

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma

Nina Juvonen

Kevätkorjattu kuituhamppu hevoskuivikkeena ja biokaasun raaka-  
aineena

Opinnäytetyö  
Lokakuu 2014



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Syksy 2014**  
**Maaseutuelinkeinojen**  
**koulutusohjelma**  
Sirkkalantie 12 A 2  
80100 Joensuu  
Puh. (013) 260 6900

Tekijä(t)

Nina Juvonen

Nimeke

Kevätkorjattu kuituhamppu hevoskuivikkeena ja biokaasun raaka-aineena

Toimeksiantaja BioKymppi Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä selvitettiin kevätkorjatun kuituhampun päistäreen hyötyjä verrattuna muihin perinteisiin hevoskuivikkeisiin. Tutkimuksessa vertailtiin turve-, hamppu-, olkipellettikuvikkeiden menekkiä, käyttöominaisuuksia ja ammoniakkin sitomiskykyä. Koe tehtiin kuudella koekarsinalla kahden kuukauden aikana.

Kuivikekoe oli odotetun mukainen, sillä hampuppäistärettä kului 2,6 kertaa ja olkipellettiä 1,5 kertaa pienempi määrä kuin turvetta. Kuivikelantaa muodostui vähiten hamppu-kuivikkeella ja eniten turpeella. Turve sitoi odotetusti parhaiten ammoniakkia ja olkipelletti huonoinen. Käyttökokemuksiltaan olkipelletti ja hamppu osoittautuivat parhaimmiksi, sillä niiden käyttö oli helppoa ja hevoset kestivät näissä karsinoissa puhtaina.

Hampuppäistäreestä ja olkipelletistä selvitettiin myös niiden kaasuntuottopotentiaali. Tämä koe tehtiin Itä-Suomen yliopiston neljällä koereaktorilla. Syötteenä kahdessa reaktorissa käytettiin hampuppäistärelannan ja veden seosta ja kahdessa muussa käytettiin olkipellettilannan ja veden seosta.

Mädätyskokeessa hampuppäistäre tuotti metaania hiukan olkipellettiä huonommin. Hamppukuivikelannan metaanintuotoksi tuoretonnia kohti saatiin keskimäärin 41,1 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/t ja olkipellettilannalle 53,2 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/t. Koe ei aivan onnistunut halutulla tavalla, sillä prosessin pH oli happaman puolella, minkä seurauksena olosuhteet kaasun muodostumiselle eivät olleet optimaaliset. Tästä huolimatta kokeen tulokset vastaavat aikaisempia tutkimuksista saatuja hevosen kuivikelannan metaanintuottopotentiaaleja.

Kieli Suomi

Sivuja 67 + 11

Asiasanat

kuivikkeet, hamppu, olki, pelletit, turve, mädätys



**THESIS**  
**Spring 2014**  
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX  
XXXXXXXXXXXX  
Sirkkalantie 12 A 2  
FIN 80100 Joensuu  
Tel. 358-013-260 6900

Author(s)  
Nina Juvonen

Title  
Spring Harvested Industrial Hemp as Horse Bedding and as Raw Material for Biogas

Commissioned by BioKymppi Oy

**Abstract**

The aim of this thesis was to shed light on the advantages of spring harvest industrial hemp shives used for horse bedding compared to the conventional animal beddings. In this study, peat pellet, hemp pellet and straw pellet were compared to each other as horse bedding in order to discover the consumption, their qualities and the absorbing force of ammonia. The study was carried out by using six horse stalls within two months.

The experiment showed what was hypothetically expected. The consumption of hemp shives was 2.6 times lower and that of straw pellets 1.5 times lower than the consumption of peat. The hemp bedding produced least manure and peat produced most. As expected, peat absorbed ammonia best and straw pellet worst. As for the qualities, straw pellets and hemp were proven the best because they were seen as easy to use and they provided a favourable stable environment to keep the horses clean.

In addition, the gas production potential of hemp and straw was studied in this thesis. The experiment was carried out by four pilot reactors situated at the University of Eastern Finland. As an input, a mix of hemp shives manure and water was used in two of the reactors and a mix of straw pellet manure and water in other two reactors.

The trial period of the decomposition showed that hemp produced somewhat less methane than straw. With the input of hemp bedding manure, the production of methane was ca. 41.1 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/t per fresh weight tonne and with the input of straw pellet manure ca. 53.2 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/t. The experimental part of the study did not completely have the desired outcome because the pH of the process stayed acidic resulting the conditions not optimal for gas production. Despite the conditions, it can be stated that the results of this experiment correspond to previous research on methane production potential of horse bedding manure.

Language Finnish

Pages 67 + 11

**Key words**

bedding, hemp, straw, pellets, peat, decomposition

Nimiö

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

1	Johdanto .....	7
2	Tietoperusta.....	9
2.1	Yleisimmät hevoskuivikkeet Suomessa.....	9
2.2	Hamppu kasvina.....	13
2.3	Kuivikelannan hävittäminen.....	16
2.3.1	Kompostointi .....	17
2.3.2	Kaasutus .....	17
2.3.3	Poltto.....	18
2.3.4	Mädätys .....	18
3	Tutkimuksen tarkoitus, tavoitteet ja tutkimuskysymykset.....	22
3.1	Tarkoitus ja tavoitteet .....	22
3.2	Tutkimuskysymykset .....	23
4	Tutkimuksen toteuttaminen.....	24
4.1	Aineiston keruu.....	24
4.2	Tutkimusmenetelmät .....	24
4.2.1	Kuivikekoe.....	24
4.2.2	Ammoniakkipitoisuuden määrittäminen.....	27
4.3	Mädätyskoe .....	30
4.4	Aineiston käsittely ja analyysi .....	34
5	Tulokset ja niiden tulkinta.....	35
5.1	Kuivikekokeen tulokset.....	35
5.1.1	Kuivikkeiden menekit ja syntyvän kuivikelannan määrä.....	35
5.1.2	Kuivikkeiden käyttökokemukset .....	39
5.2	Ammoniakkimittauksen tulokset .....	44
5.3	Mädätyskokeen tulokset.....	48
6	Päätäntä/Pohdinta .....	53
6.1	Kuivikkeen menekki suhteessa hevosen ja karsinan kokoon.....	53
6.2	Kuivikkeiden käyttöominaisuudet.....	56
6.3	Kuivikkeiden ammoniakin sitomiskyky.....	57
6.4	Mädätyskoe .....	58
6.5	Tutkimuksen luotettavuus ja virhearviointi .....	60
6.6	Oppimisprosessi ja ammatillisen kasvun ja kehityksen kuvaus.....	62
6.7	Toimenpidesuositukset ja jatkotutkimusaiheet .....	63
	Lähteet.....	64

Liitteet

Liite 1.	Hevosen painon määrittäminen (Hevostietokeskus 2014)
Liite 2.	Karsinataulukko
Liite 3.	Mädätyskokeen taulukko
Liite 4.	Kuiva-aineanalyysi 2014
Liite 5.	Kuivikekokeen tulokset
Liite 6.	Varianssianalyysin tulokset kuivikekokeelle
Liite 7.	Varianssianalyysin tulos ammoniakkimittaukselle
Liite 8.	Varianssianalyysin tulos mädätyskokeelle



## Kuvat, kuviot ja taulukot

- Kuva 1. Cannabis sativa, cannabis indica ja niiden lehdet sekä cannabis ruderalis (Leaf Science 2014)
- Kuva 2. Kesän 2013 kuituhamppukasvustoa Kiteeltä
- Kuva 3. Olkipellettikarsina perustamispäivänä
- Kuva 4. Hamppukarsina perustamispäivänä
- Kuva 5. Turvekarsina perustamispäivänä
- Kuva 6. Ammoniakkimittaukset tehtiin FTIR -kaasuanalysaattorilla
- Kuva 7. Ammoniakkimittaus tallin käytävältä
- Kuva 8. Ammoniakkimittaukset otettiin jokaisesta karsinasta
- Kuva 9. Mittaukset tehtiin kuivikepatjan pinnalta
- Kuva 10. Itä-Suomen yliopiston kooreaktorit
- Kuva 11. Reaktoreiden syöttö ja poisto tapahtui reaktoreiden päällä olevien hanojen kautta
- Kuva 12. Päivittäin tuotetun kaasun määrän mittausvälineistö
- Kuva 13. Toiset hevoset sotkivat heinää kuivikkeen joukkoon.
- Kuva 14. Hamppukarsina tuo valoisuutta talliin.
- Kuva 15. Olkipellettikarsina
- Kuva 16. Turvekarsina pimentää tallia.
- Kuvio 1. Eri kuivikemateriaalien suhteellinen ammoniakin sitomiskyky +17,4°C (Airaksinen 2006)
- Kuvio 2. Koekarsinoiden keskimääräiset ammoniakkipitoisuudet
- Kuvio 3. Koekarsinoiden puhtaan ja likaisen kohdan keskimääräiset ammoniakkipitoisuudet
- Kuvio 4. Kahden olkipellettikarsinan ammoniakin muutokset mittauksen aikana
- Kuvio 5. Kahden hampbukarsinan ammoniakin muutokset mittauksen aikana
- Kuvio 6. Kahden turvekarsinan ammoniakin muutokset mittauksen aikana
- Kuvio 7. Mädätteestä mitatut päivittäiset pH-arvot
- Kuvio 8. Reaktoreiden päivittäinen metaanintuotto mlCH<sub>4</sub>/gVS/vrk
- Kuvio 9. Reaktoreiden päivittäinen metaanintuotto kuutiolina kuivikelantontonia (märkäpaino) kohti
- Taulukko 1. Ammoniakkipitoisuudet (Pitkänen 2013)
- Taulukko 2. Hevosien tuottama vuosittainen kuivikelannan määrä eri kuivikemateriaaleilla (Airaksinen, Heinonen-Tanski & Heiskanen 2001)
- Taulukko 3. Eri kuivikemateriaalien metaanintuottopotentiaali tonnia kohti (Hanski 2013)
- Taulukko 4. Karsinoiden perustamisvaiheen kuivikemäärät
- Taulukko 5. Kuivikkeen kulutus eri kuivikemateriaaleilla
- Taulukko 6. Kuivikelannan tuotto eri kuivikemateriaaleilla

## Sanasto ja lyhenteet

CH <sub>4</sub>	metaani
CO <sub>2</sub>	hiilidioksidi
TS	total solids, kuiva-aine
VS	volatile solids, orgaaninen kuiva-aine

## 1 Johdanto

Opinnäytetyöni aiheena on kevätkorjattu kuituhamppu hevoskuivikkeena. Työni tavoitteena on selvittää kevätkorjatun kuituhampun hyödyt verrattuna muihin perinteisiin hevoskuivikkeisiin sekä soveltuvuus edelleen mädätykseen. Tutkimuksessa käytetään vain hampun päistäreosa, ja kuituosa menee teollisuuden käyttöön.

