

Opinnäytetyö AMK

Energia- ja ympäristötekniikka

2020

Tuomas Ahola

HEVOSEN KUIVIKELANNAN HYÖDYNTÄMISPOTENTIAALI ENERGIANTUOTANNOSSA VARSINAIS-SUOMEN ALUEELLA

Tuomas Ahola

HEVOSEN KUIVIKELANNAN HYÖDYNTÄMISPOTENTIAALI ENERGIANTUOTANNOSSA VARSINAIS-SUOMEN ALUEELLA

Tässä opinnäytetyössä raportoidaan Turun ammattikorkeakoulun HEPO – Hevosenlanta polttoon -hankkeen tuloksia. Suoritin haastattelut hevostalleille ja polttolaitoksille tammi-helmikuun aikana vuonna 2020. HEPO-hankkeessa selvitettiin hevosen kuivikelannan hyödyntämispotentiaalia energiantuotannossa Varsinais-Suomessa. Selvityksessä tavoitettiin 76 Varsinais-Suomen alueella toimivaa hevostallia, joiden vastauksiin ja haastatteluihin tulokset tallien osalta perustuvat. Kuivikelannan potentiaalisina energiahyödyntäjinä tavoitettiin 11 polttolaitosta alueen yhteensä 14 laitoksesta. Kolme polttolaitosta oli alustavasti kiinnostunut käyttämään hevosen kuivikelantaa polttoaineena ja yksi tavoitettu polttolaitos oli polttanut kuivikelantaa jo vuodesta 2016.

Suosituin tallien käyttämä kuivike oli turve, jota pidettiin usein ominaisuuksiltaan parhaana ja kustannustehokkaana. Turpeen suurta suosiota kuivikkeena voidaan kuitenkin pitää epäedullisena tuloksena energiahyödyntämisen kannalta, koska polttolaitokset eivät ole halukkaita käyttämään sitä polttoaineena. Tallien yleisimmin käyttämää turvekuiviketta ei lasketa biopolttoaineeksi eikä se muun muassa sen vuoksi kiinnosta biopolttoaineita käyttäviä polttolaitoksia. Turvekuivitettu lanta sisältää myös enemmän klooria ja alkaleja kuin puukuivitettu lanta. Kloori ja alkalit voivat vahingoittaa kattilatekniikkaa. Kaikki polttolaitokset, jotka olivat alustavasti kiinnostuneita käyttämään hevosen kuivikelantaa polttoaineena, mainitsivat ainoastaan puukuivitetun hevosenlannan kelpaavan heille.

Myös puukuivitetun lannan käyttäminen polttoaineena vaatisi isoja ja kalliita lisäinvestointeja polttolaitoksilta kattilatekniikkaan, polttoaineen käsittely ja -kuljetuslaitteistoihin suhteellisen marginaalisen polttoaine määrän hyödyntämiseksi. Tämä selittää polttolaitosten laimean yleisen kiinnostuksen käyttäen hevosen kuivikelantaa polttoaineena.

Selvityksen mukaan lannan sijoittaminen ei ollut merkittävä ongelma Varsinais-Suomessa. Suurin osa Varsinais-Suomen hevostallien lannasta päätyy lannoitteeksi joko omille tai viljelijöiden pelloille sekä mullan ja lannoitteiden tuottajille, jota voidaan pitää ravinteiden kierron kannalta parhaana vaihtoehtona.

Tällä hetkellä Varsinais-Suomen alueella syntyy noin 4000 m³ puupohjaista kuivikelantaa vuodessa, josta saataisiin esimerkiksi noin 2300 megawattituntia kaukolämpöä. Tämä vastaa noin sadan keskikokoisen omakotitalon vuosittaista lämmitystarvetta. Turvepohjaisen kuivikelannan potentiaali alueella on huomattavasti suurempi noin 15 000 m³ vuodessa. Jos turvetta kuivikkeena käyttävät tallit siirtyisivät käyttämään puupohjaista kuiviketta, lannan energian hyödyntämispotentiaali kasvaisi huomattavasti.

ASIASANAT:

Hevostalli, hevosenlanta, polttolaitos

BACHELOR'S / MASTER'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Energy and environmental technology

May 2020 | 34 pages, 5 pages in appendices

Tuomas Ahola

THE POTENTIAL OF HORSE MANURE IN ENERGY PRODUCTION IN SOUTH-WEST FINLAND

This Bachelor's thesis is based on the results of the project "HEPO – Horse manure burning" run by Turku University of Applied Sciences. I made interviews for horse stables and combustion plants during the January-February in 2020. During the project, the recovery potential of horse manure was investigated. 76 horse stables operating in South-West Finland were approached. As potential users of horse manure in energy production, 11 combustion plants from a total of 14 plants in the area were reached. Three facilities were tentatively interested in horse manure as a fuel and one facility has been burning horse manure since 2016.

The most common type of bedding used by stables was peat, which was often considered the best and the most cost-efficient option compared to other types of bedding. The popularity of peat can be considered an unfavorable result as combustion plants are not willing to use it as a fuel. Peat, the most common bedding type, is not considered a biofuel and consequently facilities that use biofuels are not interested in utilizing it. Also manure with a peat-based bedding contains chlorine and alkalis. Chlorine and alkali can cause damage to the technology in the boiler. All the facilities that were interested in the use horse manure as a fuel mentioned that only the manure with wood as bedding was considered by them.

Use of horse manure with wood-based bedding requires big and expensive additional investments to combustion plants. Plants would need to invest in boiler techniques, fuel processing and transportation to benefit from a relatively low amount of fuel. These issues explain low interest towards using horse manure as a fuel in combustion plants.

According to the report, disposal of horse manure is not a significant problem in South-West Finland. Most of the manure from stables ends up being used as a fertilizer in crop fields or by compost and fertilizer producers. These can be considered the best alternatives in terms of nutrient recycling.

At the moment of writing, approximately 4000 m³ of wood based horse manure was generated in the South-West Finland region. This is equivalent to about 2300MWh of heat, which is approximately equivalent to the heat used by a hundred medium-sized households annually. The annual potential of horse manure used with peat-based bedding is about 15 000 cubic meters, which is notably greater than that of wood-based horse manure. If stables that use peat as bedding started to use wood-based bedding, the potential of recovered energy from horse manure would increase notably.

KEYWORDS:

Horse stable, horse manure, combustion plant

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 HEPO-HANKKEEN TAUSTA JA TOTEUTUS	8
3 HEVOSENLANNAN POLTTAMISEEN LIITTYVÄ LAINSÄÄDÄNTÖ	9
3.1 Lainsäädännön tausta	9
3.2 Sivutuotelainsäädäntö	9
3.3 Ympäristönsuojelulainsäädäntö	11
3.4 Luvat ja valvonta	12
4 TALLIKYSELYN TULOKSET	14
4.1 Tallikysely	14
4.2 Tallien sijainti ja kokojakauma	14
4.3 Tallien käyttämät kuivikkeet ja lantahuollon tila	15
4.4 Kuivikkeiden- ja lantahuollon kustannukset	19
5 HEVOSENLANTA POLTTOAINEENA	24
6 POLTTOLAITOSKYSELYN TULOKSET	27
6.1 Polttolaitoskysely	27
6.2 Tulokset	27
6.3 Logistiikka	30
7 YHTEENVETO	32
LÄHTEET	34

LIITTEET

- Liite A. Selvitykseen osallistuneet hevostallit Varsinais-Suomessa
- Liite B. Tallien arvioitu kuivikelantamäärä kuutioina
- Liite C. Potentiaaliset polttolaitokset
- Liite D. Optimaaliset kuljetusmatkat
- Liite E. Kuljetusmatkat talleilta polttolaitoksille kilometreinä

KUVAT

Kuva 1. Tallien kokojakauma.	15
Kuva 2. Tallien käyttämät kuivikkeet.	16
Kuva 3. Jakauma talleilla vuodessa syntyvistä lantamääristä.	17
Kuva 4. Jakauma lannan loppusijoituspaikoista.	18
Kuva 5. Jakauma lannan kuljetusmatkoista.	19
Kuva 6. Keskimääräinen kuivikkeen hinta / hevonen vuodessa.	20
Kuva 7. Jakauma tallien lantahuollon kustannuksista vuodessa.	21
Kuva 8. Lantahuollon kustannukset vuodessa / hevonen käytetyn kuivikkeen mukaan.	21
Kuva 9. Tallien halukkuus siirtyä puupohjaiseen kuivikkeeseen.	22
Kuva 10. Keskimääräinen lannan loppusijoituksen kustannus vuodessa / hevonen loppusijoituspaikan mukaan.	23

TAULUKOT

Taulukko 1. Sivutuoteasetuksen mukaisten lantaa polttavien laitosten valvovat viranomaiset asiakohdittain (Ympäristöministeriö ym. 2018).	13
Taulukko 2. Hevosen kuivikelannan ominaisuuksia alle 3 kuukautta vanha lanta (muokattu lähteestä Tanskanen ym. 2017). HorsePower-kuivikelannan tiedot on otettu lähteestä Heinonen 2017.	25
Taulukko 3. Hevosen kuivikelannan ominaisuuksia yli 3 kuukautta vanha lanta (muokattu lähteestä Tanskanen ym. 2017).	25

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

Biopolttoaine	Biomassasta eli elopäisestä aineesta tuotettu polttoaine (Talja 2010).
Kattilan polttoaineteho	Tarkoittaa kattilan maksimitehoa. Polttoaineteho on riippuvainen polttoaineen lämpöarvosta, syötetyn polttoaineen määrästä sekä palamisnopeudesta (Aalto-yliopisto 2011).
Kuivikelanta	Ulosteen, virtsan ja kuivikkeen sekoitus (Hevostietokeskus 2018).
mg/m ³ n	Päästöpitoisuus, milligrammaa normaalikuutiometrissä savukaasua (Keison).
MWh-i-m ³	Energiatiheys, megawattituntia irtokuutiometrissä polttoainetta (Alakangas ym. 2016).
Savukaasut	Savukaasut ovat palamisessa syntyviä kaasuja. Savukaasujen koostumus riippuu palavasta aineesta. Yleensä savukaasut sisältävät hiilidioksidia, vesihöyryä, typpeä ja happea, sekä niissä voi olla pieniä pitoisuuksia typen ja rikin oksidia sekä häkää ja pienhiukkasia. (Paso 2014.)
Tehollinen lämpöarvo	”Alempi lämpöarvo, joka on lämpömäärä, joka syntyy poltettaessa yksi massayksikkö polttoainetta, kun palamisen yhteydessä kehittyvä vesi – jonka määrä riippuu vetypitoisuudesta höyrystyy ja jäähtyy takaisin alkulämpötilaan pysyen höyryn muodossa” (Alakangas ym. 2016).
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa	Toimituskostean tai saapumistilassa olevan polttoaineen lämpöarvo (Alakangas ym. 2016).

1 JOHDANTO

Hevosalan osaamiskeskus Hippolis ry:n julkaiseman Hevostalous lukuina -raportin mukaan Suomessa oli vuonna 2018 noin 16 000 hevostallia ja 74 400 hevosta (Hippolis 2019a). Suomen Normilanta-järjestelmän mukaan Suomessa syntyy vuosittain noin 700 000 tonnia hevosenlantaa (Luostarinen ym. 2017). Tämä on varsin merkittävä määrä, jos se saadaan hyödynnettyä ravinteina tai energiaksi.

Hevosenlannan hyödyntämistä on tutkittu valtakunnallisesti monessa eri hankkeessa, joista merkittävimpana mainittakoon Juha Sipilän hallituksen kärkihankkeeksi nostama HELMET – hevosenlanta menestystarinoiksi -hanke. HELMET-hanke käynnistyi vuonna 2016 ja sen toteutti Envitecpolis Oy. Hankkeessa etsittiin ratkaisuja hevosenlannan hyödyntämiseksi ja tallien lantahuollon helpottamiseksi yhdessä tallien, hevosalanryittäjien ja lannan käsittelyketjun kanssa, jotta lanta saataisiin entistä paremmin hyötykäyttöön ravinteina ja energiana sekä luotaisiin uutta liiketoimintaa.

Euroopan unioni teki vuonna 2017 muutoksen sivutuotteita koskevaan asetukseen. Muutoksen myötä tuotantoeläinten lannan polttoa polttoaineteholtaan korkeintaan 50 megawatin polttolaitoksessa ei enää katsota jätteenpoltoksi. EU-asetusmuutos aiheutti muutostarpeita kansalliseen eläimistä saatavia sivutuotteita säättävään sivutuoteasetukseen sekä ympäristönsuojelulakiin. Nämä lakimuutokset astuivat voimaan 15.11.2018. Aikaisemmin lainsäädäntö salli lannan polton ainoastaan jätteenpolttolaitoksissa. Nyt polttaminen alle 50 megawatin yksiköissä katsotaan jätteenpolton sijaan energiantuotannoksi. Lisäksi ympäristönsuojelulaissa säädetään poikkeuksista, jotka tuovat lisähelpotuksia lannan polttoon. Poikkeukset koskevat muun muassa polttolämpötilavaatimuksia sekä päästöraja-arvojen määrittämistä. (Eduskunta 2018.)

