksen yhteydessä 500-700€ / jos erillistyönä 1000€	Alussa ja 1 vuoden välein	2500-3500€ /kerta +matka ja majoituskulut
Käytössä oleva kattila (PIPO)	Pakollinen	-Mittalaitteiston asennus 2000-2200 € -Kalibrointi & tarkistus päästömittauksen yhteydessä 500-700€ / jos erillistyönä 1000€	Alussa ja 1 vuoden välein	2500-3500€ /kerta +matka ja majoituskulut
Uusi kattila (ei PIPO)	Pakollinen	-Kalibrointi & tarkistus päästömittauksen yhteydessä 500-700€ / jos erillistyönä 1000€	Alussa ja 1 vuoden välein	2500-3500€ /kerta +matka ja majoituskulut
Uusi kattila (PIPO)	Pakollinen	-Kalibrointi & tarkistus päästömittauksen yhteydessä 500-700€ / jos erillistyönä 1000€	Alussa ja 1 vuoden välein	2500-3500€ /kerta +matka ja majoituskulut

TAULUKKO 5. Lannan polton säännölliset kustannukset (Arffman, M, Lehtinen, J. 2018)

Toinen vaihtoehto on ostaa Fortumin HorsePower palvelu, joka hoitaa lannan poisviennin ja kuivikkeiden tuonnin. Tämäkään ei tosin ole ilmaista vaan palvelulla on hintansa, joka muodostuu halutuista palveluista ja on toistaiseksi saatavilla vain Etelä-Suomessa tietyllä alueella. Kuvassa 10 on esimerkki paljonko isolle hevostilalle (40 hevosta, Kangasala) voisi Fortumin HorsePower palvelu tulla maksamaan heidän hintalaskurinsa mukaan. (Fortum, 2019)

**Palvelun hinta:****335.37 €**/noutokerta, (alv. 0%)

415.86 €, (sis. alv. 24%)

**Vaihtolavan vuokra yhteensä:****40 €**/kk, (alv. 0%)

49.6 €/kk, (sis. alv. 24%)

**HorsePower purupelletti****Toimitetaan:** 10 Säkkiä**Kuivike yhteensä:****989.20 €** (alv. 0%)

1226.61€ (sis. alv. 24%)

**Rahti:****399.05 €** (alv. 0%)

494.82€ (sis. alv. 24%)

**Tilauserän kokonaishinta:****1388.25 €**, (alv. 0%)

1721.43€, (sis. alv. 24%)

KUVA 10. Fortumin HorsePower palvelun arvioitu hinta (Fortum, 2019)

## 6.4 Lämmöntalteenotto

Lämmöntalteenottoa sivuttiin jo hiukan rumpukompostorin lämmöntalteenoton yhteydessä. Tässä kappaleessa perehdytään siis kuivikepatjan ja lantalan alta otettavan lämmön talteenoton kannattavuuteen.

Nämä lämmöntalteenoton muodot soveltuvat hyvin kaikenkokoisille talleille ja tiloille. Investointikustannukset ovat pienet, sillä ne koostuvat lähinnä rakennus- ja LVI-tarvikkeista kuten lämminvesivaraajasta, putkistosta, eristeestä, rauditusverkosta, betonista ja glykoli nesteestä. Asennus ja LVI-suunnitelma toki maksavat vielä päälle. Varovainen arvioi tälle olisi noin 10 000-15 000 €. Tämä on huomattavasti pienempi investointi aikaisemmin esiteltyihin vaihtoehtoihin ja jos tilan omistajalta löytyy itseltä teknistä osaamista, on lämmöntalteenotto mahdollista suorittaa vieläkin halvemmalla. Järjestelmä on varsin huolto vapaa ja nopea ottaa

käyttöön. Kuivikepatjaa ei tarvitse vaihtaa kuin noin kolmen kuukauden välein, mikä säästää työaikaa. Tuotetulla lämmöllä voidaan lämmittää ympäröiviä tiloja ja mahdollisesti myös käyttövesi. (Lehtinen, J, Arffman, M. 2018; Oksala, J. 2018)

Varjopuolina voidaan pitää sitä, että kuivikkeen laadulla on suuri rooli lämmön-tuotossa (vaikuttaa kompostoitumiseen kuivikepatjassa) kuin myös lämmön tuoton vaihtelu. (Oksala, J. 2018)

## **6.5 Mädätys**

Mädätys vaatii biokaasulaitoksen, johon syötetään muutakin kuin hevosenlantaa. Tämä voidaan lukea eduksi, että samassa laitoksessa voidaan hävittää muutakin biojätettä kuten muitten eläinten lantaa, kasviperäistä jätettä tai lietettä.