Työni käsittelee talvella 2013–2014 tehtävää kuivikekoetta, jossa vertaillaan kevätkorjattua hamppua, olkipellettiä ja turvetta hevosten kuivikekäytössä. Tutkittavat ominaisuudet ovat kuivikkeen menekki, syntyvän kuivikelannan määrä, ammoniakkin sitomiskyky sekä käyttökokemukset. Lisäksi vertailen kuivikkeista tehtyjä vastaavia kuivikekokeita omassa kokeessa saataviin tuloksiin. Kuivikekokeen toteutuspaikaksi valikoitui talli, jossa oma hevoseni on. Tämä on helppo ja toimiva ratkaisu, koska käyn tallilla päivittäin ja työskentelen siellä myös viikoittain aamu- ja iltatallin tekijänä.

Kevätkorjatusta kuituhampusta ei ole tehty aikaisemmin kuivituskokeita Suomessa. Muita hevoskuivikkeita, kuten olkea, purua, turvetta ja syyskorjattua hamppua käsitteleviä tutkimuksia on tehty useita. Hevosien kuivikelannan hyötykäyttö Suomessa on vielä hyvin yksipuolista. Suurin osa syntyneestä kuivikelannasta levitetään lannoitteeksi pelloille. Ongelmana kasvavan hevosmäärän myötä on kuivikelannan sijoittaminen. Yleensä tallit sijaitsevat kaupunkien tai asutuksen läheisyydessä, jolloin lannan levitysalaa on rajallisesti.

Tutkimuksessa selvitetään lisäksi olkipellettihevosenlannan sekä hamppupäistereenlannan biokaasuntuottopotentiaalit. Selvitys tehdään Itä-Suomen yliopiston koereaktoreiden avulla. Biokaasutus on Ruotsissa jo hevosen lannan osaltakin käytössä oleva menetelmä, mutta Suomessa vielä hyvin vähäistä, lähes olematonta. Suomessa mädätyskokeita on aiemmin tehty muun muassa sahanpuru-, olkipelletti ja turvekuivikelantaseoksilla. Mädätyksessä lannan energia saataisiin hyödynnettyä, sillä lannasta saataisiin sekä energiaa että syntyvästä mädätysjäännöksestä lannoitetta.

Toimeksiantajana opinnäytetyölleni on BioKymppi Oy ja sen edustajana toimii toimitusjohtaja Mika Juvonen. BioKymppi Oy on mukana Biotaloudesta bisnestä Itä-Suomeen -hankkeessa, johon hampun viljely- ja lannoituskoee liittyy. Hankkeessa ovat myös mukana Karelia-ammattikorkeakoulu ja Itä-Suomen yliopisto. Opinnäytetyöni ohjaavana opettajana toimii Karelia-ammattikorkeakoulun lehtori Juha Kilpeläinen.

## 2 Tietoperusta

### 2.1 Yleisimmät hevoskuivikkeet Suomessa

Eläinkuivikkeet voidaan jakaa kasvi- ja puupohjaisiin kuivikkeisiin. Kasvipohjaisia kuivikemateriaaleja ovat esimerkiksi hamppu, olki, turve ja pellava. Hamppua, olkea ja pellavaa voidaan myös käyttää pelletöitynä. Puupohjaisia kuivikkeita ovat esimerkiksi puru ja kutterinlastu. Kuivikkeita voidaan käyttää yksinään tai eri materiaaleja voidaan sekoittaa keskenään. (Airaksinen 2006, 16, 20.)

Perinteisillä hevoskuivikkeilla tarkoitetaan lähinnä turvetta, kutterinlastua, sahanpurua ja olkea niin irtotavarana ja pellettinä. Suomessa käytetyimmät kuivikkeet ovat turve ja puru. Seuraavaksi suosituimpia ovat turpeen ja purun kuivikeseokset. Käytettyjä ovat myös muut kuivikeseokset, kuten turve ja olki tai puru ja puupelletti. Suomessa vielä vähäisessä käytössä ovat pellava ja hamppu. (Tenhunen 2014, 22–23.)

Kuivikkeen tarkoituksena on pitää karsina kuivana, suhteellisen hajuttomana sekä pehmeänä. Kuivikkeen on ensisijassa tarkoitus edesauttaa hevosen terveyttä, mutta myös yhtäläillä kuivikkeen on sovittava tallilla työskenteleville ihmisille. Tällöin keskiöön nousevat mm. pölyämättömyys ja käsiteltävyyden helppous.

Kuivikkeen valintaan vaikuttavat useat eri tekijät. Tärkeimmät niistä ovat hinta, ammoniakki ja nesteen sitomiskyky, käytettävyys ja saatavuus. Myös varastointitilan koko ja soveltuvuus sekä kuivikelannan loppusijoitus vaikuttavat kuivikkeen valintaan. (Alho, Halonen, Kuuluvainen & Matilainen 2010.) Kuivikelannalla tarkoitetaan kuivikkeen ja lannan seosta. Usein kuivikkeen valinta on myös tottumuskysymys.

Talliympäristössä ammoniakkia syntyy paljon, joten kuivikkeelta vaaditaan hyvää ammoniakki- ja nesteen sitomiskykyä. Ammoniakki on väritön kaasu, jota muodostuu talli-ilmaan hevosen ulosteen ja virtsan hajotessa. Ammoniakin haju on pistävä, ja sen voi havaita jo nenällä. Pitkään altistettuna kaasu aiheuttaa

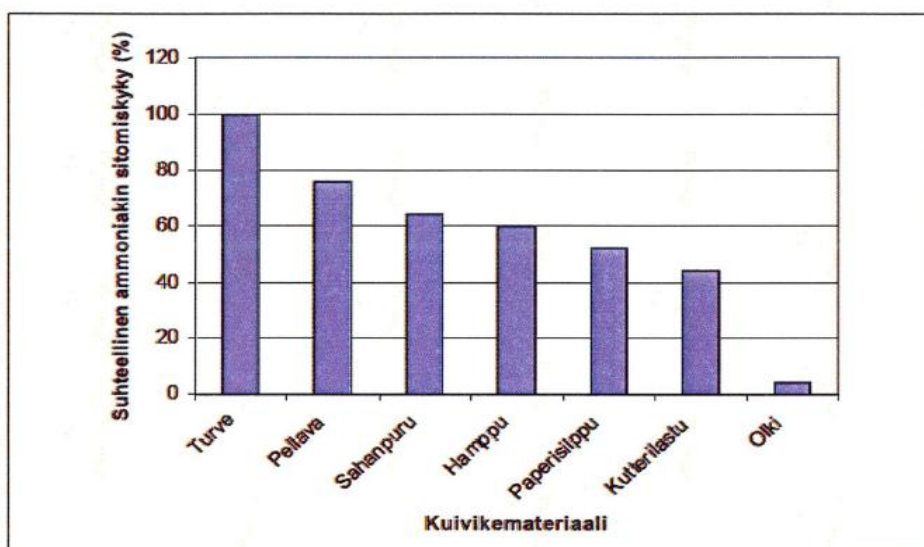
hengitystievaikeuksia sekä iho- ja silmä-ärsytystä. (Hevostietokeskus 2014.) Ammoniakin haistaa pitoisuuden ollessa 5 ppm, 20–100 ppm pitoisuus on ärsyttävää ja yli 400 ppm pitoisuus aiheuttaa limakalvovaurioita. Pitoisuuden noustessa yli 5 000 ppm, voi seurauksena olla jopa kuolema (taulukko 1). (Pitkänen 2013.) Ppm on lyhenne sanoista parts per million ja se tarkoittaa yhtä miljoonasosaa. Kotieläinsuojien ammoniakkipitoisuus saa eläinsuojelusäädösten mukaan olla korkeintaan 10 ppm, vaikkakin jo 5 ppm on nenällä haistettavissa ja täten aiheuttaa pitkäkestoisena ärsytystä (Hevostietokeskus 2013).

Taulukko 1. Ammoniakkipitoisuudet (Pitkänen 2013)

Oireet	Ammoniakkipitoisuus (ppm)
Haistaa	5
Ärsyttävä	20–100
Limakalvovaurioita	400
Tappava	yli 5 000

Sosiaali- ja terveysministeriö on antanut asetuksessaan ohjeelliset HTP-arvot, eli haitallisiksi tunnetut pitoisuudet eri aineille. HTP-arvot ovat hengitysilmassa olevien epäpuhtauksien pienimpiä pitoisuuksia, jotka saattavat aiheuttaa vaaraa työntekijöille. Ammoniakille annettu HTP-arvo on 8 tunnin työskentelyssä korkeintaan 20 ppm. Pitoisuuden noustessa yli 50 ppm, on ohjeellinen työskentely-aika korkeintaan 15 minuuttia. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2014.)

Kuivikkeiden kyvyssä sitoa ammoniakkia on paljon eroja. Airaksisen (2006) tutkimuksessa vertailtiin eri kuivikkeiden ammoniakin ja veden sitomiskykyä. Tutkimuksessa ilmeni, että turpeella, pellavalla ja sahanpurulla oli parhain kyky sitoa sekä vettä että ammoniakkia (kuvio 1). Olki puolestaan oli kuivikkeista heikoin veden ja ammoniakin sitoja. (Airaksinen 2006.) Fleming, Hessel ja Van den Weghe (2008) selvittivät tutkimuksessaan, että olkipelletti sitoi parhaiten sekä vettä että ammoniakkia, oljen ja kutterinlastun ollessa huonoin. Hamppu sijoittui tutkimuksessa keskivaiheille. Flemingin ym. tutkimuksessa turve ei ollut mukana.