Turun ammattikorkeakoulun HEPO – Hevosenlanta polttoon -hankkeen tavoitteena oli selvittää hevostallien lannan loppusijoitus käytäntöjä sekä polttolaitosten kiinnostus hyödyntää hevosenlantaa polttoaineena energiantuotannossa. Varsinais-Suomen hevostallien lannan loppusijoituksesta ja polttolaitosten kiinnostuksesta ei ollut ajantasalla olevaa tietoa ennen HEPO-hankkeen toteutusta. Yleisen käsityksen mukaan lannan loppusijoitus on ollut ongelma hevostalleille.

2 HEPO-HANKKEEN TAUSTA JA TOTEUTUS

HEPO-hankkeessa selvitettiin hevosenlannan hyödyntämispotentiaalia Varsinais-Suomessa. Tarkemmin eriteltynä kartoitettiin Varsinais-Suomen hevostallien halukkuutta luovuttaa lantaa polttolaitoksille ja polttolaitosten kiinnostusta käyttää sitä polttoaineena energian tuotantoon. Hankkeessa selvitettiin myös, onko talleilla ongelmia lannan loppusijoituksessa sekä tarkasteltiin logistiikkaa ja lannan loppusijoituksesta aiheutuvia kustannuksia.

Hankkeen projektipäällikkönä toimi Pekka Alho Turun ammattikorkeakoulusta. Tuomas Ahola teki hankkeelle AMK-lopputyötään ja vastasi talli- ja polttolaitoskyselyiden käytännön toteutuksesta olemalla henkilökohtaisesti yhteydessä kaikkiin toimijoihin sekä analysoi tulokset ja teki hankkeen julkaisun yhteistyössä Pekka Alhon kanssa. Hanke toteutettiin yhteistyössä hankkeen alkuvaiheessa kiinnostuksen perusteella valikoituneen työryhmän kanssa.

HEPO – hevosenlanta polttoon -hanke sai rahoituksen Varsinais-Suomen ELY-keskuksen myöntämänä Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelmasta 2014–2020. Hankkeen toteutusaika oli 1.5.2019–31.3.2020.

Kiitokset projektipäällikkö Pekka Alholle (Turku AMK) projektin ohjaamisesta sekä kenttämestari Juha Niemelle (Turku AMK) korvaamattomasta avusta karttojen tuottamisessa. Kiitokset myös asiantuntijoista koostuvalle hanketyöryhmälle: Anne Ahtiainen (Liedon Lämpö Oy), Eliisa Merivirta (Suomen ratsastajaliitto ry / talli Merlitz), Roger Johansson (Turun Hippos ry), Jukka Kontulainen (Pro Agria Länsi-Suomi) ja Kirsi Siivonen (Suomen ratsastajaliitto ry).

3 HEVOSENLANNAN POLTTAMISEEN LIITTYVÄ LAINSÄÄDÄNTÖ

3.1 Lainsäädännön tausta

Euroopan unioni teki vuonna 2017 muutoksen sivutuotteita koskevaan asetukseen (EU) 1262/2017. Muutoksen myötä tuotantoeläinten lannan polttoa polttoaineteholtaan korkeintaan 50 megawatin polttolaitoksessa ei enää katsota jätteenpoltoksi, jolloin toiminnassa ei tarvita myöskään jätteenpolttolupaa. Jos kattilassa poltetaan tuotantoeläinten lannan lisäksi joitain muita eläinperäisiä sivutuotteita tai jos polttolaitoksen yhden kattilan tai kaikkien kattiloiden yhteenlaskettu polttoaineteho on yli 50 megawattia, katsotaan toiminta edelleen jätteenpoltoksi. (Eduskunta 2018.)

EU-asetusmuutos aiheutti muutostarpeita kansalliseen eläimistä saatavia sivutuotteita säättävään sivutuoteasetukseen (517/2015) sekä ympäristönsuojelulakiin (527/2014). Nämä lakimuutokset astuivat voimaan 15.11.2018. Ympäristöministeriö, maa- ja metsätalousministeriö ja Ruokavirasto ovat yhteistyössä laatineet lannan polttoa koskevan ohjeen. (Ympäristöministeriö ym. 2018.)

3.2 Sivutuotelainsäädäntö

Lannan polttamisessa on noudatettava sivutuoteasetuksen mukaisia yleisiä vaatimuksia, kuten lannan kuljetukseen, hygieniaan, tuholaiistorjuntaan, kattilan sijaintiin ja kirjanpitoon liittyen. Lanta on varastoitava sille varattuun paikkaan siten, että sen myöhempi siirtelyn tarve minimoidaan. Tuotantoeläimet eivät saa päästä alueelle, minne lanta on varastoitettu. Pitkäaikaisessa varastoinnissa varastotila on katettava, jotta estetään lannan sisältämien ravinteiden leviäminen ympäristöön sadeveden mukana. Lannan syöttäminen kattilaan pitää toteuttaa automaattisella kuljetuslaitteistolla. Poikkeuksena ovat polttoaineteholtaan korkeintaan 0,5 megawatin kattilat, joihin polttoaine voidaan syöttää käsin. (Ympäristöministeriö ym. 2018.)

Tautiriskin vuoksi komission asetus (EU) 142/2011 vaatii lannan poltosta syntyvien savukaasujen lämpötilan olevan joko kahden sekunnin ajan +850 C tai 0,2 sekunnin ajan +1 100 C. Asetus vaatii myös automaattista lämpötilan mittausta ja tallentamista, jotta

viranomainen voi tarkistaa riittävän polttolämpötilan. Lämpötila on mitattava kattilan sisäseinän läheisyydestä, jossa palaminen tapahtuu tai muusta viranomaisen hyväksymästä kattilan kohdasta. Tämän lisäksi lantaa polttavassa kattilassa on oltava lisäpoltin, jota on käytettävä käynnistys- ja pysäytystoimien aikana sekä matalilla kuormilla vaaditun lämpötilan varmistamiseksi. (Ympäristöministeriö ym. 2018.)

Kattiloilla, jotka ovat olleet toiminnassa kansallisten muutoslakien tullessa voimaan 15.11.2018, on kuuden vuoden siirtymäaika eli 15.11.2024 saakka aikaa hankkia lisäpoltin ja päästä savukaasujen lämpötila- ja viipymäaika-vaatimuksiin. Kyseinen siirtymäaika ei kuitenkaan koske vaatimuksia lämpötilan mittaamisesta eikä mittaustulosten tallentamisesta ja esittämisestä. (Ympäristöministeriö ym. 2018.)

Sivutuotelainsäädännössä ja ympäristönsuojelulaissa on myös asetettu vaatimus mitata vuosittain rikkidioksidin, typen oksidien ja hiukkasten päästöt kaikilla lantaa polttavilla laitoksilla. Kaikki mittaustulokset on tallennettava ja esitettävä siten, että viranomainen pystyy tarkistamaan ne.

Edellä mainituissa lainsäädännöissä lannan polton päästöraja-arvot on esitetty 11 %:n happipitoisuudessa. Tässä raportissa päästöraja-arvot on esitetty muunnettuna 6 %:n happipitoisuudessa ympäristöministeriön, maa- ja metsätalousministeriön ja Elintarviketurvallisuusvirasto Eviran ohjeen mukaan, koska se on kiinteää polttoainetta polttavien kattiloiden päästöraja-arvojen esittämisessä tyypillisesti käytetty menetelmä. (Ympäristöministeriö ym. 2018.)

Lannan poltolle määritetyt savukaasujen epäpuhtauspitoisuudet 6 %:n happipitoisuudessa, joita ei saa ylittää ovat: rikkidioksidi (SO_2) 75 $\text{mg}/\text{m}^3\text{n}$, typen oksidit ilmaistuna typpidioksidina (NO_2) 300 $\text{mg}/\text{m}^3\text{n}$ ja hiukkaset 15 $\text{mg}/\text{m}^3\text{n}$. Poikkeuksena ovat polttoaineteholtaan alle 5 megawatin kattilat, joissa hiukkaspäästöt voivat olla enintään 75 $\text{mg}/\text{m}^3\text{n}$. (Ympäristöministeriö ym. 2018.)

Jos kyseessä on monipolttoaineyksikkö eli kattila, jossa poltetaan samanaikaisesti kahta tai useampaa polttoainetta lukuun ottamatta käynnistys- ja pysäytysjaksoja, päästöraja-arvojen määrittämiseen käytetään ns. PIPO-asetuksen eli valtioneuvoston asetus keski suurten energiantuotantoyksiköiden ja -laitosten ympäristönsuojeluvaatimuksista (1065/2017) mukaista laskentakaavaa. Ympäristöviranomainen määrittää monipolttoaineyksikön raja-arvot laskentakaavalla polttolaitoksen esittämien lähtötietojen mukaan eli mitä polttoaineita käytetään, kuinka paljon sekä niiden lämpöarvojen perusteella. PIPO-

asetus ei kuitenkaan koske polttoaineteholtaan alle 1 megawatin kattiloita. (Ympäristöministeriö ym. 2018.)

Polttolaitoksen tai yksityisen toimintaa harjoittavan on ilmoitettava viranomaiselle kattilaan suunnitelluista muutoksista, jotka voivat vaikuttaa päästöihin. Kunnaneläinlääkärin toimialueelle kuuluvissa asioissa ilmoitus on tehtävä kunnaneläinlääkärille vähintään kuukausi ennen päivää, jolloin muutoksen on tarkoitus tapahtua. Rekisteröitävässä toiminnassa muutos edellyttää uutta rekisteröintiä vähintään 30 päivää ennen tapahtuvaa muutosta. Ympäristölupavelvollisessa toiminnassa ympäristölupaa täytyy muuttaa ennen kuin muutos voidaan tehdä. Myös tilanteissa, joissa esimerkiksi laitteiston rikkoutumisen takia päästöjen raja-arvot tai vaaditut polttolämpötilat eivät täyty, on siitä ilmoitettava mahdollisimman pian asiasta vastaavalle viranomaiselle. (Ympäristöministeriö ym. 2018.)

3.3 Ympäristönsuojelulainsäädäntö

Polttoaineteholtaan vähintään 1 mutta alle 50 megawatin kattiloiden on noudatettava 1.1.2018 voimaan tullutta valtioneuvoston asetusta keskisuurten energiantuotantoyksiköiden ja -laitosten ympäristönsuojeluvaatimuksista (1065/2017) eli ns. PIPO-asetusta. Kyseisessä asetuksessa on säädetty mm. rekisteröinnistä, meluntorjunnasta, päästöraja-arvoista, jätevesien käsittelystä, polttoaineiden käsittelystä ja varastoinnista, jätehuollosta, poikkeuksellisista tilanteista, kirjanpidosta sekä tietojen toimittamisesta. PIPO-asetus ei koske kattiloita, joiden polttoainetehto on alle 1 megawattia. (Ympäristöministeriö ym. 2018.)

Uutta 1.1.2018 voimaan tullutta PIPO-asetusta, on noudatettava soveltavalla aikataululla, riippuen minkälainen kattila on kyseessä. Tällä hetkellä käytössä oleva vähintään 1 mutta alle 50 megawatin kattila, jonka on aikaisemmin täytynyt noudattaa vanhaa kumottua asetusta 750/2013 eli vanhaa PIPO-asetusta, on noudatettava uutta asetusta 1.1.2018 alkaen. Tällä hetkellä käytössä oleva vähintään 1 mutta alle 5 megawatin kattila, jonka ei ole tarvinnut noudattaa vanhaa kumottua asetusta, on noudatettava uutta asetusta vasta 1.1.2030 alkaen. Kyseisen kattilan on kuitenkin noudatettava lantaa polttaessaan sivutuotelainsäädäntöä. Uuden vähintään 1 mutta alle 50 megawatin kattilan on noudatettava uutta PIPO-asetusta heti käyttöönotosta. Jos on epäselvää, täytyykö kattilan noudattaa uutta PIPO-asetusta ja mistä lähtien, kannattaa asiaa tiedustella kunnan ympäristöviranomaiselta. (Ympäristöministeriö ym. 2018.)

3.4 Luvat ja valvonta

Sivutuoteasetuksen mukaan kunnaneläinlääkäriin luvan tarvitsevat eläintiloilla sijaitsevat tai polttoaineteholtaan alle 1 megawatin kattilat. Kunnaneläinlääkäriin luvan tarvitsevat myös tällä hetkellä käytössä olevat polttoaineteholtaan vähintään 1 mutta alle 5 megawatin kattilat, jotka alkavat noudattaa uutta PIPO-asetusta vasta 1.1.2030 alkaen. Lupaa haetaan lomakkeella kunnaneläinlääkäriltä, joka käy tarkistamassa edellytykset lannan poltolle. (Ympäristöministeriö ym. 2018.)

Kattiloihin, joissa poltetaan lantaa, saatetaan edellyttää ympäristöviranomaisen rekisteröintiä, mutta asia on tapauskohtainen. Yleisesti rekisteröintiä edellyttävät kiinteän polttoaineen kattilat, jotka ovat polttoaineteholtaan vähintään 1 mutta alle 20 megawattia. Rekisteröinti-ilmoitus tulee tehdä kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle vähintään 30 päivää ennen lannan polttamisen aloittamista. Tällä hetkellä käytössä olevien polttoaineteholtaan vähintään 1 mutta alle 5 megawatin kattiloiden, joiden pitää noudattaa PIPO-asetusta vasta 1.1.2030 alkaen, tulee olla rekisteröityinä viimeistään 1.1.2029. (Ympäristöministeriö ym. 2018.)