Biokaasulaitos sopii kuitenkin paremmin tallikeskittymän kuin yhden tallin tai tilan käyttötarkoitukseen. Tämä voidaan lukea eduksi tai haitaksi. Se on investointikustannuksiltaan varsin mittava, erään esimerkin mukaan jopa noin 340 000 € sisältäen laitteisto, rakennus ja lupakulut. Koska kyseessä on nimenmukaisesti laitos, se vaatii myös paljon tilaa.

## **6.6 Yhteenveto**

Alla on yhteenveto arvioiduista kustannuksista. Kustannusten muodostumista on yritetty käsitellä yksityiskohtaisemmin aikaisemmissa kappaleissa kuin myös eri tekniikoiden hyötyjä ja haittoja.

Taulukko on koottu käyttäen monia eri lähteitä, yhtenä tärkeimpänä Lannan hyödyntämisen tekniikkaopasta talleille (Oksala, J, 2018), HELMET-hankkeen julkaisuja (Arffman, M., Lehtinen, J. 2018) ja erinäisiä opinnäyte-, Pro Gradu- ja tutkielmatöitä (Winqvist, E. 2015; Tanksanen, R. 2017), jotka ovat perustaneet arvionsa eri laitevalmistajien ja asiantuntijoiden arvioihin ja laskelmiin.

Valmistaja	Hevosmäärä (kpl)	Vaadittava laitteisto	Laitteinvestointi (€)	Käyttökustannukset (€)
<b>Biokaasulaitos</b>				
Metener Oy	*284 märehittäjä	Laitteisto, rakennus, asennus, luvat, suunnitelmat	337 600	Sähkö
<b>Lämmöntalteenotto</b>				
\	Kaikenkokoisille	LVI-suunnitelma, LVI- ja rakennustarvikkeet, automaatio, lämminvesivaraaja, putkisto, betoni, glykoli, asennustyö	10 000-15 000	Sähkö, vesi
<b>Polttolaitos</b>				
Swebo	40	Biotherm 200 kW	250 000	Sähkö, kuivike
Swebo	90	Biotherm 500 kW	390 000	Sähkö, kuivike
Swebo	180	Biotherm 1000 kW	550 000	Sähkö, kuivike
<b>Rumpukompostori</b>				
Rekitec	17	8 m <sup>2</sup> rumpukompostori, käsi-käyttöinen	30 000-40 000	850 €/vuosi +huolto
Biofacta	10-25	23 m <sup>2</sup> kompostori	65 000	sähkö +huolto
Biofacta	40-50	50 m <sup>2</sup> rumpukompostori	85 000	sähkö +huolto
Rekitec	<100	50 m <sup>2</sup> rumpukompostori, automatisoitu	200 000	600€/vuosi +huolto
<b>Ulkopuoliset palvelut</b>				
Fortum HorsePower	Kaikenkokoisille Esim. 40	Ei ole	riippuu halutuista palveluista 1500-2000 €	-

TAULUKKO 6. Eri tekniikoiden kustannusarviot

Taulukosta voi nähdä, että jopa isoille toimijoille osa investoinneista on varsin mittavia. Osaan näistä hankinnoista on mahdollista saada erilaisia tukia ja apurahoja, joilla voi kattaa osan investoinnista. Suurin osa jää kuitenkin itse maksettavaksi.