Kuvio 1. Eri kuivikemateriaalien suhteellinen ammoniakin sitomiskyky +17,4°C (Airaksinen 2006)

Toinen talleilla syntyvä kaasu on hiilidioksidi, CO<sub>2</sub>. Hiilidioksidia muodostuu ulosteen ja virtsan hajotessa sekä hevosen hengitysilmosta. Hiilidioksidi on harvoin ongelmallinen talleilla, mutta sen määrästä voidaan päätellä myös muiden ilmassa olevien kaasujen määrät. Talli-ilman ongelmana on myös pöly, jota syntyy pääasiassa hevosten rehuista ja kuivikkeista sekä itse hevosista. Kuivikkeiden pölyvyys vaihtelee paljon, esimerkiksi turve ja kutterinlastu tai sahanpuru pölyävät paljon, kun taas hamppu ei ollenkaan. Olkipelletti pölyää myös vähän, mutta eroja on eri toimittajien välillä. (Jansson & Särkijärvi 2007, 16–17.)

Kuivikkeen menekki on tärkeä kuivikkeen valintaan vaikuttava tekijä. Tenhunen (2014, 24) selvitti kyselytutkimuksessaan tallien kuivikkeiden käyttöä. Keskimääräinen kuivikkeen kulutus oli 56 m<sup>3</sup> vuodessa, vaihdellen oljen 104 m<sup>3</sup>, turpeen 16 m<sup>3</sup> ja olkipelletin 5 m<sup>3</sup> vuodessa. Seppänen (2013, 18) sai tutkimuksessaan olkipelletin kulutukseksi 19,6 kg viikossa, joka vastasi tilavuudeltaan 42,5 litraa, joten vuodessa menekki olisi 1 016,6 kg eli noin 2,1 m<sup>3</sup>. Biolki (2012) puolestaan arvio vuosittaisen olkipelletin menekin vaihtelevan 1 000 – 1 500 kg välillä käytännöistä riippuen. Vastaava määrä kuutioina mitattuna olisi noin 1,5–2,3 (Saatsi 2014, 47). Airaksinen, Heinonen-Tanski ja Heiskanen (2001) saivat tutkimuksessaan turpeen vuosittaiseksi kulutukseksi 10–26 m<sup>3</sup>. Saatsin (2014,

45–46) tutkimuksessa turpeen vuosittainen tarve kiloina olisi 3 000–7 800 kg laskettuna Airaksisen ym. (2001) tuloksista.

Ratkaisevassa asemassa kuivikkeen valinnassa on myös syntyvän kuivikelannan määrä. Airaksinen ym. (2001) ovat selvittäneet tutkimuksessaan eri kuivikemateriaaleilla syntyvän yhden hevosen vuosittain tuottaman kuivikelannan määrän (taulukko 2). Selvityksessä kävi ilmi, että hampua ja turve/kutterilastu seosta muodostui vähiten, kun taas pitkää olkea kuivikkeena käytettäessä, kuivikelantaa muodostui eniten.

Taulukko 2. Hevosen tuottama vuosittainen kuivikelannan määrä eri kuivikemateriaaleilla (Airaksinen, Heinonen-Tanski & Heiskanen 2001)

Kuivikemateriaali	Kuivikelanta/hevonen/vuosi (m <sup>3</sup> )
Hamppu	9,1
Turve/kutterinlastu (3:1)	9,1
Turve	9,8
Turve/olki (3:1)	11,7
Paperisilppu	11,7
Turve/sahanpuru (3:1)	12,4
Kutterinlastu	12,4
Pitkä olki	19,5

Tenhusen (2014, 25) kyselytutkimuksen perusteella kuivikelantaa muodostuu yhtä hevosta kohti keskimäärin 17 m<sup>3</sup> vuodessa, vaihdellen puupelletin 6 kuution ja turpeen 19 kuution välillä. Olkipellettiä käytettäessä kuivikelantaa muodostui 18 m<sup>3</sup>. Maa- ja metsätalousministeriön antama ohjearvo lannan minimivarasointitilavuudesta vuodessa on hevoselle 12 m<sup>3</sup> ja ponille 8 m<sup>3</sup> (L764/2009 13.§.)

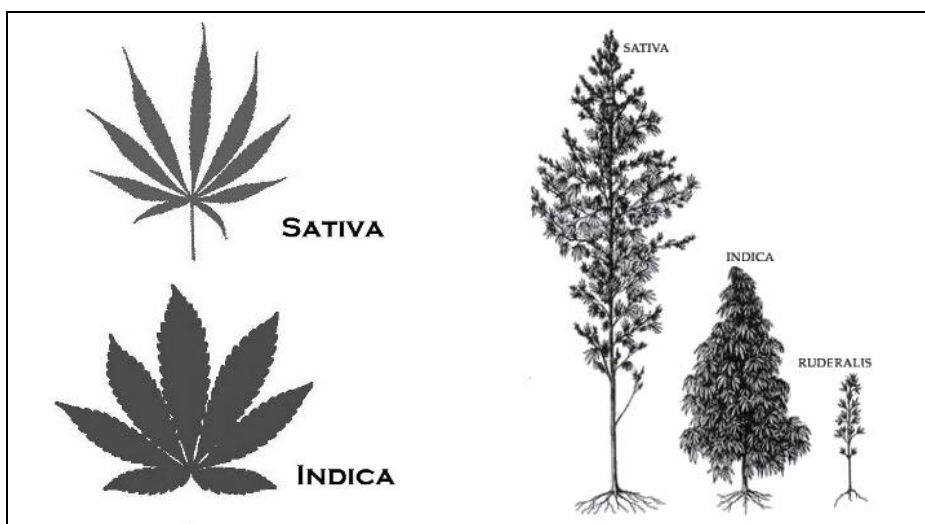
Joensuun seudulla käytetyin kuivike vuonna 2011 oli turve. Seuraavaksi yleisin oli kutterinpuru ja kolmanneksi suosituin sahanpuru. Suurin osa, eli 53,3 % koki, että lannan loppusijoituksesta ei aiheudu ongelmia. Ongelmalliseksi loppusijoituksen koki vastaajista 33,3 % ja loput 13,3 % ei osannut sanoa, onko kuivike-



lannan loppusijoittaminen ongelmallista vai ei. Kolmasosa vastaajista oli myös kiinnostunut lannan poisviennistä ja lantahuollon ulkoistamisesta. Suurin osa talleista ei olisi valmis kuitenkaan maksamaan lannan poisviennistä. (Hanska 2011, 39.)

## 2.2 Hamppu kasvina

Hamppu eli Cannabis voidaan jakaa kolmeen eri lajiin joko ulkomuodon tai käyttötarkoituksen mukaan. Cannabis sativa on korkeaksi kasvava, etenkin kuidun tuotantoon sopiva lajike. Cannabis indica on sativaa matalakasvuisempi ja kasvustoltaan tuuheampi ja pallomaisempi. Sitä käytetään päihde- ja lääkekasvina. Cannabis ruderalis on cannabis lajeista pienikasvuisin, ja se tunnetaan myös Venäjällä kasvavana villihamppuna. Eri lajien ulkoiset erot voi nähdä kuvasta 1. Käyttötarkoituksen mukaan hamppu voidaan jakaa öljyhamppuun, lääkehamppuun ja kuituhamppuun. (Norokytö 2010, 7.) Kuituhampun ja öljyhamppun THC-pitoisuudet saavat olla korkeintaan 0,2 %, kun vastaavasti päihdekäyttöön tarkoitettun lajikkeen THC-pitoisuus voi olla 14 % (Pudas 2010, 3).



Kuva 1. Cannabis sativa, cannabis indica ja niiden lehdet sekä cannabis ruderalis. (Leaf Science 2014.)

Kuituhamppu on yksivuotinen tuulipölytteinen kasvi. Hampun pituus vaihtelee yhdestä viiteen metriin ja Suomessa pituus on noin 3–4 metriä. (Pudas 2010, 2.) Kuituhamppu on tuhansia vuosia vanha viljelykasvi. Suomessa sen merkitys

on ollut tärkeä etenkin tekstiiliteollisuudessa. Vuosisatoja hamppu oli Suomesakin yksi tärkeimmistä viljelykasveista sen monipuolisuuden takia. Kuitenkin tultaessa 1950-luvulle sen viljely tyrehtyi lähes täysin lainsäädännön takia. Viljelyalat ovat kuitenkin lähteneet nousuun, mutta toivotunlaista kasvua ei ole vielä tullut. (Pudas 2010, 4-7; Norokytö 2010; Hemprefine 2014.) Kuituhampun viljelyala Suomessa vuonna 2013 oli 67,41 hehtaaria ja vuonna 2014 viljelyala oli noussut noin 250 hehtaariin (Neuvo 2014).



Kuva 2. Kesän 2013 kuituhampukasvustoa Kiteeltä. (Kuva: Nina Juvonen.)

Kuituhampusta voidaan erottaa kaksi osaa, pitkistä niinikuiduista muodostuva kuituosa ja lyhyemmistä kuiduista muodostuva päistäreosa. Kuituhampun puumaisesta osasta eli päistäreestä valmistetaan kuiviketta niin tuotanto-, harraste- kuin pieneläimillekin. Kuivike voi olla irtonaista, muutamien senttimetrien pituista suikaletta tai se voidaan pelletöidä. Kuituosa käytetään muun muassa tekstiili- ja paperiteollisuuteen. (HempRefine 2014.) Hampusta erotellessa noin 30 % on

kuitua ja 55 - 70 % päistärettä, tällöin siis päistäre-kuitu -suhde on noin 1,8:1 (Carus, Karst, Kauffmann, Hobson & Bertucelli 2013).

Kuituhamppu on hyvin satoisa ja ympäristöystävällinen vaihtoehto kuivikekäyttöön. Hampun kuiva-ainesato hehtaarille on parhaimmillaan 15 tonnia. Suomessa keskimääräinen kuiva-ainesato on 6 - 10 t/ha. (HempRefine 2014.) Turpeeseen ja puupohjaisiin kuivikkeisiin verrattuna hamppu on täysin uusiutuva hyötykasvi, joten esimerkiksi lähes uusiutumattomaan turpeeseen nähden se on paljon ekologisempi vaihtoehto, sillä koko kasvi voidaan hyödyntää.