Kiinteän polttoaineen kattilat, joiden polttoainetehto on vähintään 20 megawattia, tarvitsevat ympäristöluvan. Ympäristölupahakemus tehdään yleensä kunnan ympäristöviranomaiselle, mutta jossain tapauksissa hakemus tulee tehdä aluehallintovirastolle. Merkittävät muutokset laitoksen toiminnassa voivat edellyttää ympäristöluvan muuttamista. Suunniteltuja muutoksia ei voi toteuttaa, ennen kuin ne on hyväksytty ympäristöluvassa. Lähtökohtaisesti alle 1 megawatin kattilat eivät tarvitse ympäristöviranomaisen rekisteröintiä eivätkä ympäristölupaa. Epäselvissä tilanteissa kannattaa tiedustella asiaa oman kunnan ympäristöviranomaiselta. (Ympäristöministeriö ym. 2018.)

Sivutuoteasetuksen mukaisten polttolaitosten valvontaa kunnassa hoitaa ympäristönsuojeluviranomainen ja kunnaneläinlääkäri. Taulukkoon 1 on merkitty asetuksen (EU) 1262/2017 mukaisten lantaa polttavien laitosten valvovat viranomaiset asiakohdittain.

Taulukko 1. Sivutuoteasetuksen mukaisten lantaa polttavien laitosten valvovat viranomaiset asiakohdittain (Ympäristöministeriö ym. 2018).

	Muualla kuin eläintiloilla sijaitsevat kattilat, jotka ovat ympäristönsuojelulain mukaan rekisteröitäviä tai luvanvaraisia.		Eläntiloilla sijaitsevat kattilat, jotka ovat ympäristönsuojelulain mukaan rekisteröitäviä tai luvanvaraisia.		Kattilat, jotka eivät ole ympäristönsuojelulain mukaan rekisteröitäviä tai luvanvaraisia.	
	YSV	KEL	YSV	KEL	YSV	KEL
Yleiset				x		x
Varastointi				x		x
Lannan syöttö suoraan kattilaan				x		x
Käsinsyöttöpoikkeus				x		x
Savukaasun lämpötila ja viipymäaika	x		x	x		x
Lisäpoltin	x		x			x
Päästöraja-arvojen noudattaminen	x		x			x
Päästömittaukset	x		x			x
Muutokset ja häiriöt				x		x
Rikkoutuminen				x		x
PIPO-asetuksen määräysten noudattaminen	x		x			

Uusi lainsäädäntö ei ole erityisen helppotulkintainen, koska erikokoisiin polttolaitoksiin kohdistuu vaatimuksia useammasta eri asetuksesta ja laista. Lakimuutosten myötä hevosyrittäjät saavat kuitenkin uuden vaihtoehdon lannan loppusijoitukseen. Myös polttolaitokset hyötyvät lakimuutoksista, koska hevosen kuivikelanta on verraten halpaa polttoainetta ja ominaisuuksiltaan riittävän hyvää polttoainekäyttöön.

4 TALLIKYSELYN TULOKSET

4.1 Tallikysely

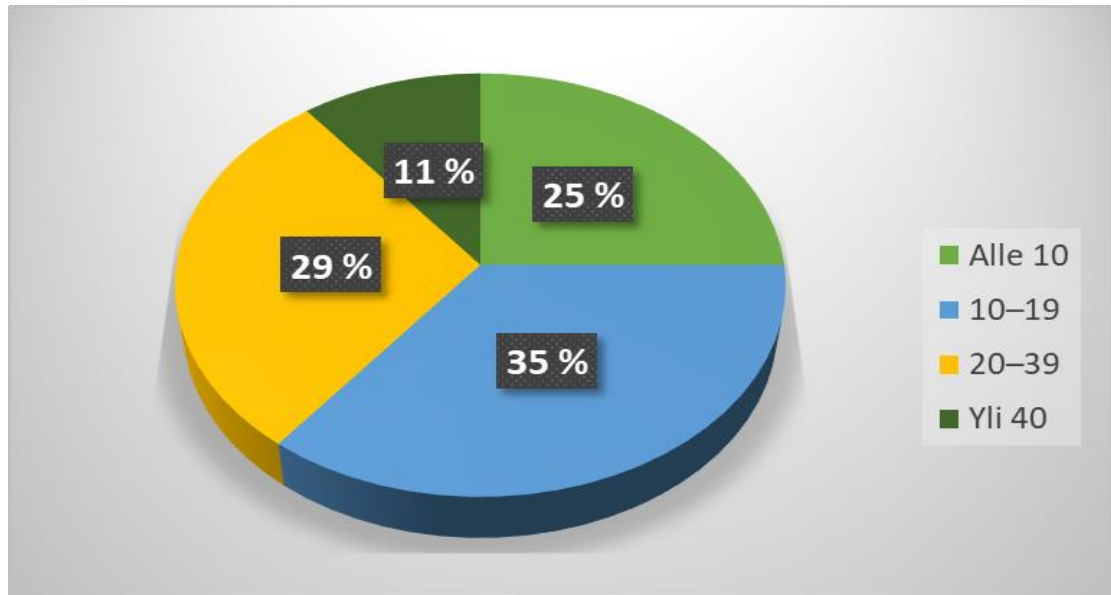
Varsinais-Suomen alueella tehtiin HEPO – Hevosenlanta polttoon -hankkeeseen liittyen tallikysely, jonka tarkoituksena oli hahmottaa lantahuollon nykytilannetta ja hevosen kuivikelannan potentiaalia polttoainekäyttöön polttolaitoksissa. Kysely suoritettiin puhelinkaastatteluina ajalla 13.1.2020–17.2.2020. Kyselyyn saatiin vastaus yhteensä 76 Varsinais-Suomen alueella toimivalta hevostallilta. Tällä hetkellä ei ole tiedossa, kuinka monta hevostallia kokonaisuudessaan toimii Varsinais-Suomen alueella, koska niistä ei ole olemassa rekisteriä. Tähän on tulossa muutos vuoden 2020 aikana, kun Ruokavirasto (ent. EVIRA) on avannut sähköisen asiointin hevosten pitopaikkojen rekisteröimiseksi. Ilmoitusvelvollisuus koskee kaikkia hevosia ja poneja pitäviä. Ilmoitukset on tehtävä viimeistään 31.12.2020 mennessä (Hippolis 2019b).

Kyselyssä selvitettiin:

- tallin koko ja sijainti
- käytössä oleva kuivike
- syntyvän kuivikelannan määrä vuodessa
- lantalan/kontin tyhjennyskerrat vuodessa
- kuivikelannan loppusijoituspaikka ja kuljetusmatka
- kuivikkeen ja lantahuollon kustannukset vuodessa
- onko talli valmis siirtymään puupohjaiseen kuivikkeeseen
- kokeeko talli lannan hävittämisen ongelmalliseksi
- onko talli kiinnostunut yhteistyöstä polttolaitosten kanssa.

4.2 Tallien sijainti ja kokojakauma

Varsinais-Suomen alueella tehtyyn tallikyselyyn vastasi yhteensä 76 hevostallia ja niillä oli yhteensä 1 466 hevosta. Kyselyyn vastanneista talleista yhteensä 60 % oli pieniä alle 10 hevosen tai keskisuuria 10–20 hevosen talleja. Suurempia yli 20 hevosen talleja oli yhteensä 40 % talleista. Tallien kokojakauma on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Tallien kokojakauma.

Kyselyyn vastanneista talleista 2 sijaitsi Aurassa, 13 Kaarinassa, 1 Kemiönsaaressa, 2 Koski TI:ssa, 3 Laitilassa, 4 Liedossa, 2 Loimaalla, 2 Marttilassa, 3 Maskussa, 2 Mynämäessä, 2 Naantalissa, 3 Paimiossa, 5 Paraisilla, 1 Pöytyällä, 3 Raisiossa, 4 Ruskolla, 12 Salossa, 1 Sauvossa, 9 Turussa ja 2 Uudessakaupungissa.

4.3 Tallien käyttämät kuivikkeet ja lantahuollon tila

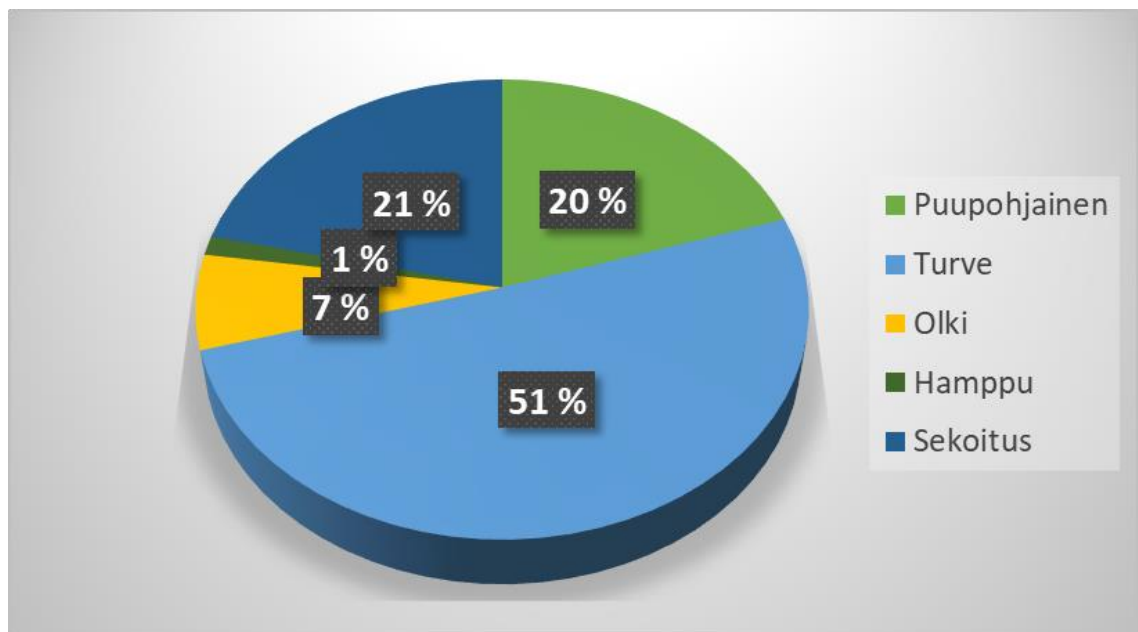
Tallien käyttämät kuivikkeet vaihtelivat turpeen, puupohjaisen, oljen, hampun tai edellä mainittujen sekoituksen välillä. Selvästi suosituin käytetty kuivike oli turve, jota käytti peräti 51 % talleista. Turpeen käyttöä kuivikkeena perusteltiin sen ylivertaisen ammoniakkin ja nesteensitomiskyvyn sekä halvan hinnan ja helpon loppusijoituksen perusteella. Turpeen huonoina puolina pidettiin sen tummaa väriä ja pölyämistä.

Toiseksi suosituin kuivike 21 % osuudella oli eri kuivikkeiden sekoitus, joka oli yleensä turpeen ja puupohjaisen tai oljen sekoitus. Sekoituksen käyttöä perusteltiin suurimmaksi osaksi sen parhaiden ominaisuuksien perusteella. Moni sekoitusta käyttävistä talleista kertoi sen olevan vielä parempi kuin pelkkä turve.

Kolmanneksi suosituin kuivike 20 % osuudella oli puupohjainen kuivike, kuten sahanpuru, kutteri sekä puru- ja puupelletti. Puupohjaisen kuivikkeen käyttöä perusteltiin sen vaalean värin ja raikkaan tuoksun perusteella. Kuivikkeen vaalea väri helpottaa myös

lannan siivoamista karsinasta. Puupohjaisen kuivikkeen huonoina puolina pidettiin huonoa ammoniakkiin sitomiskykyä ja kallista hintaa. Kaksi tallinpitäjää kertoi turpeen aiheuttavan heille allergisia oireita, minkä vuoksi he käyttivät puupohjaista kuiviketta. Osaltaan puupohjaisen kuivikkeen käyttöön vaikuttaa varmasti Fortumin HorsePower-palvelun käyttö. 15:sta puupohjaista kuiviketta käyttävästä tallista 7 oli Fortumin asiakkaita.

Olkea käytti 7 % vastanneista talleista. Oljen käyttöä perusteltiin sillä, että se on mukavin hevoselle. Suurin osa olkea käyttävistä talleista vastasi saavansa oljen ilmaiseksi omalta pellolta, joka varmasti vaikuttaa oljen käyttöön kuivikkeena. Yksi vastanneista talleista käytti kuivikkeena hamppua ja oli siihen kaikin puolin tyytyväinen. Yksi vastanneista kertoi, ettei käytä kuiviketta ollenkaan, koska hevoset ovat pihatossa ja maaperää imee kosteuden hyvin. Tallien käyttämien kuivikkeiden jakauma on esitetty kuvassa 2.