Energiantuotantomuoto	Määrä/hevon/a	Energiaa	Energiantuotto/hevon/a (kWh)	Lopputuote	Myytävää tuotetta?
<b>Biokaasutus</b>	525 m <sup>3</sup>	6,4 kWh/m <sup>3</sup>	3360	Mädätettäjännös	Kyllä
<b>Kaasutus</b>	-	1,6-3,2 kWh/Nm <sup>3</sup>	-	Hiili	Kyllä
<b>Kompostointi</b>	3150 kg	1,1 kWh/kg (ka)	3465	Komposti	Kyllä
<b>Poltto</b>	9000 kg	5,3 kWh/kg	47700	Hiili	Kyllä

TAULUKKO 7. Eri energiantuotantomuotojen tuottamat energiamäärät

On mahdollista, että suurenkin investoinnin saa maksettua nopeasti pois, jos saa tuotettua energiaa yli oman tarpeensa ja myytyä sitä eteenpäin. Myös prosesseista syntyvää lopputuotetta kuten kompostoinnista syntyvää lopputuotetta tai poltosta syntyvää hiiltä voi edelleen käyttää lannoitteena ja luvan kanssa myydä eteenpäin. Säästöä saa myös kattamalla itse osan energiantarpeestaan.

## 7 POHDINTA JA YHTEENVETO

Tutkimuskysymyksiä tässä opinnäytetyössä oli oikeastaan kaksi: millaisia mahdollisuuksia hevosenlannalla on energiataloudessa nyt ja tulevaisuudessa (pääpainona talotekniikassa) ja toisekseen, onko lakimuutoksen jälkeen hevosityrittäjillä edelleenkaan varaa investoida lannan hyötykäyttöön.

Hevosenlannalla on tulevaisuutta. Elämme hämmentävää ja kriittistä aikaa kun uusiutuvien energiamuotojen etsiminen on kiivasta etenkin nyt kun ilmastoasiat ovat jälleen kerran nousseet pinnalle. Radio Suomen haastattelussa Fortumin Anssi Paalanen ennustaa, että tulevaisuudessa, jopa puolet Suomessa syntyvästä hevosenlannasta voisi valjastaa energiahyötykäyttöön. Tämä vastaisi jopa 0,5 TWh ja Euroopan tasolla jopa 10 TWh. Vertailuarvona Olkiluoto tuottaa tällä hetkellä 14 TWh energiaa eli kyse on huomattavasta määrästä energiaa. (Radio Suomi, 2017).

Vastatakseni jälkimmäiseen: lakimuutos helpotti pakollisia, vuosittaisista mittauksista ja tarkastuksista syntyviä kuluja, mutta se on pieni lohtu sen rinnalla, että hevosenlannan muuttaminen energiaksi vaatii niin kallista laitteistoa ja teknologiaa, ettei siihen pienempien hevostalien ja tilojen omistajilla ole varaa. Entistä surullisempaa tästä tekee sen, että tämä on Suomen lain sanelemaa. Jos pienhevosityrittäjistä ei löydy teknisesti osaamista, kuten kappaleessa 4 esitellyiltä yrittäjiltä, jotka rakensivat itse omanlaisia viritelmiään, on mahdollisuudet rajalliset.

Kuivikepatja ja kompostointitekniikat ovat mahdollisia tekniikoita pientalleille. Pienille hevosityrittäjille sopivin vaihtoehto mielestäni on kompostoida hevosenlantansa ja käyttää se maanparannusaineena tai lannoitteena omalla tilalla tai lähitienoolla tai myydä se suoraan kuluttajille.

Sen sijaan keskikokoisille ja suurille hevosityrittäjille (> 20 hevosta) on moni tekniikoista jo mahdollisuuksien rajoissa, riippuen tietenkin hevosityrittäjien varallisuudesta, halukkuudesta ja tilantarpeesta. Suuremmille yrittäjille on jo mahdollisuuksia hevosenlannan hyötykäytössä aina polttolaitoksista rumpukompresso-reihin.

Juuri nyt hevosenlannan hyötykäyttö energiateollisuudessa on varsin kutkuttava ja tuore ajatus, josta ei ole suoritettu paljon kokeita tai tutkimuksia. Kiinnostus sitä kohtaan on kuitenkin nousujohdatteinen, mikä toivon mukaan ajaa kysynnän lain mukaan laitevalmistajia tarjoamaan ja kehittämään halvempia vaihtoehtoja hevosenlannan hyötykäytölle.