Hamppua voidaan korjata sekä syksyllä että keväällä. Kevätkorjatun hampun etuna on sen kuivatuskustannusten puuttuminen. Koska sato korjataan keväällä, on kasvi tällöin jo valmiiksi kuivaa. Talven aikana kasvin lehdet putoavat ja kuituosa irtoaa puumaisesta päistäreosasta. Kasvia ei siis tarvitse tällöin erikseen kuivata. Hamppukuivikkeen etuina ovat muun muassa pehmeys, riittäisyys ja hyvä imuteho. Hamppukasvusto korjataan jyräten tai niittäen, karhottaen ja lopuksi paalaten. (HempRefine 2014.)

Kuituhamppu on ekologinen, tehokkaasti hiilidioksidia sitova viljelykasvi. Sen käyttökohteet ovat monipuoliset, vaikkakin sen käyttö on tällä hetkellä melko vähäistä ja viljelyalat Suomessa ovat vuosittain vielä pienet (Norokytö 2010). Kuituhampulla voidaan korvata keino- ja öljypohjaisia kuituja. Hamppu pitää pelot paremmassa viljelykunnossa, sillä se muokkaa juurillaan maaperää ja torjuu rikkakasveja luonnonmukaisella tavalla. Koska hamppu korjataan vasta keväällä, talviaikainen kasvipeitteisyys vähentää ravinteiden huuhtoutumisriskiä. Edellä mainittujen syiden takia kuituhamppu on erinomainen vuoroviljelykasvi myös luomutiloille. (HempRefine 2014.)

Kuituhampun viljelyala maailmalla oli vuonna 2011 noin 55 000 hehtaaria. Hampua viljellään Euroopassa vuosittain noin 10 000–15 000 hehtaarilla. Vuonna 2012 määrä oli 14 000 hehtaaria. Suurimmat hampun viljelymaat ovat Ranska ja Hollanti. Vuonna 2010 Euroopassa suurin osa (45 %) tuotetusta hamppupäistäreestä käytettiin hevosten kuivikkeeksi. Muut käyttötarkoitukset

olivat esimerkiksi muiden eläinten kuivikket ja rakennusmateriaalit. (Carus, Karst, Kauffmann, Hobson & Bertucelli 2013.)

### 2.3 Kuivikelannan hävittäminen

1800-luvulla lehmiä pidettiin sen tuottaman lannan takia. Myös hevosten lannan suurin käyttötarkoitus on lannoituskäyttö, vaikkakin joissakin määrin se koetaan pelkkänä jätteenä. Hevostiloilla ongelmana on, että kuivikelantaa muodostuu paljon. Tämä lisää työn määrää ja kustannuksia kuivikelannan jatkojalostusta ajatellen.

Nykyisin hevosen kuivikelannan lannoituskäyttöön vaikuttaa käytettävä kuivikemateriaali. Viljelijät eivät mielellään ota puuperäistä kuiviketta sisältävää kuivikelantaa, sillä sen kompostoituminen on hidasta (Kuulusa 2008, 19). Lannan levittäminen peltoille ei ole kaikilla tallinpitäjillä mahdollista, sillä usein tallit sijaitsevat keskustan tai asutuksen tuntumassa. Täten lannan sijoittamisesta varastoinnin jälkeen saattaa tulla ongelma monella tallilla.

Vuonna 2013 hevosia oli Suomessa noin 75 000 ja vuonna 2030 määrän arvioidaan olevan jopa 130 000 (Latvala 2013). Suomessa kertyy vuodessa noin 800 000 kuutiota hevosenlantaa. Hevosenlanta on hyvin energiarikasta, ja yhden hevosen päivässä tuottama kuivikelanta vastaa noin 30 kWh energiaa. Näin ollen muutaman hevosen lantamäärällä voitaisiin lämmittää yksi omakotitalo vuodessa. (Bioenergian Pikkujättiläinen 2014.) Hevosenlanta sisältää kuivikkeesta ja siivoamistavasta riippuen noin 60–80% kuiviketta (Airaksinen 2006, 16).

Hevosenlannan hävittämiseen on useita eri keinoja. Kuivikelanta voidaan levittää peltoon, kompostoida, kaasuttaa, polttaa tai mädättää. Hevosenlannan oikein hävittämisestä hyötyvät tilan lisäksi myös koko yhteiskunta. Suomessa hevosenlannan energiakäyttö on vielä vähäistä, ja ensisijainen käyttö onkin ravinteiden hyödyntäminen (Säikkö 2012).

### 2.3.1 Kompostointi

Varsin yleinen tapa hevosenlannan jatkokäsittelylle Suomessa on kompostointi. Kompostoituminen on mikrobiologinen, hapellisissa oloissa tapahtuva prosessi. Siinä pieneliöt hajottavat orgaanista ainesta ja samalla tuotetaan lämpöä. Kompostoituminen vaatii toimiakseen oikeanalaiset olosuhteet. Kompostoitumista ja sen tehokkuutta säätelevät mm. happi, pH, kosteus ja lämpötila. (Hevostietokeskus 2014.)

Hevosenlanta kompostoituu hyvin jo lantalassa ja kompostointi on mahdollista toteuttaa muun muassa aumoissa tai tuubeissa (Hevostietokeskus 2014). Kompostoitumisen nopeuteen vaikuttaa valittava kuivikemateriaali. Puupohjaiset kuivikkeet kompostoituvat hitaasti, kun taas turve-, olki- ja hampupohjaisen kuivikelannan kompostoituminen on puolestaan nopeaa. Hevosen lanta itsessään kompostoituu hyvin. (Airaksinen 2006.)

### 2.3.2 Kaasutus

Helmikuussa 2013 astui voimaan asetus, jonka mukaan hevosen kuivikelantaa voidaan hävittää kaasutus- ja pyrolyysilaitoksissa (Lehtonen 2013). Hevosenlannan kaasutus ja pyrolyysi tapahtuvat korkeassa noin 500 asteen lämpötilassa hapettomissa oloissa. Kaasutuksessa ja pyrolyysissä poltettavasta massasta noin kolmasosa muuttuu hiileksi, joka voidaan käyttää lannoitteena pelloille. Kaasutettavan massan hiili ei vapaudu ilmakehään toisin kuin poltossa. Menetelmä on kuivatislausta. Päästöt eivät saa kuitenkaan ylittää maakaasun polttamisen päästöjä. (Pippingsköld 2013.)

Kaasutuksessa hevosenlanta on kuivattava. Kaasutuksessa lämpötila on 600–1000 astetta, pyrolyysissä 250–500 astetta. Hevosenlannan kaasutus- ja pyrolyysilaitoksessa ei sovelleta jätteenpolttoasetusta, mikäli kaasu puhdistetaan. Tällöin se ei enää ole jätettä. Kaasutuksessa yhden hevosen vuodessa tuottamasta lantamäärästä saadaan 3,3 MWh energiaa. (Rusanen 2013.)

### 2.3.3 Poltto

Hevoselannan poltto on sallittua, mutta jätelain 646/2011 mukaan lanta luokitellaan jätteeksi, jolloin sen polttoa säätelee jätteenpoltoasetus (VnA 151/2013). Hevoselanta on poltettaessa ongelmallinen, sillä kuivikelanta on yleensä liian kostea, jolloin se vaatisi erillisen kuivauksen ennen polttoa. Toinen vaihtoehto olisi lisätä kuivikelannan sekaan seosmateriaalia, kuten haketta tai pellettiä. (Kauppinen 2005.) Kutterinlastu on osoittautunut kokeissa käyttökelpoiseksi, mutta kuivikelannan varastoinnissa on oltava tarkkana, ettei kuivikelanta kostu (Alho, Halonen, Kuuluvainen & Matilainen 2010). Kuivikelannan poltossa puun ja turpeen on havaittu olevan olkea parempia materiaaleja. Poltossa saatava yhden hevosen vuodessa tuottama energiamäärä on 6,7 MWh. (Rusanen 2013.)

Hevoselantaa saadaan polttaa vain polttolaitoksissa, joissa on päästöjä mittaavat ja seuraavat laitteistot. Useita talliyrittäjiä kiinnostaisi oma tallin yhteydessä oleva polttolaitos, mutta lainsäädäntö tekee siitä kannattamatonta ja hyvin työlästä. Laitteistot ovat kalliit ja kustannukset hevosityrittäjälle korkeat. (Lehtonen 2013.)

Pienten siirreltävien laitteistojen kustannukset liikkuvat muutamien kymmenien tuhansien eurojen paikkeilla. Suuret ja kiinteät jatkuvatoimisten laitteiden hinnat nousevat satoihin tuhansiin euroihin. Muualla Euroopassa, kuten Tanskassa, Saksassa ja Hollannissa hevosenlannan polttaminen on sallittua pienvoimaloissa. (Pippingsköld 2013.) Hevoselannan poltolla olisi kuitenkin positiivisia vaikutuksia esimerkiksi ilmastonmuutoksen hillintään, uusiutuvan energian lisäämiseen ja uusien elinkeinoharjoittajien ja elinkeinojen lisäämiseen (Ikävalko 2009).

### 2.3.4 Mädätys

Mädätysprosessissa biokaasua eli metaanin ja hiilidioksidin seosta tuotetaan hajottamalla orgaanista ainesta hapettomissa olosuhteissa. Biokaasussa metaanin osuus on noin 40 - 70 %, hiilidioksidin osuus 30 - 60 % ja loppu on muita kaasuja, kuten rikkiyhdisteitä. (Suomen Biokaasuyhdistys 2014.) Metaania syntyy metaanibakteereiden eli anaerobisten bakteereiden hajottaessa orgaa-

nista ainesta ravinnokseen. Biokaasua voidaan tuottaa lähes mistä orgaanisesta aineksesta, mutta se kuinka paljon metaania syntyy, riippuu käytettävästä raaka-aineesta. (Hänninen & Leinonen 1996, 8–11.)