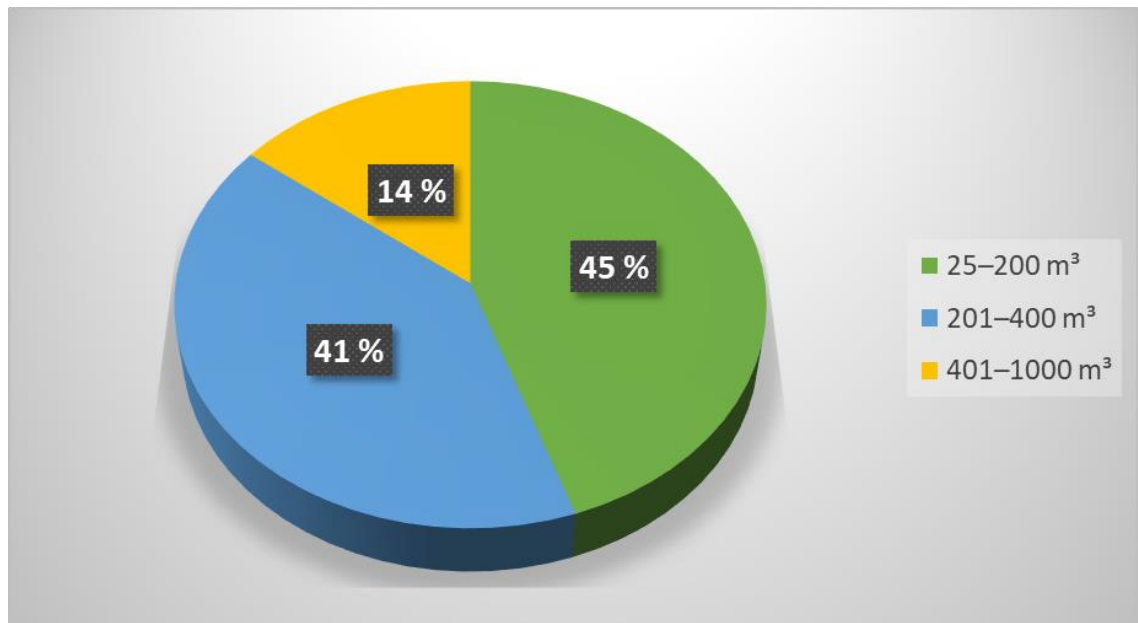


Kuva 2. Tallien käyttämät kuivikkeet.

HEPO – hevosenlanta polttoon -hankkeen yhteydessä tehdyn polttolaitoskyselyn mukaan suuret puupohjaista kuiviketta käyttävät tallit ovat kiinnostavimpia, koska suurilla talleilla syntyy yleensä enemmän kuivikelantaa ja puukuivitettu lanta lasketaan biopolttoaineeksi. Polttolaitokset ovat kiinnostuneita talleista, joilta saa tasaisesti suuria määriä lantaa. Turvekuivitettyä lantaa ei pidetä kiinnostavana, koska se on hyvin kostea ja sisältää enemmän kattilassa korroosiota aiheuttavaa klooria kuin puukuivitetty lanta. Eriyksen huonona polton kannalta pidetään olkikuivitettyä lantaa, koska se sisältää suuria määriä klooria, alkaleja ja tarttuu kiinni polttolaitoksen polttoainekuljettimiin.

Kyselyssä selvitettiin myös, kokevatko tallit lantahuollon ongelmalliseksi. 76:sta tallista 83 % oli tyytyväisiä lantahuoltoon eikä sitä koettu ongelmalliseksi. Talleista 17 % koki lantahuollon ongelmalliseksi. Yleisimmät syyt siihen olivat lantahuollon korkea hinta ja sen aiheuttama työmäärä. Yksi talli kertoi lannan loppusijoituksen olevan todellinen ongelma, koska se joutui vakituisen loppusijoituspaikan puutteessa joka tyhjennyskerralla etsimään lannan vastaanottajaa.

Kyselyssä tiedusteltiin talleilla syntyvän kuivikelannan määrää vuodessa. Kaikkien kyselyyn vastanneiden 76 tallin yhteenlaskettu lantamäärä oli 20 415 m³ vuodessa. Yhtä hevosta kohti kuivikelantaa syntyi keskimäärin 13,9 m³ vuodessa. Talleista 45 % vastasi lantaa syntyvän 25–200 m³ vuoden aikana, 41 % vastasi lantaa syntyvän 201–400 m³ ja loppuilla 14 % talleista lantaa syntyi 401–1 000 m³. Kuvassa 3 on esitetty jakauma talleilla vuodessa syntyvistä lantamääristä.



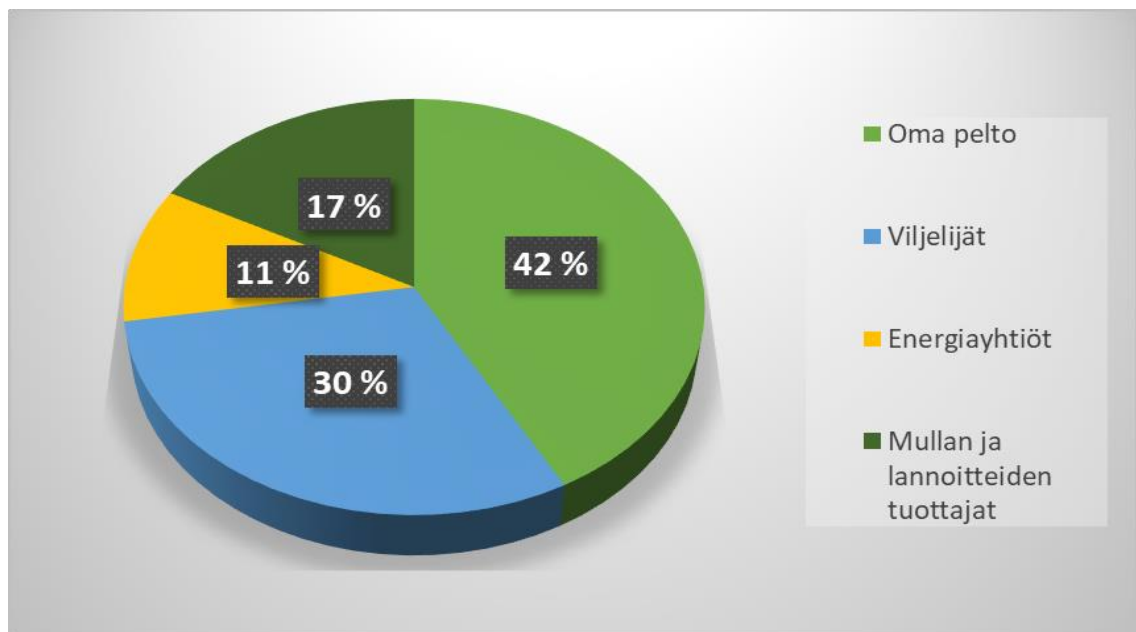
Kuva 3. Jakauma talleilla vuodessa syntyvistä lantamääristä.

Osalla talleista oli vaikeuksia arvioida syntyvän kuivikelannan määrää, joten raportin lantamäärissä on varmasti virhettä todelliseen määrään. Talleille, jotka eivät osanneet arvioida vuodessa syntyvää kuivikelannan määrää, laskennassa on käytetty keskiarvoa 13m³ lantaa / hevonen vuodessa.

Tallikyselyn mukaan yhteensä 72 % talleista sijoittaa lannan kompostoituna suoraan omaan peltoonsa tai viljelijöille. Tätä voidaankin pitää ravinteiden kierrätyksen ja lannan maanparannusvaikutuksen kannalta parhaana vaihtoehtona. Hevoselannan

soveltavuus lannoitekäyttöön ja maanparannusaineeksi riippuu käytetystä kuivikkeesta. Kuivikkeista parhaiten lannoitekäyttöön soveltuvat olki ja turve. Puupohjaiset kuivikkeet kompostoituvat hitaasti, mikä heikentää niiden soveltuvuutta lannoitekäyttöön. (Eduskunta 2018.)

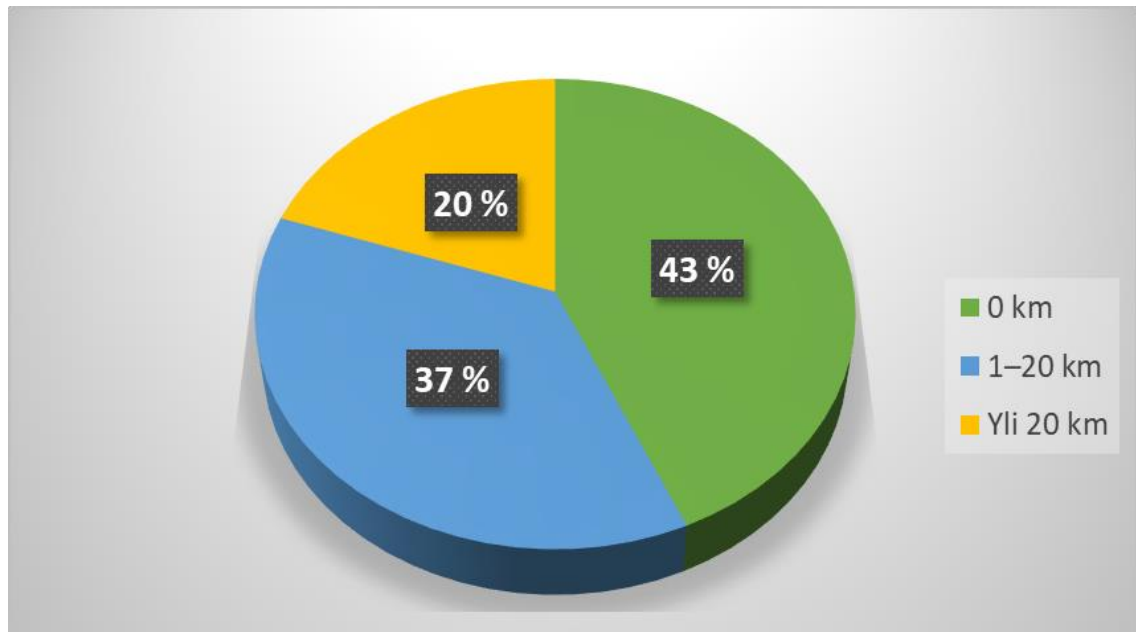
Talleista 17 % oli mullan ja lannoitteiden tuottajien asiakkaita. Esimerkiksi Biolan tarjoaa talleille palvelua lantahuoltoon. Jos talli ostaa kuiviketurpeen Biolanilta, se hakee lannan ilmaiseksi talleilta omaan lannoitetuotantonsa. Varsinkin kyselyyn vastanneet suuret turvetta kuivikkeena käyttävät 30–50 hevosen tallit olivat usein Biolanin asiakkaita. Tallit olivat myös todella tyytyväisiä Biolanin palveluun ja pitivät sitä edullisena vaihtoehtona lannan hävittämiseen. Kuvassa 4 on esitetty jakauma tallien lannan loppusijoituspaikoista.



Kuva 4. Jakauma lannan loppusijoituspaikoista.

Talleista 8 eli 11 % oli energiayhtiöiden asiakkaita. Näistä 8 tallista 7 oli Fortumin asiakkaita ja 1 luovutti lannan biokaasun tuottajalle. Fortumin HorsePower-palvelussa talli voi halutessaan ostaa puupohjaisen kuivikkeen Fortumilta sekä vuokrata vaihtolavan. Kun lava on täynnä, talli tilaa tyhjennyksen ja Fortum tuo tyhjän lavan tilalle. Tallit pitivät Fortumin HorsePower-palvelua erittäin toimivana ratkaisuna, mutta kalliina vaihtoehtona lannan hävittämiseen. Kaikki seitsemän Fortumin asiakasta olisivat valmiita vaihtamaan yhtä toimivaan halvempaan palveluun, jos mahdollista.

Lannan kuljetusmatkat olivat yleisesti melko lyhyitä. Yhteensä 80 % talleista kertoi lannan kuljetusmatkan olevan 0–20 km, jota voidaan pitää hyvänä tuloksena. Lannan loppusijoituspaikan tulisi olla mahdollisimman lähellä tallia, koska kuljetusmatkat ovat yksi lantahuollon merkittävimmistä kustannuksista. Kuvassa 5 on esitetty jakauma lannan kuljetusmatkoista.

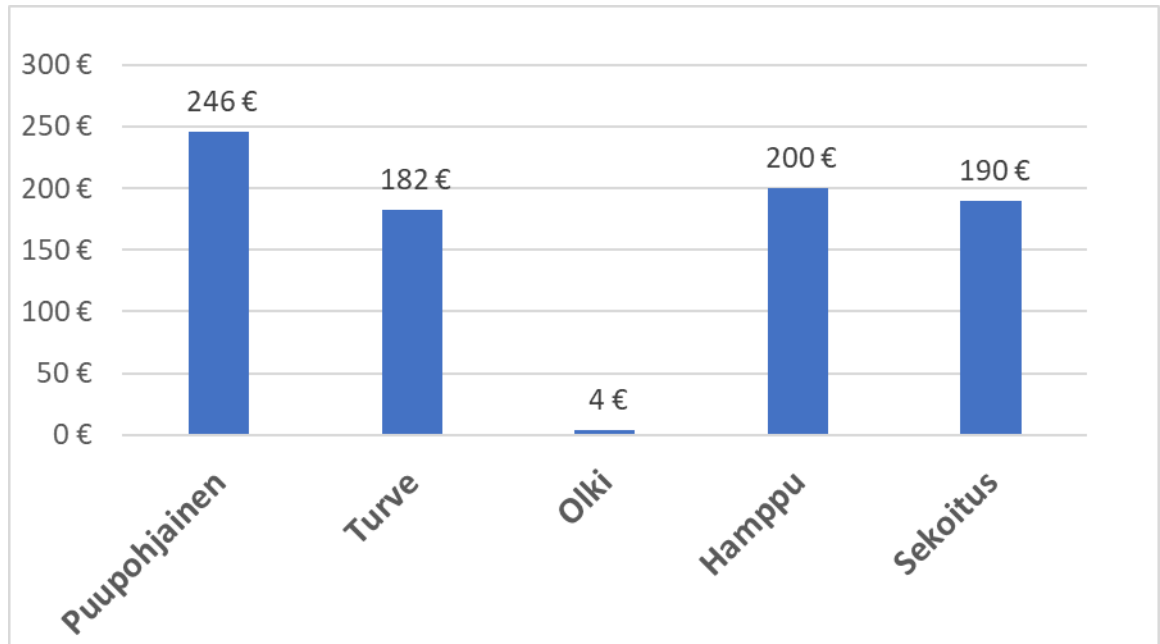


Kuva 5. Jakauma lannan kuljetusmatkoista.