## LÄHTEET

Arffman, M., Lehtinen, J., Arffman, S. 04.04.2018. Hevosienlannanpolton lainsäädännön muutoksen vaikutusarviointi. HELMET-hanke. Luettu 20.04.2019. <https://envitecpolis.fi/2018/04/09/helmet-toteutti-vaikutusarvioinnin-hevosienlannan-polton-lainsaadannon-muutoksesta/>

Asetus 1065/2017. Valtioneuvoston asetus keskisuurten energiantuotantoyksiköiden ja -laitosten ympäristönsuojeluvaatimuksista. Ympäristöministeriö. Muokattu 19.01.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171065>

Asetus 1250/2014. Valtioneuvoston asetus eräiden maa- ja puutarhataloudesta peräisin olevien päästöjen rajoittamisesta. Ympäristöministeriö. Muokattu 16.10.2015. Luettu 19.04.2019. <https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2014/20141250>

Asetus 14.2.2013/151. Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta. Jätteenpolttolaitoksen ilmaan johdettavien päästöjen raja-arvot. Liite 2. PDF. Ympäristöministeriö. Muutokset 01.12.2015. Ympäristöministeriö. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130151>

Asetus 151/2013. Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta. Ympäristöministeriö. Muutokset 01.12.2015. Luettu 14.02.2013. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130151>

Asetus 588/2015. Maa- ja metsätalousministeriön asetus tuettavien hevostalouksrakennusten rakennusteknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista. Maa- ja metsätalousministeriö. 01.06.2015. Luettu 28.03.2019 <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150588>

Bioenergianeuvoja. Biopolttoaineet. 2019. Luettu 14.02.2019. <http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/>

Bioenergianeuvoja. Hevosienlanta. 2019. Luettu 14.02.2019. <http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/hevosienlanta/>

Demeca Oy. 28.03.2018. Biokaasuntuotanto jatkuvatoimisessa laitoksessa. PDF. Luettu 15.04.2019. <https://envitecpolis.fi/helmet/tietopankki/biokaasu/>

Energiamailma. Biopolttoaineet. Biopolttoaineita ovat eloperäiset ainekset... 2018. Luettu 15.04.2019. <https://energiamailma.fi/mista-virtaa/uusiutuvat-ener-gialahteet/biopolttoaineet/>

Envitecpolis Oy. HELMET Pirtti Etelä-Savossa. Video. HELMET –hankkeen luento 28.3.2018. Lataaja Encitecpolis Oy. Katsottu 15.04.2019. <https://envitecpolis.fi/helmet/tietopankki/biokaasu/#>

Envitecpolis Oy. HELMET-Hevosentilanta menestystarinoiksi. Luettu 07.02.2019. <https://envitecpolis.fi/helmet>

Fortum HorsePower. Facebook-tili. 15.01.2019. <https://www.facebook.com/fortumhorsepower/photos/a.600899246736712/1171426573017307/?type=3&theater>

Fortum HorsePower. Lannasta luotua energiaa. 2019. Luettu 15.01.2019. <https://www.fortumhorsepower.com/>

Hippolis. Lannan biokaasutus eli mädätys. 2013. Luettu 14.02.2019. [http://www.hippolis.fi/fi\\_innohorse/fi\\_manure/fi\\_good\\_practices/fi\\_biogas/](http://www.hippolis.fi/fi_innohorse/fi_manure/fi_good_practices/fi_biogas/)

Hippolis. Lantahuolto. Kaasutus. Luettu 20.04.2019. [http://www.hippolis.fi/fi\\_innohorse/fi\\_manure/fi\\_good\\_practices/fi\\_gas](http://www.hippolis.fi/fi_innohorse/fi_manure/fi_good_practices/fi_gas)

Holopainen, P., Airaksinen, S., Heinonen-Tanski, H., Heiskanen M-L. Suomen hevostietokeskus ry. Lannan hyödyntäminen. Luettu 19.04.2019. <https://www.hevostietokeskus.fi/index.php?id=233&kieli=1>

Huuskonen, V., Harju, A. 2016. Kaikki irti hevosenlannasta. Hevosnomistajalehti. 1/2016.

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu XAMK. HevosWatti. Luettu 07.02.2019.

<https://www.xamk.fi/tutkimus-ja-kehitys/hevosennannasta-uutta-liiketoimintaa/>

Karppinen, T., Kumpula, H., Myllymäki, M., Särkijärvi, S., Virkkunen, E. 2014. Hevosennannan hyötykäytön lisääminen... Biojäte ja hepolanta –hankkeen selvitys 2/4. MTT Hevostutkimus ja MTT Sotkamo. Luettu 23.04.2019.