Mädätysprosessista voidaan erottaa neljä vaihetta: hydrolyysi, happokäyminen, asetogeneesi ja metanogeneesi. Hydrolyysivaiheessa kiinteän orgaanisen aineksen hiilihydraatit, proteiinit ja lipidit hajoavat liukoisiksi yhdisteiksi eli sokeiksi, aminohapoiksi ja pitkäketjuisiksi rasvahapoiksi. Happokäymisessä, eli asidogeneesissä nämä yhdisteet muuttuvat haihtuviksi rasvahapoiksi eli propionaatiksi ja butyraatiksi. Asetogeneesissä eli etikkahaponmuodostuksessa rasvahapot hajoavat etikkahapoksi eli asetaatiksi, vedyksi ja hiilidioksidiksi. Reakti-  
on viimeisessä vaiheessa, metanogeneesissä metaanintuotossa muodostuu metaania pääosin (noin 70 %) asetaatista sekä myös hiilidioksidista ja vedystä (noin 30 %). (Paavola 2007.)

Muodostunut biokaasu voidaan käyttää energiaksi, kuten lämmöksi ja sähköksi tai polttoaineeksi. Prosessissa syntyvä käsittelyjäännös voidaan käyttää lannoitteen. Biokaasutuksessa hevosenlanta käytettäisiin siis sekä energiaksi että lannoitteeksi. Tällöin lannan energian ei menisi hukkaan, vaan se käytettäisiin edelleen lannoitteena. Poltossa hyötymahdollisuus on vain energiakäytössä, mutta ravinteiden hyödyntäminen jää kokonaan huomioitta.

Mädätys voidaan jakaa kuivamädätykseen ja märkämädätykseen riippuen syötteen kuiva-ainepitoisuudesta. Märkämädätyksessä kuiva-ainepitoisuus on 5 - 15 % ja kuivamädätyksessä 20 - 50 % (Latvala 2009).

Hevosenlanta itsessään on metaanintuottopotentialiltaan hyvä, mutta normaalilanteessa lannan mukana on aina kuiviketta, joka vaikuttaa metaanintuottoon. Wartell (2009) on arvioinut hevosenlannan metaanintuotoksi 100–280 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/tVS. MTT:n ja TTS:n HorseManure-hankkeen tutkimuksessa vuonna hevosenlannan ja purun seos tuotti kaasua keskimäärin 70,5 m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/tVS ja metaanintuotto tuoretta lantatonnia kohti oli 19,6 m<sup>3</sup>. Tuotetun kaasun metaanipitoisuus oli noin 53,8 %. (Heikkinen, Hietaranta, Saastamoinen, Tampio & Virkkunen 2014.)

Hanski (2013, 19) on laskenut diplomitutkimuksessaan eri kuivikelantaseoksien metaanintuottopotentiaalit tonnia kohti käyttäen Mönch-Tegeder et al. (2013) arvoja. Käytettäessä olkipellettiä kuivikkeena, on kuivikelannan kokonaismetaanintuottopotentiaaliksi saatu 66,9 Nm<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/t. Vastaavan seoksen ominaistuottopotentiaali/VS on 0,191 Nm<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/kgVS.

Taulukko 3. Eri kuivikemateriaalien metaanintuottopotentiaali tonnia kohti (Hanski 2013)

<b>Kuivikelantatyyppi</b>	<b>Kokonaismetaanintuottopotentiaali Nm<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/t</b>	<b>Ominaispotentiaali/VS</b>
<b>Olkipelletti</b>	66,9	0,191
<b>Olki</b>	82,1	0,2
<b>Pellava</b>	33,3	0,150
<b>Puupelletti</b>	44,2	0,104
<b>Sahanpuru</b>	51,7	0,114

Hanskin tekemässä kokeessa ilmeni, että puupellettilanta tuotti metaania parhaiten, olkipelletti seuraavaksi parhaiten. Turvelanta tuotti heikoiten ja purulannan vaikutus kaasuntuottoon ei ollut merkittävä, sillä kaasuntuotto oli lähes samaa luokkaa pelkän hevosenlannan osalta. Olkipelletin metaanintuotanto viimeisenä päivänä oli 314,7 ml, turpeen 128,8 ml, purun 262 ml, puupelletin 1 619,4 ml ja puhtaan lannan 118,2 ml. (Hanski 2013, 63–64.)

Puupohjaiset kuivikkeet, kuten puru- ja puupelletti eivät ole parhaita mahdollisia materiaaleja kaasuntuotossa, sillä niissä oleva ligniini hajoaa huonosti prosessissa. Turve on osoittautunut kohtalaista metaanintuottoa. Olkipelletti on osoittautunut hyväksi materiaaliksi biokaasun raaka-aineena jo itsestään ilman hevosenlantaa. (Alho, Halonen, Kuuluvainen & Matilainen 2010.)

Yhden hevosen vuotuinen metaanintuotto olisi noin 360 m<sup>3</sup> laskettuna Luostari-  
sen (2013) antamalla hevosenlantakuivikeseoksen metaanintuottopotentiaalilla 40 m<sup>3</sup>/tn (Hanski 2013, 19–20). Säikkö (2012) arvioi puolestaan tutkimus-



saan, että yhden hevosen vuosittainen biokaasuntuotto olisi 525 m<sup>3</sup> vuodessa, jolloin kuutiomäärä kuivikelantattonia kohti olisi 58,3 m<sup>3</sup>/t.

Mädätyksessä etuna on lannoitteen hyvä laatu, sillä mädätetyssä lannassa ravinteet ovat kasveille käyttökelpoisemmassa muodossa, ja ne säilyvät paremmin kuin esimerkiksi kompostoitessa. Mädätys on myös kompostointia nopeampi ja tehokkaampi prosessi esimerkiksi hukkakauran itävyyden estämisessä. (Hanski 2013, 76.)

### 3 Tutkimuksen tarkoitus, tavoitteet ja tutkimuskysymykset

#### 3.1 Tarkoitus ja tavoitteet

Opinnäytetyöni tarkoituksena on selvittää kevätkorjatun kuituhampun soveltuvuus ja toimivuus kuivikekäytössä ja edelleen mädätyksessä. Tavoitteena on saada kattava ja luotettava selvitys kevätkorjatun kuituhampun eduista verrattuna muihin hevoskuivikkeisiin.

Tarkoituksena on vertailla eri kuivikkeiden ominaisuuksia erojen ja yhtäläisyyksien osalta. Tutkittavat kuivikkeet ovat turve, olkipelletti ja kevätkorjattu hamppu. Kuivikekokeen tavoitteena on tutkia eri kuivikkeiden menekki, ammoniakkin sitomiskyky, sekä käyttökokemukset niin hevosille kuin ihmisillekin. Lisäksi tarkoituksena on vertailla kuivikkeista aikaisemmin tehtyjä kirjallisia kokeita ja tutkimuksia. Tavoitteena hampusta on saada hevostiloille ympäristöystävällinen ja käyttökelpoinen kuivike turpeen, oljen ja purun rinnalle.

Opinnäytetyössä tavoitteena on lisäksi selvittää kevätkorjatun kuituhampun ja olkipelletin metaanintuottokyky kuivikelantatonna kohti. Tavoitteena on selvittää kaasuntuottopotentiaali ja sen kannattavuus maataloilla verrattuna muihin kuivikkeisiin. Tavoitteena on, että hevosen kuivikekäytön jälkeen saatu kuivikelanta mädätetään biokaasulaitoksessa. Saatava biokaasu käytetään energiaksi sähkön- ja lämmöntuotantoon ja mädätysjäännös jalostetaan lannoitteeksi peltoon.

Tutkimuksen tavoitteena on saada hyödyllistä tietoa eri alojen yrittäjille, kuten maanviljelijöille, hevosalan yrittäjille ja lannan jatkojalostajille. Tutkimuksella halutaan kartoittaa hampun käyttökokemuksia ja mahdollinen kiinnostus talliyrittäjien keskuudessa. Tavoitteena on saada tietoa hampun biokaasuntuottopotentiaalista BioKymppi Oy:lle. Tavoitteena on selvittää, onko hampupäistärelantaseosta järkevää ja taloudellista mädättää ja onko mädätys varteenotettava ja käyttökelpoinen lannan jatkojalostuskeino.

Kokeella halutaan lisätä lannan hyötykäyttöä lannoitekäytön lisäksi myös energiaksi. Lisäksi tutkimuksella halutaan tuoda hampupäistärettä tunnettavam-

maksi ja kasvattaa sen käyttöä perinteisten hevoskuivikkeiden rinnalle. Pohjois-Karjalassa ei tiedettävästi ole yhdelläkään tallilla käytössä kuivikkeena hamp-pua.

### **3.2 Tutkimuskysymykset**

Tutkimuksen tavoitteena on saada vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

1. Miten hamppupäistäre eroaa muista hevoskuivikkeista?
2. Onko hamppupäistäre käyttökelpoinen ja taloudellisesti kannattava kuivike hevoskäytössä?
3. Onko hamppupäistäreen ja lannan seoksesta biokaasun raaka-aineeksi?
4. Mikä asiat kuivikekäytössä ja mädätyksessä vaativat lisätutkimuksia?

## **4 Tutkimuksen toteuttaminen**

### **4.1 Aineiston keruu**

Opinnäytetyöni toteutettiin käytännön kokeena sekä kirjallisuus- ja valmisaineistotyönä. Työni perustuu kuivike- ja mädätyskokeeseen ja niistä saatuihin tuloksiin sekä kirjallisiin vertailuihin valmiista aineistosta.

Kuivikekokeessa käytettävä kevätkorjattu kuituhamppu tuli Turusta HempRefine Oy:lta, joka jalostaa kuituhampusta eläinkuivikkeita, luonnonkuituja sekä bioenergiaa (HempRefine 2014). Olkipelletti tuli kokeeseen Pohjois-Karjalaiselta toimittajalta ja turve tallin omasta takaa eli tallin omistajan omalta kuivikkeen toimittajalta.

Opinnäytetyöni aihetta koskevaa taustatietoa keräsin alan kirjoista, julkaisuista ja internetsivuilta sekä alan asiantuntijoilta. Kokeista saatuja tuloksia vertailin kirjalliseen aineistoon ja aikaisemmin tehtyihin tutkimuksiin. Kuivikkeiden käytökokemuksia kerättiin tallilla olevilta hevosnomistajilta ja muilta tallilla olevilta henkilöiltä.