Lannan kuljetus on kallista ja muodostuu erittäin kalliiksi, kun kuljetusmatka ylittää 20–25 km (Hevostietokeskus 2018). Kuljetusmatkoista 20 % oli yli 20 km pitkiä; tämä 20 % muodostuu käytännössä Biolanin ja Fortumin asiakkaista.

4.4 Kuivikkeiden- ja lantahuollon kustannukset

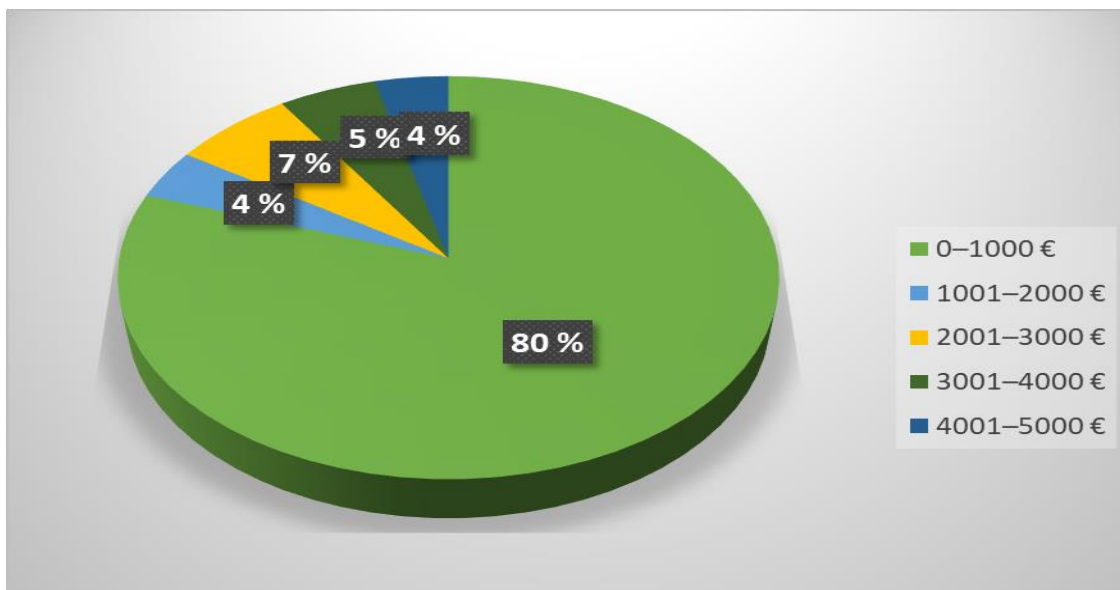
Suurin osa talleista kertoi valinneensa kuivikkeeksi turpeen, koska se on edullisinta hankkia ja hävittää sekä paras ominaisuuksiltaan. Yhteensä 72 % talleista käytti kuivikkeena turvetta tai turvepohjaista sekoitusta. Moni talli olisi valmis kokeilemaan polttolaitoksille sopivaa puupohjaista kuiviketta, jos sen hinta olisi samaa luokkaa turpeen kanssa. Puupohjaisen kuivikkeen nesteen- ja ammoniakinsitomiskykyä kohtaan oltiin hyvin epäileväisiä. Osa talleista kertoi kokeilleensa puupohjaista kuiviketta, mutta siirtyneensä takaisin turpeeseen sen parempien ominaisuuksien vuoksi. Kuvassa 6 on esitetty eri kuivikkeiden keskimääräinen hinta / hevonen vuodessa.



Kuva 6. Keskimääräinen kuivikkeen hinta / hevonen vuodessa.

Puupohjaisen kuivikkeen keskimääräiseksi hinnaksi vuodessa muodostui 246 € / hevonen, joka on selvästi korkeampi hinta kuin muilla kuivikkeilla. Toiseksi korkein hinta oli hampulla, jonka hinta oli 200 € / hevonen vuodessa. Hampua kuivikkeena tosin käytti vain yksi talli, joten siitä ei voitu laskea keskiarvoa. Kolmanneksi korkein hinta oli turvepohjaisilla sekoituksilla, 190 € / hevonen ja pelkällä turpeella 182 €. Selvästi alhaisimmat kustannukset olivat oljella, joka maksoi vain 4 € / hevonen. Oljen alhaista hintaa selittää se, että neljä viidestä olkea kuivikkeena käyttävästä tallista sai oljen ilmaiseksi omalta pellolta.

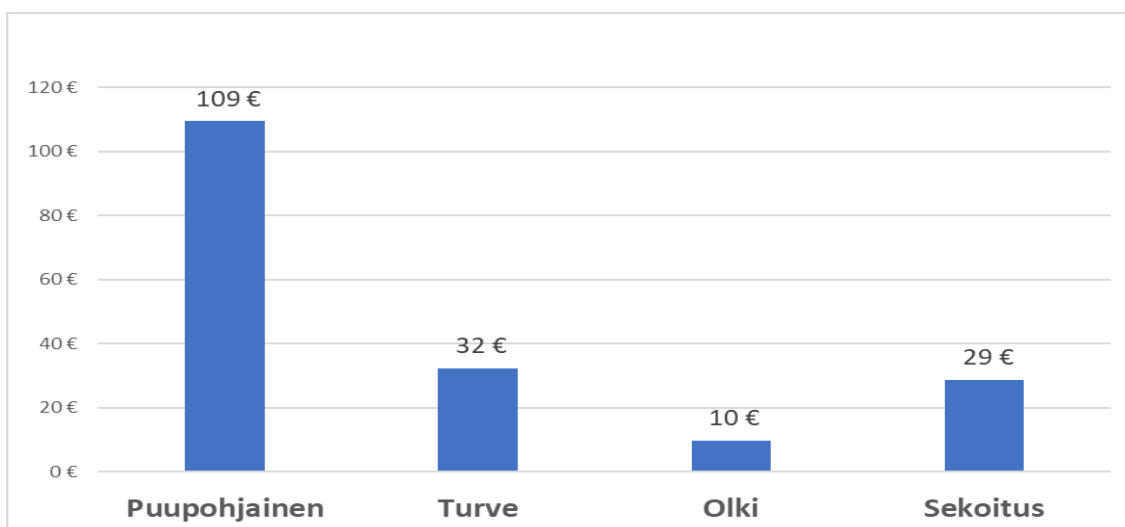
Lantahuollosta aiheutuvat kulut ovat merkittävä kuluerä talleille, joten hevosyrittäjät joutuvat miettimään tarkasti lannan loppusijoituksen. Varsinkin suurilla talleilla on haastavaa selviytyä tästä edullisesti suurien lantamäärien takia. Kyselyssä pyydettiin arvioimaan lantahuollon kustannuksia vuositasolla. Kuvassa 7 on esitetty jakauma lantahuollon kustannuksista talleittain.



Kuva 7. Jakauma tallien lantahuollon kustannuksista vuodessa.

Talleista 80 % vastasi lantahuollon olevan suhteellisen edullista 0–1 000 € hintaluokkaa vuodessa ja olevan tyytyväisiä sen hintaan. Talleista 4 % kertoi lantahuollon maksavan 1 001–2 000 € vuodessa, 7 % talleista 2 001–3 000 €, 5 % talleista 3 001–4 000 € ja 4 % 4 001–5 000 €.

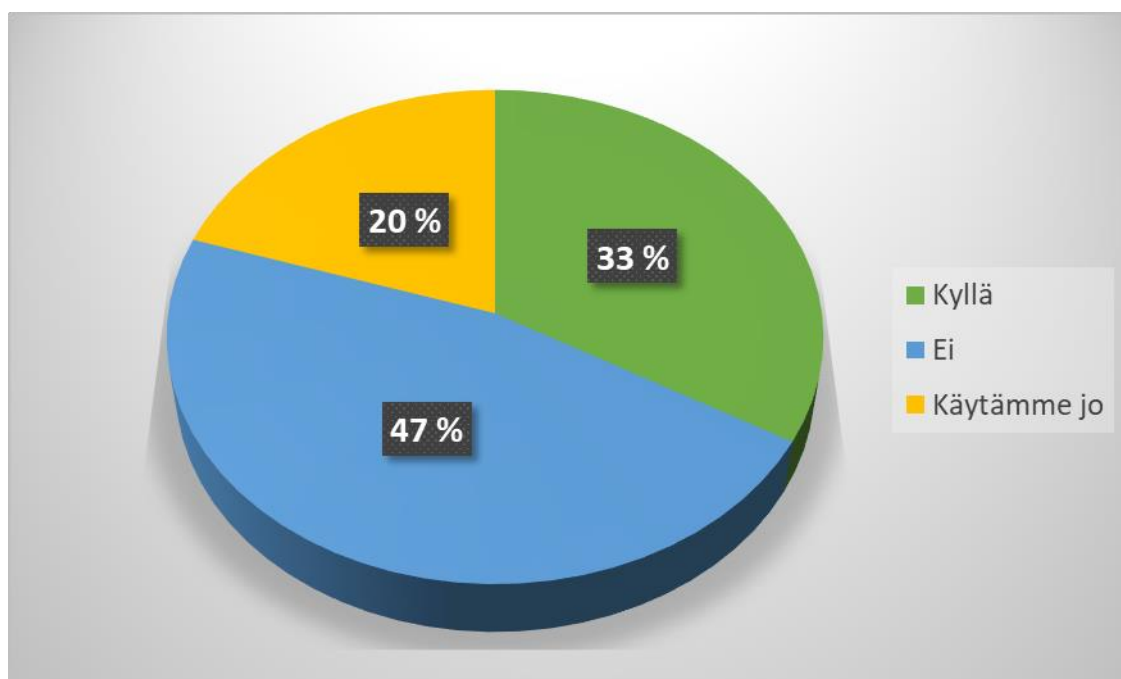
Käytetty kuivike vaikuttaa olennaisesti loppusijoituksen hintaan. Kyselyyn vastanneista talleista turvetta ja olkea kuivikkeena käyttävät tallit selvisivät loppusijoituksesta selvästi edullisemmin kuin puupohjaista kuiviketta käyttävät tallit. Kuvassa 8 on esitetty lantahuollon kustannukset vuodessa / hevonen käytetyn kuivikkeen mukaan.



Kuva 8. Lantahuollon kustannukset vuodessa / hevonen käytetyn kuivikkeen mukaan.

Puupohjaisella kuivikkeella hinta oli peräti 109 € / hevonen vuodessa, turpeella 32 €, sekoituksella 29 € ja oljella 10 €. Tämä selittää myös osaltaan turpeen suurta suosiota käytettynä kuivikkeena.

Talleilta tiedusteltiin myös heidän halukkuuttaan siirtyä puupohjaiseen kuivikkeeseen. Vastauksista kävi selvästi ilmi, että puupohjaisen kuivikkeen ominaisuuksiin ja hintaan ei oltu tyytyväisiä. Moni talli kuitenkin vastasi, että olisi valmis ainakin kokeilemaan puupohjaista kuiviketta, jos sen hinta olisi turpeen tasolla. Jakauma tallien vastauksista on esitetty kuvassa 9.

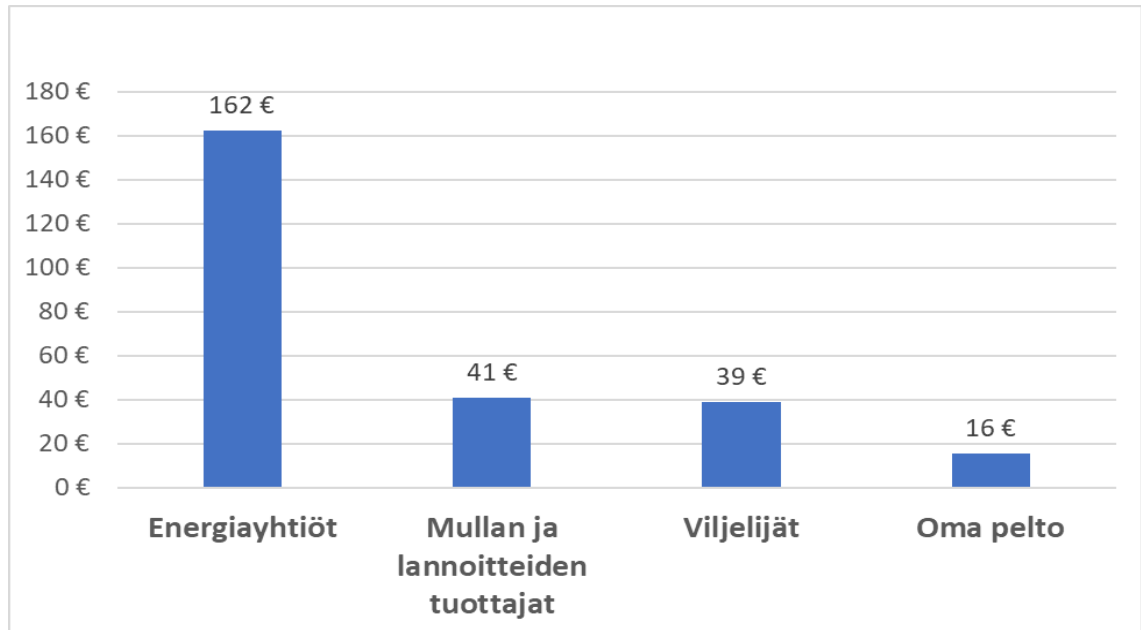


Kuva 9. Tallien halukkuus siirtyä puupohjaiseen kuivikkeeseen.