<http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201502021303>

Kenttämää, J. 2017. Hevosennannassa piilee suuri potentiaali... Radio Suomi Helsinki. 03.11.2017. Haastateltavina Fortumin Anssi Paalanen, tallinpitäjä ja maanviljelijä Anders Ingman, hevosyrittäjä Gun Järnefelt ja HELMET-kärkihankkeen Envitecpolis Oy:n projektipäällikkö Matti Arffman. Kuunneltu 21.04.2019.

<https://areena.yle.fi/1-4277714>

Kokko, T. YLE. Nyt haetaan kakkaa kukkasille hevosalleilta – mutta varo liian tuoreita munkkeja. 6.5.2016. Luettu 19.04.2019. <https://yle.fi/uutiset/3-8862319>

Koskela, M. 2018. Ympäristötekniikan mahdollisuudet. Slideshare-esitys. Savonia ammattikorkeakoulu AMU08. Julkaisija Hanna-Mari Melasniemi. Luettu 22.04.2019. <https://slideplayer.fi/slide/1972578/>

Kuisma, J. Olkkonen, S. 28.06.2018. Lannan poltto pienlaitoksissa helpottuu... Maaseudun tulevaisuus. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/bioenergia/artikkeli-1.262346>. Luettu 01.04.2019.

Lahtinen, K. 2019. Agrobiologi-opiskelija. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Haastattelu 01.04.2019.

Laki 527/2014. Ympäristönsuojelulaki. Ympäristöministeriö. Muutokset 28.01.2019. Luettu 28.03.2019. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>

Laki 646/2011. Jätelaki. Ympäristöministeriö. Muutokset 01.05.2012. Luettu 14.02.2019. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646>

Laki eläimistä saatavista sivutuotteista. Sivutuoteasetuksen liite 1. PDF. 10.10.2002.

LAMKgreen. Lämpö talteen hevosenlannasta. Video. Informaatiomuotoilulla maaseudun uusiutuvan energian mahdollisuudet esille –hanke. 22.01.2017. Lataaja LAMKgreen. Katsottu 21.04.2019. <https://youtu.be/PiDjfoP789k>

Lehtinen, J. 2018. Hevosenlannan hyödyntämisen mahdollisuudet ja haasteet toimijoiden silmin. Pro Gradu-tutkielma. Helsingin yliopisto. Maataloustieteiden maisterikoulutus. Luettu 20.04.2019. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-201805161900>

Lehtinen, J. 28.03.2018. Tallikohtaisia ratkaisuja kompostointiin ja lämmöntalteenottoon hevosenlannasta. PDF. Luettu 15.4.2019. <https://envitecpolis.fi/helmet/tietopankki/kompostointi/>

Motiva Oy. 2013. Biokaasun tuotanto maatilalla. PDF. Luettu 11.03.2019. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia/biokaasu](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/biokaasu)

Oksala, J., Havukainen, J., Rantala, T. 2018. Ongelmasta resurssiksi. Lannan hyödyntämisen tekniikkaopas talleille. HELY-hankeen tutkimusraportti. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Luettu 20.04.2019. <https://www.lut.fi/hevosenlannan-kestava-hyodyntaminen-ja-liiketoimintamahdollisuudet>

Pihkala, T. 2017. Käyttäjän kokemuksia hevosenlannan... HELMET-hankkeen luento. Lataaja Envitecpolis Oy. Luettu 21.04.2019. <https://envitecpolis.fi/helmet/tietopankki/kompostointi/>

Runsten, K. Hevostallien määrä lähentelee... Maaseudun Tulevaisuus. 09.04.2018. [www.maaseuduntulevaisuus.fi/hevoset/artikkeli-1.230823](http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/hevoset/artikkeli-1.230823)

Savonia-ammattikorkeakoulu. Lannan kompostointi. Video. RAE- ja Kestävä tal- liympäristöhankkeiden teemapäivästä- kooste. 20.06.2013. Lataaja Savonia-ammattikorkeakoulu. Katsottu 21.04.2019. <https://youtu.be/sUwoEz1Xrtw>