### **4.2 Tutkimusmenetelmät**

Tutkimus alkoi tallilla suoritettulla kuivikekokeella, jossa määritettiin tutkittavien kuivikkeiden menekit ja kuivikelannan tuotto. Tallilla suoritettiin myös kuivikekokeeseen liittyvä ammoniakkipitoisuuksien mittaus. Viimeisenä tutkittavana vaiheena oli Itä-Suomen yliopistolla suoritettu mädätyskoe, jossa selvitettiin hampulannan ja olkipellettilannan metaanintuotto.

#### **4.2.1 Kuivikekoe**

Tutkimuksessa tehtiin kaksi kuukautta kestänyt kuivikekoe, jonka tavoitteena oli vertailla eri hevoskuivikkeita keskenään. Kuivikekokeessa tutkittiin eri kuivikkeita niiden käyttöominaisuuksien, menekin ja syntyvän kuivikelannan kannalta. Tutkittavat kuivikkeet kokeessa olivat olkipelletti, turve ja kevätkorjatun kuitu-

hampun päistäre. Kuivikekoe toteutettiin Joensuussa 9 hevosen ja 8 karsinan yksityistallilla.

Kokeesta jätettiin pois kaksi karsinaa, koska toisessa olivat emä ja varsa samassa, ja toisessa kesällä 2013 syntynyt kasvava varsa. Nämä olisivat saattaneet vaikuttaa tulokseen vääristävästi. Kokeessa oli siis mukana kuusi karsinaa, ja kullekin kuivikkeelle tuli kaksi testikarsinaa. Kokeessa oli neljä hevosta, poni sekä varsa.

Koska kokeen hevoset olivat kooltaan erilaisia, jaettiin karsinat kuivikkeineen hevosten painojen mukaan siten, että tutkimus oli mahdollisimman luotettava. Täten siis oletusarvona on, että hevosen koon ja kuivikkeen menekin välillä on yhteys. Mitä kookkaampi hevonen, sitä enemmän se syö ja täten sitä suurempi on sen tuottaman lannan ja virtsan määrä. Täten myös kuiviketta oletetaan kuluvan enemmän.

Hevosten elopainot määritettiin ennen kokeen alkua Suomen Hevostietokeskuksen hevosen painon määrittämissä (liite 1). Kullekin kuivikkeelle tuli suunnilleen samanlainen massamäärä. Hevosten painot määritettiin vielä uudelleen kokeen loppupuolella. Tulosten analysoinnissa käytettiin näiden kahden punnituksen keskiarvoa. Kaksi kokeessa olevista hevosista punnittiin kokeen aikana kolmeen otteeseen, sillä niillä oli luvassa painon nousua. Toinen oli vuonna 2012 syntynyt varsa ja toinen lihasmassaa kasvattava täysikasvuinen hevonen.

Joulukuun 21. päivä koekarsinat tyhjennettiin entisestä kuivikkeesta ja perustettiin uusilla tutkittavilla kuivikkeilla. Kokeessa olevien viiden karsinan koko oli 3 x 3 metriä eli 9 m<sup>2</sup> ja yksi olkipelletillä oleva koekarsina oli 3 x 4 metriä eli 12 m<sup>2</sup>. Kokeen lopputuloksissa huomioitiin karsinoiden kokoero. Karsinoiden perustamisen yhteydessä määritettiin myös kuivikkeiden irtotiheydet.

Perustetuista karsinoista kaksi oli olkipelletillä (kuva 3), kaksi hampupäistäreellä (kuva 4) ja kaksi turpeella (kuva 5). Olkipelletit olivat 15 kg:n säkeissä, turve kasassa heinävarastossa ja hamppu noin 15 kg:n säkeissä. Perustamisen jäl-

keen kuivikepatjan keskimääräiset paksuudet olivat hampulla noin 15 cm, oljella noin 5 cm ja turpeella noin 10 cm. Parin päivän päästä perustuksesta myös olkipelletin patjan keskimääräinen paksuus oli noussut yli noin 10 cm.



Kuva 3. Olkipellettikarsina perustamispäivänä. (Kuva: Nina Juvonen.)



Kuva 4. Hamppekarsina perustamispäivänä. (Kuva: Nina Juvonen.)





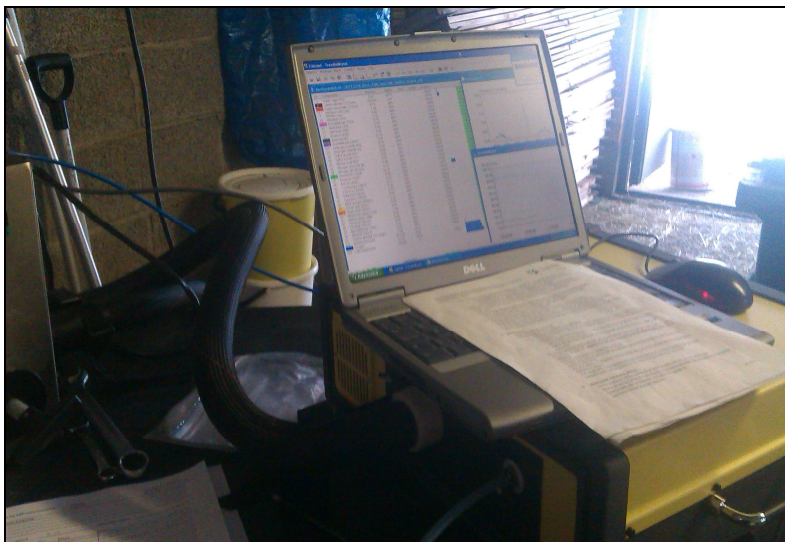
Kuva 5. Turvekarsina perustamispäivänä. (Kuva: Nina Juvonen.)

Kokeen aikana jokainen koekarsinoihin menevä kuivikekuorma ja sieltä pois otettava kuivikelanta punnittiin kolmea henkilövakaa apuna käyttäen. Tulokset merkittiin taulukkoihin (liite 2). Kokeessa oli käytössä yksi puutarhakärri, jonka paino tyhjänä oli 18 kg.

Karsinoita ei käännetty kokonaan lattiaan saakka puhdistamisen yhteydessä, joten päivittäin karsinasta poistettiin vain lantakikkareet ja märät virtsakohdat. Näin välttyttiin turhalta karsinan pölyttämiseltä, eikä kuiviketta mennyt hukkaan. Karsinaan muodostui siis niin sanottu patja, jonne lisättiin kuiviketta noin kerran viikkoon, eikä patjaa myllätty pohjaan asti. Patja pyrittiin pitämään kaikilla kuivikkeilla saman paksuisena. Patja toimii sekä pehmusteena että lämmikkeenä. Patjaa käytettäessä vältetään myös ylimääräiseltä työltä verrattuna siihen että karsina käännettäisiin kokonaan.

#### 4.2.2 Ammoniakkipitoisuuden määrittäminen

Ammoniakkimittaukset tehtiin Mekrijärven tutkimuskeskuksen tutkijoiden laitteilla ja avustuksella. Mittaukset suoritettiin FTIR- kaasuanalysointilaitteella (kuva 6) heinävarastosta, tallin käytävältä (kuva 7) ja karsinoista (kuva 8).



Kuva 6. Ammoniakkimittaukset tehtiin FTIR-kaasuanalysaattorilla. (Kuva: Nina Juvonen.)



Kuva 7. Ammoniakkimittaus tallin käytävältä. (Kuva: Nina Juvonen.)





Kuva 8. Ammoniakkimittaukset otettiin jokaisesta koekarsinasta. (Kuva: Nina Juvonen.)

FTIR-analysaattori sijoitettiin heinävarastoon, tilaan, jossa ammoniakkia ei ollut. Mittaukset tehtiin 21. maaliskuuta. Koe aloitettiin nollaamalla analysaattori, mittaamalla aluksi heinäladon puolelta. Tämän jälkeen arvot mitattiin tallin käytävältä, noin 1,2 metrin korkeudelta.

Alkumittausten jälkeen aloitettiin varsinainen koe. Näytteet otettiin jokaisesta karsinasta, kuivikemateriaalin pinnalta (kuva 9). Mittauksessa valittiin kustakin koekarsinasta kaksi mitattavaa paikkaa; puhdas ja likainen. Puhtaampi kohta valittiin karsinan sellaisesta kohdasta, jossa hevonen vähiten oli oleskellut. Likaisempi kohta otettiin paikasta, jonka lähetyville hevonen oli tehnyt tarpeensa.



Kuva 9. Mittaukset tehtiin kuivikepatjan pinnalta. (Kuva: Nina Juvonen.)

Mittauksen lopuksi arvot mitattiin taas tallin käytävältä, jonka jälkeen analysaattori vielä nollattiin mittaamalla heinäladon puolelta, raikkaasta ilmasta. Kaikki kokeessa tehdyt mittaukset niin ilmasta kuin karsinoistakin mitattiin kolmeen kertaan ja mittausaika oli aina sama kustakin mitattavasta materiaalista.

### 4.3 Mädätyskoe

Kevätkorjatun hampun mädätyskokeet tehtiin Itä-Suomen yliopistolla, metsätieteiden laitoksella Borealis-talossa. Kokeen päällimmäinen tarkoitus oli selvittää hampupäistärelannan kaasuntuottopotentiaali. Verrokkina kokeessa käytettiin olkipellettilantaseosta.

Mädätyskoe suoritettiin yliopiston tiloissa olevalla pienoisreaktorilla, joka koostui neljästä tilavuudeltaan 10 litran kooreaktorista (kuva 10). Kokeessa molemmilla kuivikelanta seoksilla oli kaksi reaktoria, jotta kokeesta tulisi luotettavampi.



Kuva 10. Itä-Suomen yliopiston kooreaktorit. (Kuva: Nina Juvonen.)

Reaktoreihin syötettiin päivittäin kuivikelannan ja veden seosta, jonka suhde oli 1:1,5. Tämä suhde saatiin määrittämällä ennen kokeen aloitusta kuivikelannan kuiva-ainepitoisuus. Kuivikelanta hienonnettiin sauvasekoittimella ja syöttestä tehtiin mahdollisimman tasaista, sillä muuten se ei menisi syöttöhanoista sisälle reaktoreihin.