Tulevaisuudessa turpeen käytön rajoittaminen saattaa vaikuttaa turvekuivikkeen saatavuuteen ja kustannusrakenteeseen, vaikka rajoittamiskaavailut koskevatkin lähtökohtaisesti turpeen energiakäyttöä.

Lannan loppusijoituspaikka vaikuttaa olennaisesti lantahuollon kustannuksiin. Kyselyn mukaan lannan levittäminen omalle pellolle on selvästi edullisin vaihtoehto ja tallit pitävät sitä myös parhaana vaihtoehtona maanparannuksen ja ravinteiden kierrätyksen kannalta. Eräs tallinpitäjä kertoi, ettei luopuisi lannasta mistään hinnasta, koska se on niin hyvää pelloille ja parantaa satoa. Puupohjaista kuiviketta pidettiin huonona peltolevitykseen, koska sen kompostoituminen kestää paljon kauemmin. Vastauksista kävi myös ilmi etteivät lähialueen viljelijät olleet usein halukkaita ottamaan puukuivitettyä lantaa

pellolleen. Kuvassa 10 on esitetty keskimääräinen lannan loppusijoituksen kustannus vuodessa / hevonen loppusijoituspaikan mukaan.



Kuva 10. Keskimääräinen lannan loppusijoituksen kustannus vuodessa / hevonen loppusijoituspaikan mukaan.

Osalla talleista oli vaikeuksia arvioida levityksen kustannuksia omalle pellolleen, joten heille on käytetty laskennassa arvoa 1 €/m³ lannan loppusijoitukseen. Selkeästi kallein vaihtoehto lannan hävittämiseen olivat energiayhtiöt keskimäärin 162 € hinnalla vuodessa hevosta kohti. Kyseisen hinnan tulisi laskea merkittävästi, jotta polttoon ohjautuisi enemmän lantaa. Sen hävittäminen mullan ja lannoitteiden tuottajille maksoi keskimäärin 41 € vuodessa hevosta kohti ja lähialueen viljelijöille 39 €. Selvästi edullisinta oli levittää lanta omalle pellolle. Se maksoi keskimäärin 16 € per hevonen vuodessa.

5 HEVOSENLANTA POLTTOAINEENA

Hevosennannan niin kuin biopolttoaineidenkin asettamat haasteet polttolaitoksille johtuvat pääosin niiden sisältämästä kloorista ja alkaleista. Poltossa niistä muodostuu korroosiota aiheuttavia ja likaavia alkaliklorideja. Lisäksi alkalit reagoivat leijupetipoltossa petihiekan kanssa aiheuttaen sen paakkuuntumista ja yhteen liimautumista. Tämän jälkeen peti ei enää leiju ja aiheuttaa ongelmia poltossa. Tärkeimmät suoja-aineet kloorin ja alkalien haittavaikutuksia vastaan ovat rikki ja alumiinisilikaatit, jotka pystyvät muuttamaan alkalikloridit vaarattomaan muotoon sekä sitomaan alkaleita. (Alakangas ym. 2016.)

Hevosennan kuivikelanta on myös kosteaa, minkä takia sitä poltetaan lähes poikkeuksetta seospolttona muiden biopolttoaineiden kanssa 5–30 % osuudella kokonaispolttoainemäärästä. Seospoltossa voidaan säätää polttoaineen kokonaiskosteutta muuttamalla pääpolttoaineen ja kuivikelannan suhdetta. Polttoaineen korkea kosteuspitoisuus näkyy poltossa alhaisempina lämpötiloina ja heikompana polttotehona. (Arffman ym. 2018.)

Hevosennan koostuu hevosen ulosteesta, virtsasta ja kuivikkeesta. Hevostallilla käytetty kuivike vaikuttaa merkittävästi kuivikelannan ominaisuuksiin. Kuivikelannan sekaan voi päätyä lisäksi epäpuhtauksia, kuten hiekkaa, kiviä, metallia ja roskaa. Ne voivat aiheuttaa ongelmia polttolaitoksilla, kuten vaurioittaa kattilan polttoaineenkuljettimia ja -syöttölaitteita. (Arffman ym. 2018.)

Talukossa 2 on esitetty alle 3 kuukautta vanhan hevosenlannan polton kannalta olennaisia ominaisuuksia. Taulukossa 3 on esitetty samat ominaisuudet yli 3 kuukautta vanhalle hevosenlannalle. Taulukoiden 2 ja 3 tiedot on otettu ja muokattu lähteestä ”HevosWoima – Esiselvitys Etelä-Savon hevostalouden materiaalivirtojen hyödyntämisestä uusiutuvana energiana” (Tanskanen ym. 2017). Talukossa 2 on esitetty HorsePower-kuivikelannan kosteuspitoisuus ja tehollinen lämpöarvo saapumistilassa alle 3 kuukautta vanhalle lannalle Heinosen mukaan (Heinonen 2017).

Taulukko 2. Hevosen kuivikelannan ominaisuuksia alle 3 kuukautta vanha lanta (muokattu lähteestä Tanskanen ym. 2017). HorsePower-kuivikelannan tiedot on otettu lähteestä Heinonen 2017.

Kuivike	Irtotiheys (kg/m ³)	Kosteuspitoisuus (%)	Tuhkapitoisuus (% kuiva-aineesta)	pH	Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa (MJ/kg)	Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa (kWh/kg)	Energiatiheys (MWh/i-m ³)	Kloridipitoisuus (massa-%)
Kutteri	292,25	55,55	5,475	7,25	6,86	1,9	0,575	0,435
HorsePower-kuivikelanta		66,4			3,69			
Turve	331	65,5	18,7	6,6	4,06	1,13	0,4	0,56
Täyspitkä olki	109	36	13,3	9	9,88	2,74	0,3	0,96
Sekoitus	380	60,8	18,3	7,7	4,8	1,335	0,5	1,335

Taulukko 3. Hevosen kuivikelannan ominaisuuksia yli 3 kuukautta vanha lanta (muokattu lähteestä Tanskanen ym. 2017).

Kuivike	Irtotiheys (kg/m ³)	Kosteuspitoisuus (%)	Tuhkapitoisuus (% kuiva-aineesta)	pH	Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa (MJ/kg)	Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa (kWh/kg)	Energiatiheys (MWh/i-m ³)	Kloridipitoisuus (massa-%)
Kutteri	357,5	58,95	13,18		5,478	1,523	0,55	0,395
Turve	415	50,6	51,4		3,54	0,98	0,4	0,37
Sekoitus	466	73,15	15,4		2,47	0,685	0,3	

HorsePower-kuivikelannan alhainen tehollinen lämpöarvo saapumistilassa ja korkeampi kosteuspitoisuus verrattuna kutterilla kuivitetun lannan vastaaviin arvoihin selittyy todennäköisesti osittain näytteidenoton ajankohdalla. HorsePower-kuivikelanta on puukuivitetua lantaa ja näytteet on otettu syys-tammikuun välillä, mutta taulukon 2 HevosWoimahankeeseen kutterilla kuivitetun lannan näytteet ovat touko-kesäkuun ajalta, jolloin lanta on selvästi kuivempaa.

Taulukoiden 2 ja 3 arvoja vertailemalla voidaan todeta, että alle 3 kuukautta vanha kuivikelanta soveltuu paremmin polttamiseen kuin yli 3 kuukautta vanha kuivikelanta. Hevosenlannan ominaisuudet erityisesti polton kannalta heikkenevät sen säilytyksen myötä. Hevosenlanta alkaa hajota kompostoitumalla melko nopeasti. Selvää lannan hajoamista ja pitkälle edennyttä kompostoitumista oli havaittavissa jo yli 3 kuukautta vanhoissa HevosWoima-hankkeen analysoimissa näytteissä. (Tanskanen ym. 2017)

Turve oli HEPO-hankkeen tallikyselyn mukaan yleisimmin käytetty kuivike Varsinais-Suomessa 51 prosentin osuudella kaikista 76 kyselyyn vastanneesta tallista. Jos mukaan otetaan turvepohjaiset kuivikkeiden sekoitukset, nousee osuus yhteensä 72 prosenttiin. Turvekuivittettua lantaa olisi siis runsaasti tarjolla polttolaitoksille.

Turvepohjaisen lannan kosteuspitoisuus on suuri. Turve on esimerkiksi puupohjaisiin kuivikkeisiin verrattuna hyvin imukykyistä ja imee itseensä virtsaa tehokkaasti. Korkea polttoaineen kosteuspitoisuus aiheuttaa haasteita poltossa varsinkin talvella, kun tehontarve on suuri. Turvekuivittettu lanta sisältää myös enemmän korroosiota aiheuttavaa klooria kuin puukuivittettu lanta. Envitecpolis Oy:n haastattelema koepolttoja lannalla toteuttanut toimija kertoi, että turvekuivittettua lantaa poltettaessa saattaa joutua lisäämään alkuainerikkiä kattilaan, jolla alennetaan kattilan korroosio- ja petihiekan paakkuuntumisriskiä. Keskeistä on kloorin ja rikin suhde, jonka tulisi olla vähintään 1:4. Turvekuivitetussa lannassa on klooria suhteellisen paljon, jonka takia myös rikkiä tulee olla enemmän. Jos pääpolttoaineena käytettävän turpeen rikkipitoisuus on alhainen, joudutaan kattilaan mahdollisesti lisäämään alkuainerikkiä turvaamaan riittävä rikkimäärä polton aikana. (Arffman ym. 2018.)

Yleisesti polttoon ei haluta olkikuivittettua lantaa sen sisältämien alkalien ja korkean klooripitoisuuden sekä sen tuhkan alhaisen sulamislämpötilan takia (Arffman ym. 2018). Erään polttolaitoskyselyyn vastanneen Varsinais-Suomen alueella toimivan laitoksen mukaan puukuivitetun lannan mukana tuleva heinä ja olki ovat suurin ongelma, koska ne tukkivat seulat ja tarttuvat kiinni kuljettimiin. Polttolaitokset pelkäävät olkikuivitetun lannan aiheuttavan haittaa laitoksen tekniikalle.

Taulukon 2 tiedoista voidaan todeta, että kutterilla kuivittettu lanta sopii parhaiten polttoon vertailussa olevista kuivikkeista sen alhaisemman kloridi- sekä tuhkapitoisuuden ansiosta. Myös alhaisempi kokonaiskosteuspitoisuus vaikuttaa suoraan teholliseen lämpöarvoon ja näin ollen siitä saatuun energiamäärään. Kaikki Varsinais-Suomen alueella kuivikelannasta kiinnostuneet polttolaitokset olivat valmiita vastaanottamaan ainoastaan puukuivittettua lantaa.

6 POLTTOLAITOSKYSÉLYN TULOKSET

6.1 Polttolaitoskysely

Varsinais-Suomen alueella toteutettiin HEPO – Hevosenlanta polttoon -hankkeeseen liittyen polttolaitoskysely, jonka tarkoituksena oli tiedustella polttolaitosten kiinnostusta käyttää hevosen kuivikelantaa polttoaineena. Kysely lähetettiin sähköpostitse neljälletoista Varsinais-Suomen alueella toimivalle polttolaitokselle ajalla 13.1.2020–17.2.2020. Kyselyyn saatiin vastaus yhteensä yhdeltätoista polttolaitokselta.

Tämän lisäksi haastateltiin kahta Varsinais-Suomen ulkopuolella toimivaa polttolaitosta, jotka käyttävät tai ovat käyttäneet hevosenlantaa polttoaineena. Toinen polttolaitoksista ei suostunut jakamaan tarkempaa tietoa asiasta liikesalaisuuteen vedoten. Myös kahta kattilavalmistajaa yritettiin haastatella hevosenlannan polton vaatimasta tekniikasta, mutta he kieltäytyivät vastaamasta kysymyksiin samoin perustein.