- Suomen Hevostietokeskus ry. Hevosen pitopaikka. Luettu 19.04.2019. <https://www.hevostietokeskus.fi/index.php?id=616&kieli=3>
- Suomen Hevostietokeskus ry. Hevosenlannan levittäminen pelloille. Luettu 19.04.2019. <https://hevostietokeskus.fi/index.php?id=971&kieli=3>
- Suomen Hevostietokeskus ry. Tallissa pito. Luettu 15.03.2019. <https://www.hevostietokeskus.fi/index.php?id=889&kieli=3>
- Tanskanen, R. 2017. XAMK. Esiselvitys. Esiselvitys Etelä-Savon hevostalouden materiaalivirtojen hyödyntämisestä uusiutuvana energiana. Luettu 28.03.2019. <https://www.theseus.fi/handle/10024/123007>
- Tuominen, R. 2018. XAMK. HevosWatti: Hevosenlannan demonstraatiokokeet Etelä-Savon elinkeinoelämää vahvistamaan. Luettu 07.02.2019. Opinnäytetyö.
- Turunen, H. 2013. Hevosen lanta lämmönlähteenä vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä. Opinnäytetyö. Karelia-ammattikoreakoulu. Ympäristötekniikan ylempi ammattikoreakoulututkinto. Luettu 21.04.2019. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201305025953>
- Valta, J. 2012. Uusiutuvaan energiaan perustuvan hybridilämmitysjärjestelmän... Pro Gradu-tutkielma. Jyväskylän yliopisto, Kestävän energian maisterikoulutus. Luettu 20.04.2019. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:ju-201210302818>
- Ympäristöministeriö, Maa- ja metsätalousministeriö, Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. Tuotantoeläinten lannan käyttö polttoaineena polttoaineteholtaan enintään 50 MW:n kattiloissa ohje. PDF. 14.11.2018. [https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Lannan\\_poltto\\_helppottuu\\_huomenna\\_ohjeet\\_\(48459\)](https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Lannan_poltto_helppottuu_huomenna_ohjeet_(48459))
- Öljy & Bio polttoaineala. Biopolttoaineet. 2019. Luettu 14.02.2019. <http://www.oil.fi/fi/ymparisto/biopolttoaineet>

## LIITTEET

### Liite 1. Ilmaan johdettavien päästöjen raja-arvot

Jätteenpolttolaitoksen ilmaan johdettavien päästöjen keskiarvot vuorokausikeskiarvoina

Epäpuhtaus	Raja-arvo (mg/m <sup>3</sup> (n))
Hiukkasten kokonaismäärä	10
Kaasumaiset ja höyrymäiset orgaaniset aineet orgaanisen hiilen kokonaismääränä (TOC)	10
Suolahappo (HCl)	10
Fluorivety (HF)	1
Rikkioksidi (SO <sub>2</sub> )	50
Typpimonoksidi (NO) ja typpidioksidi (NO <sub>2</sub> ) typpioksidina	200
Typpimonoksidi (NO) ja typpioksidi (NO <sub>2</sub> ) *	400

\* laitoksissa, joiden nimelliskapasiteetti on enintään 6 tonnia /tunti

## Liite 2. Jätevedeen syntyvien päästöjen raja-arvot

Savukaasujen puhdistuksessa syntyvään jätevedeen soveltuvat päästöjen raja-arvot

Epäpuhtaus	Päästöjen raja-arvot massapitoisuuksina suodattamattomissa näytteissä mg/l	
	95 %	100 %
Kiintoaineksen kokonaismäärä	30	45
Elohopea ja sen yhdisteet (Hg)	0,03	
Kadmium ja sen yhdisteet (Cd)	0,05	
Tallium ja sen yhdisteet (Tl)	0,05	
Arseeni ja sen yhdisteet (As)	0,15	
Lyijy ja sen yhdisteet (Pb)	0,2	
Kromi ja sen yhdisteet (Cr)	0,5	
Kupari ja sen yhdisteet (Cu)	0,5	
Nikkeli ja sen yhdisteet (Ni)	0,5	
Sinkki ja sen yhdisteet (Zn)	1,5	
Dioksiinit ja furaanit	0,3 ng/l	