Koe aloitettiin syöttämällä reaktoreihin kuivikelannan ja veden seosta 50 ml päivittäin. Kahdessa reaktorissa syötteenä käytettiin olkilannan ja veden seosta ja kahdessa muussa reaktorissa syötteenä oli hamppulannan ja veden seos. Reaktoreista poistettiin päivittäin sama määrä, kuin oli syötetty. Poisto, syöttö ja kaasun mittaus tapahtuivat reaktoreiden päällä olevien hanojen avulla (kuva 11). Syötteen määrää lisättiin päivittäin, kunnes määrä oli 200 ml/ päivä. Päivittäisen poiston määrä oli edelleen sama kuin päivittäin lisättävän syötteen määrä, jolloin reaktoreiden tilavuus säilyi koko ajan vakiona.





Kuva 11. Reaktoreiden syöttö ja poisto tapahtui reaktoreiden päällä olevien hanojen kautta. (Kuva: Nina Juvonen.)

Reaktoreita syötettiin 20 päivän ajan samalla 200 ml:n päivittäisellä syötemäärällä. Tämän jälkeen aloitettiin virallinen koe ja mittaukset. Päivittäinen reaktoreiden hoito sisälsi ensin kaasuhanoissa olevien kaasupussien irrottamisen, jonka jälkeen reaktoreja sekoitettiin muutaman minuutin ajan. Tämän jälkeen kaasupussit mitattiin, jolloin saatiin selville tuotetun kaasun määrä ja kaasun metaanipitoisuus (kuva 12).

Seuraavaksi reaktoreista poistettiin lietettä pitkän, reaktorin pohjalle ylettyvän letkun ja ruiskun avulla. Tästä poistetusta määrästä otettiin päivittäin 150 ml näytettä kahteen eri näyteastiaan. Poiston jälkeen kuivikelannan ja veden seosta lisättiin syöttöhanan kautta 100 ml:n ruiskulla. Tämän jälkeen reaktoreita sekoitettiin hetken ajan ja kaasupussit laitettiin takaisin paikoilleen.



Kuva 12. Päivittäin tuotetun kaasun määrän mittausvälineistö. (Kuva: Nina Juvonen.)

Kokeen aikana syötteen määrää lisättiin joka toinen päivä 25 ml:lla (liite 3). Tällä katsottiin, kuinka paljon prosessi kestää syötteen nostamista. Tämän kaksi-  
viikkoisen koejakson aikana reaktoreista poistettavasta massasta otettiin näyt-  
teitä kahteen eri näyteastiaan.

Kokeen lopuksi päivittäin otetuista näytteistä määritettiin pH ja kuiva-  
ainepitoisuudet. Kuiva-ainemäärityksissä joka näytteestä otettiin rinnakkaisnäyt-  
teet, jotta tulos olisi mahdollisimman luotettava. Kuiva-ainemääritykset tehtiin  
kuten alussa syötteistä tehdyt määritykset. PH mitattiin elektronisella pH-  
mittarilla. Aluksi mittarilla mitattiin valmiit kalibrointiliuokset, joiden arvot olivat  
pH 4 ja pH 6. Tämän jälkeen varsinaiset näytteet mitattiin ja mittari puhdistettiin  
jokaisen eri näytteen välissä puhdistusliuoksella.

#### 4.4 Aineiston käsittely ja analyysi

Kuivikekokeen tulokset kirjattiin Microsoft Office Word -tiedostolla luotuihin taulukoihin. Saadut tulokset kirjattiin Microsoft Office Excel -taulukkolaskentaohjelmaan, jossa myös tulokset käsiteltiin ja niistä laskettiin haluttuja tietoja.

Ammoniakkimittauksesta ja mädätyksestä saadut tulokset käsiteltiin Microsoft Office Excel -taulukkolaskentaohjelmassa. Tarvittavat kuvaajat tehtiin myös samalla ohjelmalla. Ammoniakkimittauksen tuloksia käsiteltäessä ja kuvioita piirrettäessä apuna käytettiin Pitkäsen (2013) vastaavan tutkimuksen esitystapaa. Tutkimustuloksia analysoitiin vertailemalla aikaisemmin tehtyjä tutkimuksia sekä huomioimalla kokeen aikana mahdollisesti tapahtuneet virheet.

Kuivikekokeen ja mädätyskokeen tulosten tilastollinen merkitsevyys testattiin Microsoft Office Excel -taulukkolaskentaohjelman yksisuuntaisella varianssianalyysillä. Tällä tilastokäsittelyllä saatiin selville, ovatko saadut tulokset sattumaa vai tilastollisesti merkitseviä.

## 5 Tulokset ja niiden tulkinta

### 5.1 Kuivikekokeen tulokset

#### 5.1.1 Kuivikkeiden menekit ja syntyvän kuivikelannan määrä

Karsinoiden perustusvaiheen kuivikejakaumat näkyvät taulukossa 3. Turvekarsinaan tuli hevoset, joiden yhteispaino oli 1 070,3 kg. Olkipellettikarsinaan tulevien hevosten yhteispaino oli 1 062,8 kg ja hamppupäistärekarsinaan tulevien hevosten yhteismassa oli 1 096,3 kg. Kullekin kuivikkeelle tuli siis suunnilleen samanlainen massamäärä, koska oletusarvona on, että hevosen koon ja kuivikekeen menekin välillä on yhteys. Mitä kookkaampi hevonen, sitä enemmän se syö ja täten sitä suurempi on sen tuottaman lannan ja virtsan määrä. Täten myös kuiviketta oletettiin kuluvan enemmän.

Taulukko 4. Karsinoiden perustamisvaiheen kuivikemäärät

Karsina	Kg/m <sup>2</sup>	Perustus (kg)
Olki 1	15,0	135,0
Olki 2	13,8	123,8
Turve 1	15,8	142,1
Turve 2	14,6	131,0
Hamppu 1	6,2	55,4
Hamppu 2	6,2	55,7

Perustamisvaiheesta nähdään, että turvetta ja olkipellettiä kului eniten verrattuna päistäreeseen, perustettavien patjojen ollessa paksuudeltaan lähes samantaisia. Turvetta laitettiin kumpaankin karsinaan viisi puutarhakärryllistä, mikä vastaa noin 140 kg. Hamppupäistärettä laitettiin viisi säkkiä, joka kokonaisuutena vastasi noin 55 kg. Toiseen olkipellettikarsinaan laitettiin 9 säkkiä, joka vastaa noin 135 kg ja toiseen, 12 m<sup>2</sup>:n karsinaan 11 säkkiä. Taulukkoon 4 on laitettu kuivikkeiden määrät suhteutettuna karsinan kokoon. Eli 12 m<sup>2</sup> karsinaan laitettiin todellisuudessa 165 kg olkipellettiä.

Kuivikkeiden irtotiheydet määritettiin karsinoiden perustamisen yhteydessä. Olkipelletin irtotiheydeksi saatiin  $505 \text{ kg/m}^3$ . Kirjallisuudessa vastaavat arvot vaihtelevat  $600 - 680 \text{ kg/m}^3$  välillä (Saatsi 2014, 47). Turpeen irtotiheydeksi saatiin  $175 \text{ kg/m}^3$ . Kirjallisuuden vastaava arvo on noin  $200 \text{ kg/m}^3$  (Vapo 2012) Hampupäistäreen tilavuuspainoksi määritettiin  $115 \text{ kg/m}^3$ .

Lopuksi kuivikkeiden menekit ja kuivikelannan tuotto muutettiin kuutioiksi, vertailtavuuden parantamiseksi, edellä mainittuja kuivikkeiden tilavuuspainoja käyttäen. Kuivikkeiden menekit ja kuivikelannan tuotto laskettiin näitä kuivikkeiden tilavuuspainoja käyttäen. Tulokset suhteutettiin hevosen massaun. Tulokset on laskettu karsinan koon ollessa  $9 \text{ m}^2$  ja hevoselle, joka painaa  $600 \text{ kg}$ . Kuivikekokeesta ilmeni, että turvetta kului kokeen aikana eniten verrattuna olkipellettiin ja hamppuun (taulukko 5). Turvetta kului hamppuun verrattuna noin 2,6 kertaa ja olkeen verrattuna 1,5 kertaa enemmän. Haluttaessa muuttaa tonnimäärät kuutioiksi:

Turve:

- $3,545 \text{ t} : 0,175 \text{ t/m}^3 = 20,3 \text{ m}^3$   
ja kirjallisuuden tilavuuspainolla laskettaessa:
- $3,545 \text{ t} : 0,200 \text{ t/m}^3 = 17,7 \text{ m}^3$ .

Olkipelletti:

- $2,091 \text{ t} : 0,505 \text{ t/m}^3 = 4,1 \text{ m}^3$   
ja kirjallisuuden tilavuuspainojen raja-arvoilla laskettaessa, käytettäessä arvoja  $600 \text{ kg/t}^3$  ja  $680 \text{ kg/m}^3$ :
- $2,091 \text{ t} : 0,600 \text{ t/m}^3 = 3,5 \text{ m}^3$   
ja
- $2,091 \text{ t} : 0,680 \text{ t/m}^3 = 3,1 \text{ m}^3$ .

Hampupäistäre:

- $1,341 \text{ t} : 0,115 \text{ t/m}^3 = 11,7 \text{ m}^3$ .



Taulukko 5. Kuivikkeen kulutus eri kuivikemateriaaleilla

	Kuivikkeen kulutus kg/ hevos kg/vuosi	Kuivikkeen kulutus tonnia/ hevonen/vuosi	Kuivikkeen kulutus m <sup>3</sup> / hevonen/vuosi
Turve	5,9	3,5	20,3
Olkipelletti	3,5	2,1	4,1
Hamppupäistäre	2,2	1,3	11,7

Kuivikemenekit vastaavat Tenhusen (2014, 24) kokeen tuloksia, jossa olkipelletin kulutukseksi vuodessa saatiin 5 m<sup>3</sup> ja turpeen kulutukseksi 16 m<sup>3</sup>. Turpeen kulutus osuu myös Airaksisen ym. (2001) selvittämiin arvoihin 10 - 26 m<sup>3</sup>. Olkipelletin kulutukseksi tässä tutkimuksessa saatiin enemmän, kuin mitä Biolki (2012) ja Saatsi (2014, 47) ovat esittäneet.