Kyselyssä selvitettiin:

- onko polttolaitos tutustunut hevosen kuivikelantaan polttoaineena
- onko polttolaitoksella mahdollisuus hyödyntää hevosenlantaa polttoaineena
- kuinka paljon polttolaitos olisi valmis ottamaan vastaan hevosenlantaa
- kuinka pitkän matkan päästä he olisivat valmiita vastaanottamaan hevosenlantaa
- minkälainen polttolaitos on kyseessä
- pääseekö polttolaitos uuden lainsäädännön mukaisiin asettamiin vaatimuksiin
- minkälaisia vaatimuksia polttolaitoksella on hevosenlannan laatuun liittyen
- mikä olisi sopiva toimintamalli polttolaitosten ja hevostallien väliseen yhteistyöhön (porttimaksu lannan vastaanottoon vai maksaisiko polttolaitos itse kuljetuksesta ja käsittelystä aiheutuneet kulut)

6.2 Tulokset

Yhdestätoista kyselyyn vastanneesta polttolaitoksesta seitsemän ei ollut kiinnostut käyttämään hevosenlantaa polttoaineena erinäisistä syistä. Vastauksista kävi selkeästi ilmi, että hevosenlannan polttamiselle asetettuihin vaatimuksiin pääseminen vaatisi mittavia investointeja polttolaitoksilta, joissa ei ole alun perin suunniteltu polttaa hevosenlantaa.

Hevosenslantaa kuitenkin pidettiin potentiaalisena polttoaineena, jos se on otettu huomioon yhtenä polttoainejakeena jo laitoksen suunnitteluvaiheessa.

Varsinais-Suomen alueella toimivien polttolaitoksien perusteluita, miksi ne eivät halua tai voi ottaa lantaa polttoaineeksi:

- Ne joutuisivat tekemään liian isoja investointeja polttoaineen kuljettimiin ja vastaanottolaitteistoon suhteessa saavutettuun hyötyyn, koska pitävät puukuivitetun lannan potentiaalia melko pienenä.
- Polttoaineen vastaanottolaitteiston ja -kuljettimien pitää olla valmistettu erityismateriaaleista. Esimerkiksi rauta ruostuu hevosenlannan käytön seurauksena. Vaatisi massiivisia investointeja saavutettuun hyötyyn nähden.
- Eivät voi ottaa käyttöön ylimääräisiä polttoaineita ilman erillistä polttoaineen energiasällön mittausta. Niillä on sopimus polttoaineentoimittajan kanssa, jonka lasutus perustuu energiasällön mittaukseen laitoksella.
- Ovat kokeilleet polttaa turpeella kuivitetua lantaa eräällä polttolaitoksellaan, mutta siinä oleva kloori aiheutti huomattavaa kuumakorroosiota tulistimissa. Niiden mielestään hevosenlannan polttamisen riskit ovat liian suuret saavutettuun hyötyyn nähden. Eivät ole kiinnostuneita käyttämään kuivikelantaa polttoaineena, vaikka niillä ei ole kokemusta puupohjaisesta kuivikelannasta.
- Kyseessä on yli 50 megawatin voimalaitos, joten ne eivät halua avata ja hakea uutta ympäristölupaa. Eivät ole kiinnostuneita hevosenlannasta polttoaineena, koska niillä on hyvin saatavilla polttoainetta, jonka ominaisuudet tiedetään tarkasti.
- Olisivat periaatteessa tekniikan puolesta valmiita vastaanottamaan kuivikelantaa polttoaineeksi, mutta heillä on seuraavaksi kymmeneksi vuodeksi niin paljon polttoainetta, että katsovat asiaa vasta tuon ajan kuluttua.
- Niillä ei ole hevosenlannan polttamiseen soveltuvaa tekniikkaa polttolaitoksessaan, joten eivät ole kiinnostuneita ottamaan vastaan lantaa.

Kyselyyn vastannut Varsinais-Suomen ulkopuolella toimiva polttolaitos on suorittanut aikaisemmin Fortumin kanssa yhteistyössä koepoltoja hevosenlannalla. Polttolaitoksesta kerrottiin hevosenlannan toimivan polttoaineena ihan hyvin yhdessä muiden biopolttoainesten kanssa riippuen siitä mihin puupohjaiseen kuivikkeeseen se on sekoitettu. Koepoltoissa käytettiin sahanpurulla kuivitetua lantaa, koska se ei tartu kuljettimiin. Kuivikelannan määrä oli 15 % koko polttoainemäärästä.

Lantaa poltettiin viiden kuukauden kokeilujakson ajan eikä polttolaitos huomannut tänä aikana ylimääräistä korroosiota laitteistoissa. Lopulta lannan poltto jouduttiin kuitenkin lopettamaan, koska se oli liian kosteaa eikä siitä saatu talvella tarvittavaa tehoa. Polttolaitokselta kommentoitiin lannan polttoa kannattavaksi, jos se pääsee asetettuihin vaatimuksiin ilman suurempia investointeja. Mikäli polttolaitos joutuu tekemään kalliita investointeja, tulee asiaa harkita todella tarkkaan.

Kolme kyselyyn vastanneesta Varsinais-Suomen alueella toimivasta polttolaitoksesta oli alustavasti kiinnostuneita käyttämään hevosen kuivikelantaa polttoaineena ja yksi vastanneista käytti jo kuivikelantaa seospolttona muiden biopolttoaineiden kanssa kaukolämmön tuotantoon.

Hevoselantaa jo polttava laitos kertoi ottavansa vastaan 2–3 gigawattituntia puukuivittua hevosenlantaa vuodessa. Kyseinen määrä on kuutioissa taulukon 2 kutterilla kuivitetun lannan energiatihedysten mukaan laskettuna noin 3 500–5 200 m³. Polttolaitos kertoi, että kuivikelannan kosteuspitoisuus saisi olla maksimissaan 65–70 % tai muuten polttamisesta tulee haastavaa ja prosessia joutuu säätämään jatkuvasti. Laitoksen mukaan suurimmat ongelmat ovat lannan sisältämät epäpuhtaudet, kuten kivet, hiekka ja heinä. Erityisesti lannan mukana tuleva heinä aiheutti ongelmia tukkimalla seulat ja tarttumalla polttoaineenkuljettimiin. Kuivikelanta ei ole aiheuttanut ylimääräistä korroosiota laitteistoissa. Polttolaitos pääsee tällä hetkellä lannan polton asettamiin vaatimuksiin, mutta kuuden vuoden siirtymäajan jälkeen sen pitää tarkastella uudestaan onko lannan polttaminen enää kannattavaa tarvittavien investointien jälkeen.

Yksi hevosenlannasta kiinnostunut polttolaitos kertoi kartoittavansa asiaa enemmän. Jos kaikki tekniset edellytykset lannan poltolle täyttyvät ja lannan lämpöarvo, saatavuus sekä hinta ovat kohdallaan niin heillä on mahdollisuus ottaa vastaan 3 000 – 30 000 m³ hevosen kuivikelantaa vuodessa. Hevoselannan käyttö polttoaineena vaatisi tähän laitokseen suuria investointeja. Arvio investointikustannuksista oli yli miljoona euroa. Polttolaitos vaatisi lannan vastaanottoon porttimaksua hevostalleilta, jotta se olisi kiinnostunut lähtemään mukaan.

Toinen hevosenlannasta kiinnostunut polttolaitos suunnittelee tällä hetkellä uutta laitosta ja sen suunnittelussa on otettu huomioon hevosenlanta yhtenä polttoainejakeena. Kuivikelantaa on tarkoitus polttaa muiden biopolttoaineiden kanssa noin 5–10 % osuudella kokonaispolttoainemäärästä. Laitos ilmoitti, että se olisi valmis ottamaan vastaan noin 2 000–3 000 m³ puupohjaista kuivikelantaa vuodessa. Polttoaineelle se asettaa tiettyjä

vaatimuksia, kuten polttoaineen kosteusprosentti saa olla maksimissaan 60 %. Kuivikelanta ei saa sisältää heinää, olkia eikä suuria määriä kiviä tai metallia. Polttolaitos ottaisi mielellään porttimaksun lannan vastaanotosta kattamaan kuljetuksesta ja käsittelystä aiheutuvia kuluja. Porttimaksu ei kuitenkaan ole välttämätön ainakaan täysimääräisenä, jos kuivikelannan laatu ja lämpöarvo ovat hyviä.

Kolmas hevosenlannasta kiinnostunut toimija olisi kiinnostunut polttamaan lantaa monessa pienemmän kokoluokan polttolaitoksessa. Se kertoi hevosenlannan polton olevan mahdollista laitoksissa pienin muutoksin. Kyseinen toimija olisi valmis ottamaan vastaan 1 000 m³ puupohjaista kuivikelantaa vuodessa. Lanta ei saa sisältää kiviä ja epäpuhtauksia. Vaatimuksena olisi porttimaksu lannan vastaanottoon kattamaan kuljetuksesta ja käsittelystä aiheutuvia kuluja.

6.3 Logistiikka

Lannan kuljettaminen on merkittävä osa lantahuollon kokonaiskustannuksista. Lannan kuljettaminen pitkiä matkoja tekee siitä nopeasti todella kallista, joten tallien tulisi sijaita mahdollisimman lähellä polttolaitosta. Tutkimukseen osallistunut polttoaineen toimittaja kertoi, että lannan noudon hinta olisi vakio 20 kilometrin säteellä olevilta talleilta. Kuljetusmatkan ylittäessä 20 kilometriä kuljetuksen hintaan lisättäisiin 1,6 €/km.

Tutkimustyön myötä oltiin yhteydessä Varsinais-Suomen alueella toimivaan polttoaineen toimittajaan, joka oli kiinnostunut vastaamaan lannan noutamisesta hevostalleilta ja sen kuljettamisesta polttolaitoksille. Palvelu toimisi käytännössä samantyyppisesti kuin Fortumin HorsePower-palvelu, mutta kyseinen toimija hoitaisi myös kuivikelannan sekoittamisen biopolttoaineeseen asiakkaan haluaman polttoaineiden suhteen mukaisesti ja toimittaisi sen polttolaitoksille. Toimija arvioi, että polttolaitoksille hinnaksi muodostuisi noin 15 €/MWh pihaan toimitettuna. Hevostalleille hinta olisi noin 50 € vaihtolavan vuokrasta kuukaudessa ja lannan nouto veloitettaisiin kilometrien mukaan.

Kuljetusyrityksiä on kaikkiaan paljon ja kiinnostuneita kuljetusyrittäjiä voisi löytyä helposti lisääkin. Hankkeessa ei kuitenkaan ollut mielekästä käydä kaikkia Varsinais-Suomen kuljetusliikkeitä läpi, vaan esimerkiksi valikoitui muun selvitystyön ohessa löytynyt kiinnostunut yrittäjä.

Tutkimusalueen optimaalisimmat kuljetusmatkat on kuvattu karttaliite D:ssä. Suhteellisen pienellä alueella on lukumääräisesti paljon talleja ja kuivikelantaa, mutta

kannattavan polttohyödyntämisen, riittävän syötevirran ja kannattavan kuljetuspalvelun näkökulmasta monen tallin tulisi ensin vaihtaa puupohjaiseen kuivikkeseen.

7 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä raportoidaan Turun ammattikorkeakoulun HEPO – hevosenlanta polttoon -hankkeen tuloksia. Tuomas Ahola vastasi talli- ja polttolaitoskyselyiden käytännön toteutuksesta olemalla henkilökohtaisesti yhteydessä kaikkiin toimijoihin, analysoi tulokset ja kirjoitti hankkeen julkaisun yhteistyössä Pekka Alhon kanssa.

HEPO-hankkeessa selvitettiin hevosenlannan hyödyntämispotentiaalia Varsinais-Suomessa. Tarkemmin eriteltynä kartoitettiin Varsinais-Suomen hevostallien halukkuutta luovuttaa lantaa polttolaitoksille ja polttolaitosten kiinnostusta käyttää sitä polttoaineena energian tuotantoon. Hankkeessa selvitettiin myös, onko talleilla ongelmia lannan loppusijoituksessa sekä tarkasteltiin logistiikkaa ja lannan loppusijoituksesta aiheutuvia kustannuksia. Kyselyyn osallistui 76 Varsinais-Suomen alueella toimivaa hevostallia ja 11 polttolaitosta. Hankkeen toteutusaika oli 1.5.2019–31.3.2020.

HEPO-hankkeen tallikyselyn mukaan Varsinais-Suomen hevostallien lantahuolto toimii hyvin. Yhteensä 72 % talleista sijoittaa lannan kompostoituna suoraan omaan peltoon tai viljelijöille. Jos tähän lisätään mullan ja lannoitteiden tuottajille menevä 17 % osuus, voidaan todeta, että 89 % kaikesta lannasta menee maanparannukseen. Tällöin ravinteet pysyvät kierrossa, jota pidetään yleisesti parhaana vaihtoehtona lannan loppusijoituksen kannalta.

Ainoastaan yhdellä 76:sta kyselyyn vastanneesta tallista ei ole vakituista lannan loppusijoituspaikkaa. Talleista 83 % oli tyytyväisiä lantahuoltoon, eivätkä ne kokeneet sitä olleenkaan ongelmalliseksi. Talleista 17 % koki tilanteen ongelmalliseksi, johon yleisimmät syyt olivat lantahuollon korkea hinta ja sen aiheuttama työmäärä.

Polttolaitoksien osalta voidaan todeta, ettei hevosen kuivikelantaa pidetä erinäisistä syistä kovinkaan potentiaalisena polttoaineena laajempaa käyttöä ajatellen. Vain 3 tavoitetusta 11:sta polttolaitoksesta olivat alustavasti kiinnostuneita käyttämään hevosenlantaa polttoaineena. Yleisimpinä syinä tähän voidaan pitää hevosenlannan polttolle asetettujen vaatimusten aiheuttamia kalliita investointeja suhteessa saavutettavaan hyötyyn sekä puupohjaisen kuivikelannan rajallista määrää. Polttolaitokset tarvitsivat todella suuria määriä halpaa kuivikelantaa kattamaan investoinneista aiheutuvia kustannuksia.

Tallikyselyn mukaan Varsinais-Suomen alueen puupohjaisen kuivikelannan potentiaali on noin 4 000 m³ vuodessa ja polttolaitoksille tehdyn kyselyn mukaan ne olisivat valmiita

ottamaan vastaan polttoon jopa 34 000 m³ kuivikelantaa vuodessa. Tämä määrä on suurempi kuin tallikyselyyn vastanneiden 76:n tallin yhteensä tuottama 20 415 m³ kuivikelantaa vuodessa.

Syynä puupohjaisen kuivikelannan vähäiseen määrään on turpeen halpa hinta ja sen helppo loppusijoittaminen. Talleista 20 % käyttää puupohjaista kuiviketta, 33 % olisi valmiita siirtymään tai ainakin kokeilemaan puupohjaista kuiviketta, jos sen hinta olisi sama tai alhaisempi kuin turpeen ja 47 % talleista ei ole kiinnostuneita vaihtamaan puupohjaiseen kuivikkeeseen. Suurelle osalle Varsinais-Suomen talleista lantahuolto on niin edullista ettei polttolaitoksilla ole juuri mahdollisuuksia kilpailla loppusijoituksen hinnalla muiden vaihtoehtojen kanssa.

LÄHTEET

Aalto-yliopisto 2011. Teollisuuden energiatekniikka Peruskaavat ja –käsitteet. Pdf-tiedosto. Ene-59_4101_peruskaavat_ja_kasitteet. Viitattu 15.5.2020 https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/188122/mod_resource/content/1/Ene-59_4101_peruskaavat_ja_kasitteet.pdf.

Alakangas, E., Hurskainen, M., Laatikainen-Luntama, J. & Korhonen, J. 2016. Suomessa käytettyjen polttoaineiden ominaisuuksia. Pdf-tiedosto. T258. Viitattu 8.3.2020 <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T258.pdf>.

Arffman, M., Lehtinen, J. & Arffman, S. 2018. Hevosenlannanpolton lainsäädännön muutoksen vaikutusarviointi. Pdf-tiedosto. 2018-04-04-RAPORTTI-Polton-vaikutusarviointi. Viitattu 8.3.2020 <https://envitecpolis.fi/wp2017/wp-content/uploads/2018/04/2018-04-04-RAPORTTI-Polton-vaikutusarviointi.pdf>.

Eduskunta 2018. Hallituksen esitys 95/2018 vp. Viitattu 3.3.2020 https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE_95+2018.aspx.

Heinonen, J. 2017. Hevosen kuivikelannan soveltuvuus polttoon BFB- ja CFB-kattiloissa. Pdf-tiedosto. Heinonen_Jori.pdf. Viitattu 9.3.2020 <https://www.theseus.fi/handle/10024/132690>.

Hevostietokeskus 2018. Viitattu 9.3.2020 <https://www.hevostietokeskus.fi/index.php?id=1077&kieli=3>.

Hippolis 2019a. Hevostalous lukuina 2018. Viitattu 11.3.2020. https://www.hippos.fi/files/24634/Hevostalous_lukuina_2018.pdf.

Hippolis 2019b. Viitattu 7.3.2020 <http://www.hippolis.fi/hevosten-pitopaikat-rekisteroitava-ruokavirastoon-31-12-2020-mennessa/>.

Keison. What is flue gas?. Viitattu 20.5.2020 http://www.keison.co.uk/guide_whatisfluegas.shtml.

Luostarinen, S., Grönroos, J., Hellstedt, M., Nousiainen, J. & Munther, J 2017. SUOMEN NORMILANTA – laskentajärjestelmän kuvaus ja ensimmäiset tulokset. Pdf-tiedosto. luke-
luobio_47_2017. Viitattu 13.5.2020 [https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/540239/luke-
luobio_47_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/540239/luke-
luobio_47_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

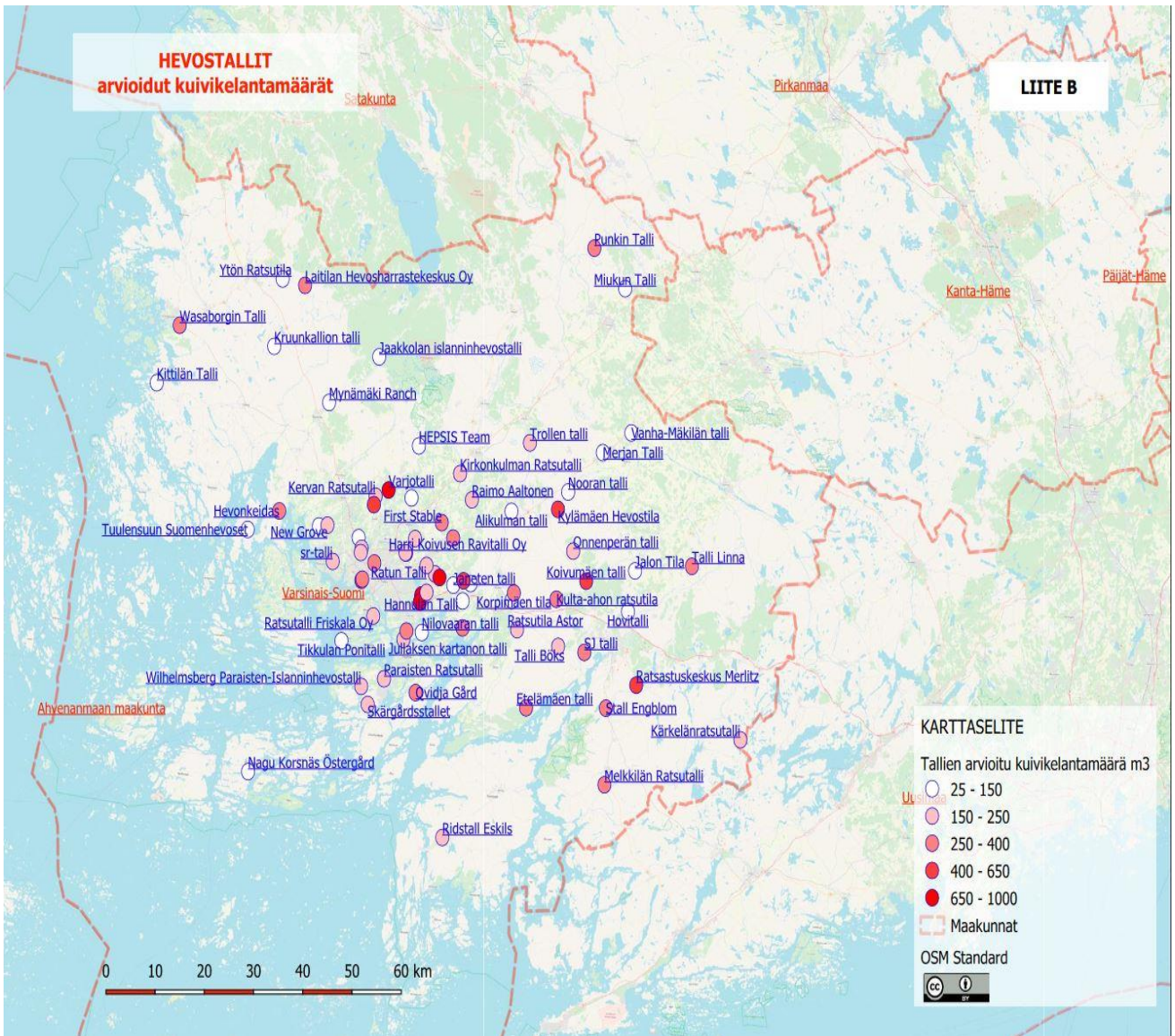
Paso, T. 2014. Savukaasujen puhdistus kotimaisen polttoaineen kattilalaitoksessa. Pdf-tiedosto. PASO_Tuomas.pdf. Viitattu 15.5.2020 https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/70577/PASO_TUOMAS.pdf?sequence=1.

Talja, O. 2010. Biopolttoainesanasto. Viitattu 18.5.2020 <http://www.termiinfo.fi/sisalto/biopolttoainesanasto-208.html>

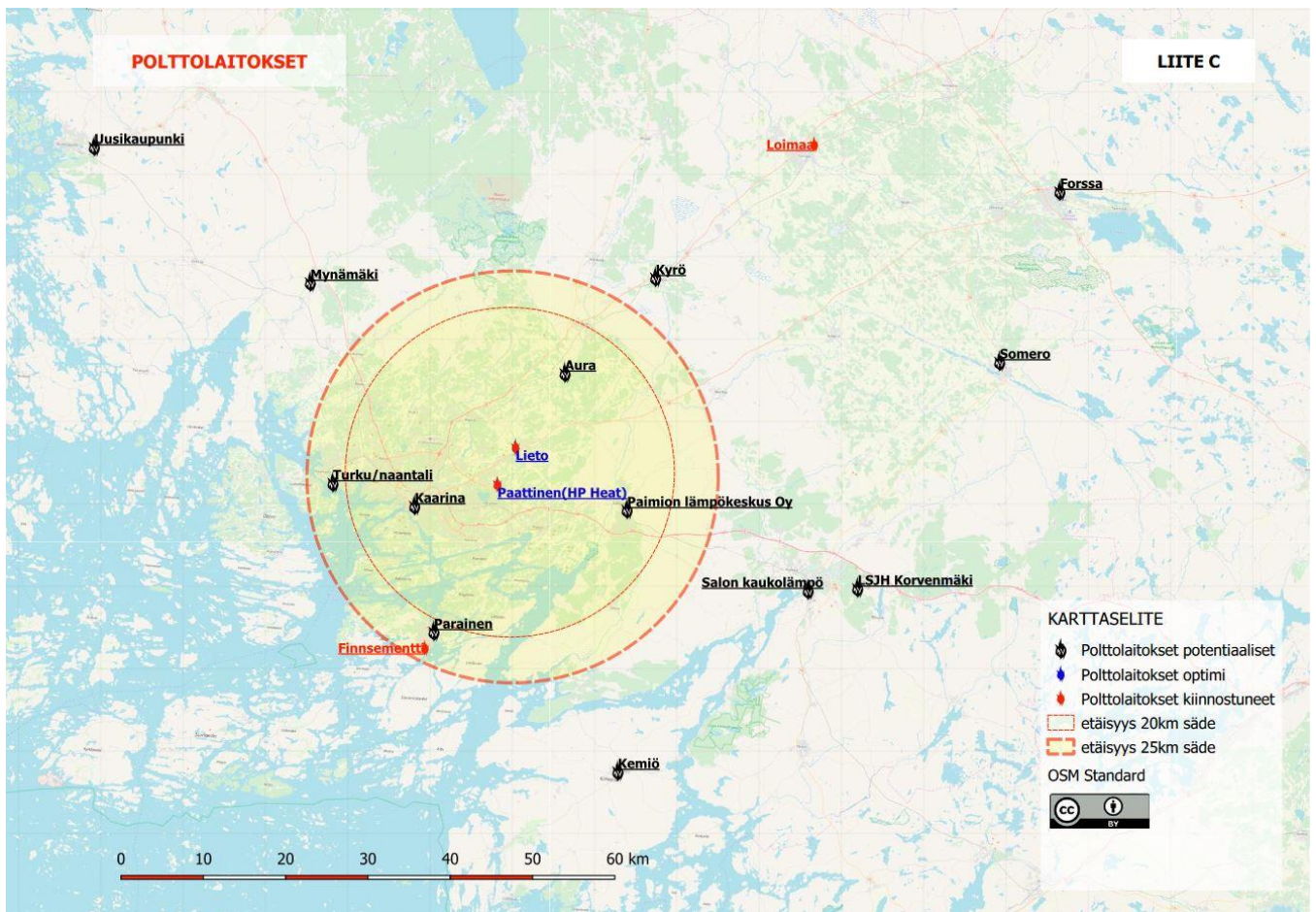
Tanskanen, R., Nora, J. & Seppäläinen, S. 2017. Esiselvitys Etelä-Savon hevostalouden materiaalivirtojen hyödyntämisestä uusiutuvana energiana. Pdf-tiedosto. URN:ISBN9789523440050. Viitattu 12.3.2020 <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/123007/URN:ISBN9789523440050.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Ympäristöministeriö, maa- ja metsätalousministeriö, Elintarviketurvallisuusvirasto Evira 2018. Tuotantoeläinten lannan käyttö polttoaineena polttoaineteholtaan enintään 50MW:n kattiloissa. Pdf-tiedosto. Lannanpoltto-ohje 14.11.2018_päivitys2_13.12.2018. Viitattu 3.3.2020 https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/viljelijat/elaintenpito/kuolleet-elaimet/lannanpoltto-ohje-14.11.2018_päivitys2_13.12.2018.pdf.

Liite B: Tallien arvioitu kuivikelantamäärä kuutioina



Liite C: Potentiaaliset polttolaitokset



Kuljetusmatkat talleilta polttolaitoksille kilometreinä