Kuutioina mitattaessa hamppua kului enemmän kuin olkea, mikä oli seuraustan erittäin pienestä tilavuuspainosta. Tonneina mitattu menekki on kuitenkin oleellisempi, sillä tuote ostetaan tonneina. Kulutukseen nähden hamppu vie pienen irtotiheydensä takia paljon tilaa verrattuna esimerkiksi olkipellettiin, mutta kuitenkin vähemmän kuin turve.

Hevosen kuivikelannan tilavuuspaino vaihtelee eri lähteitä eri lähteitä käytettäessä. Kauppinen (2005, 4) ilmoittaa irtotiheyden olevan 350 – 400 kg/m<sup>3</sup>. Nikkilän (2009, 8) mukaan hevosen kuivikelannan tilavuuspaino on 650 kg/m<sup>3</sup> ja vielä tätä korkeammaksi lantakuivikeseoksen tilavuuspainoksi on ilmoitettu 750kg/m<sup>3</sup> (Hanski 2013, 16).

Kuivikelannan määrän muodostumisessa oli myös eroa kuivikkeiden välillä. Turve tuotti noin 1,4 kertaa suuremman määrän kuivikelantaa verrattuna hamp-

pukuivikkeeseen. Ero olkipellettiin oli vastaavasti noin 1,2 kertaa suurempi (taulukko 6). Kun saadut tonnimäärät halutaan muuttaa kuutioiksi käytettäessä kirjallisuuden hevosen kuivikelannan raja-arvoja  $350 \text{ kg/m}^3$  ja  $750 \text{ kg/m}^3$ :

Turve:

- $5,776 \text{ t} : 0,350 \text{ t/m}^3 = 16,5 \text{ m}^3$
- $5,776 \text{ t} : 0,750 \text{ t/m}^3 = 7,7 \text{ m}^3$ .

Olkipelletti:

- $4,866 \text{ t} : 0,350 \text{ t/m}^3 = 13,9 \text{ m}^3$
- $4,866 \text{ t} : 0,750 \text{ t/m}^3 = 6,5 \text{ m}^3$ .

Hamppupäistäre:

- $4,140 \text{ t} : 0,350 \text{ t/m}^3 = 11,8 \text{ m}^3$
- $4,140 \text{ t} : 0,750 \text{ t/m}^3 = 5,5 \text{ m}^3$ .

Taulukko 6. Kuivikelannan tuotto eri kuivikemateriaaleilla

	Kuivikelannan tuotto kg/ hevosen kg/vuosi	Kuivikelannan tuotto tonnia/ hevonen/vuosi	Kuivikelannan tuotto $\text{m}^3$ / hevonen/vuosi
Turve	9,6	5,8	7,7 - 16,5
Olkipelletti	8,1	4,9	6,5 - 13,9
Hamppupäistäre	6,9	4,1	5,5 - 11,8

Hamppukuivikelantaa syntyi kolminkertainen määrä karsinaan laitettua kuiviketta kohti. Olkipellettilannan määrä oli noin 2,3-kertainen ja turvetta 1,6-kertainen.

Tutkimustulos kertoo, että hampun imukyky testissä käytetyillä kuivikkeilla oli kolminkertainen turpeeseen verrattuna.

Muodostuvan kuivikelannan määrät vastaavat Airaksisen ym. (2001) tutkimuksen tuloksia hampulle ja turpeelle. Tutkimuksessa saadut tulokset olkipelletille ja turpeelle ovat Tenhusen (2014, 25) tutkimuksen tuloksia jonkin verran pienemmät.

Turvekarsinoissa lannan osuus kuivikelannasta oli tulosten mukaan pienempi kuin olkipelletti- ja hamppukarsinoissa (liite 5), johtuen syystä, että toista turvekarsinoista siivottiin hiukan eri tavalla kuin muita karsinoita. Kunnollista kuivikepatjaa ei päässyt syntymään, vaan karsinaa siivottiin toisinaan myös pohjaa myöten. Tällöin kuiviketta hukattiin ja vietiin turhaan lantalaan. Tästä johtuu turvekarsinoiden vähäinen lantamäärän osuus kuivikelannasta.

Karsinoiden siivous kokeen aikana tapahtui pääasiassa yhden ihmisen voimin, mutta toisinaan karsinoita siivosi usea eri ihminen. Eri ihmisillä on erilainen tapa siivota karsinoita, jolloin myös kuivikkeen kulutus ja syntyvän kuivikelannan määrät vaihtelevat puhdistuskäytännöistä riippuen.

### **5.1.2 Kuivikkeiden käyttökokemukset**

Kuivikkeiden käyttökokemukset perustuivat seitsemän hevosenomistajan kokeen aikana tehtyihin havaintoihin ja mielipiteisiin. Hampusta pidettiin, mutta olkipelletti osoittautui toimivimmaksi kuivikkeeksi. Hampusta oltiin kiinnostuneita pellettimuodossa. Turve oli kuivikkeista käyttökokemuksiltaan huonoin. Hevosten kannalta paras kuivike oli olkipelletti tai hamppu. Näissä karsinoissa hevoset kestivät puhtaina, mutta toisaalta ammoniakkipitoisuudet olivat niissä korkeammat kuin turpeella.

Karsinoita perustettaessa nopein ja paras oli ehdottomasti hamppu. Sen levittäminen ja kuljettaminen kuivikkeen varastointipaikasta oli nopeaa ja helppoa, sillä kuiviketta ei tarvinnut lapioida. Päistäre ei pölynnyt eikä sotkenut. Säkit olivat käteviä ja niiden tyhjentäminen nopeaa. Yhtä karsinaa kohti meni vain neljä

säkkiä, joten edestakainen kuljetus oli helppoa. Puutarhakärryyn sai mahtumaan kolme päistäresäkkiä kerralla.

Hamppukarsinan perustaminen oli ajallisesti nopeinta verrattuna muihin kuivikkeisiin. Hamppukarsina täytettiin noin muutamassa minuutissa, kuin vastaavasti turvekarsinan perustamiseen kului noin 10 minuuttia. Turve oli perustamisvaiheessa hitain, ja eniten aikaa meni turpeen lapioimiseen kasasta kärryyn. Lisäksi levitettäessä turve pölysi ja sotki paikkoja. Myös olkipellettikarsinan perustus sujui melko nopeasti; noin viidessä minuutissa. Olkipelletin kuljetus oli helppoa, sillä säkit olivat kätevän kokoisia ja niitä mahtui kärryyn noin viisi kerrallaan. Olkipelletti ei juurikaan pölynnyt sitä levitettäessä.

Ensimmäisinä päivinä siivoaminen kaikkien karsinoiden osalta oli melko helppoa. Etenkin olkipelletti- ja hamppukarsinoiden puhdistaminen sujui vaivatta. Turvekarsinan siivoaminen oli hiukan haastavampaa, etenkin jos heinää oli sotkeutunut kuivikkeeseen joukkoon. Hampulla ja oljella tallautunut heinä ei vaikuttanut niin paljon karsinoiden siivoamiseen.

Hamppukarsinassa oli ongelmana ensimmäisinä päivinä kuivikkeeseen liikkuvuus. Hamppu oli kevyttä ja melko liukasta, joten se liikkui paljon hevosen alla, koska kunnan patjaa ei ollut vielä syntynyt. Toisin kuin kutterilastu, hamppupäistäre ei pölynnyt, vaikka se onkin kevyttä, tilavuuspainon ollessa samaa luokkaa kutterinlastun kanssa. Koska kuivikepatjaa ei ollut vielä muodostunut ja päistäre oli hyvin kevyttä, hautautuivat lantakikkareet kuivikkeeseen joukkoon ja puhdistamiseen kului aikaa. Tällöin myös karsinaa jouduttiin mylläämään enemmän, jolloin ammoniakki pääsi vapautumaan kuivikkeesta. Aluksi hevoset vähän kummastelivat päistäreestä lähtevää ratisevaa ääntä, mutta tottuivat siihen nopeasti.

Vajaa viikko karsinoiden perustamisesta ammoniakki haisi olki- ja hamppukarsinassa melko voimakkaasti. Hamppukarsinoista toinen haisi voimakkaammin ammoniakille, koska siinä oleva hevonen pyöri enemmän. Patja ei ollut vielä täysin muodostunut tällöin, joten kuivike sekoittui ja myös ammoniakin haju pääsi nousemaan ilmaan. Patjan muodostuessa ja tasoittuessa ammoniakki ei enää haissut, eikä kuivike liikkunut niin paljon.

Turpeella ammoniakki ei haissut, mutta heinää oli sotkeutuneena kuivikkeen sekaan, eikä sitä saanut pois muuten, kuin ottamalla paljon kuiviketta mukaan. Koettiin siis, että on järkevämpää antaa heinien olla karsinassa ”kuivikkeena” (kuva 13).



Kuva 13. Toiset hevoset sotkivat heinää kuivikkeen joukkoon. (Kuva: Nina Juvonen.)

Hamppupäistäre oli todella kevyttä ja täten mukava siivota ja kuljettaa lantalaan. Hamppu toi myös valoisuutta talliin, sillä se oli hyvin vaaleaa verrattuna muihin kuivikkeisiin. Kosteutta sitoessaan kuivike toki tummui jonkin verran, mutta oli silti kuivikkeista valoisin. (kuva 14). Hampussa pidettiin sen valoisuuden lisäksi kuivikkeen pölyämättömyydestä. Hamppu koettiin helpoksi ja nopeaksi siivota, etenkin ponin karsinassa. Isommalla hevosella, joka pyöri paljon karsinassaan, patjan muodostuminen oli aluksi hitaampaa ja tällöin myös karsinan siivoaminen oli hankalampaa ja vei enemmän aikaa. Hevosella kevyt hamppukuivike myös levisi käytävälle.



Kuva. 14. Hamppukarsina tuo valoisuutta talliin. (Kuva: Nina Juvonen.)

Turvetta pidettiin huonona sen pölyäväisyyden, sotkuisuuden ja hitaan sekä työllään kuljettamisen takia. Etenkin kovan pakkasen aikaan kuivittaminen oli hidasta. Turvekasa jäätyi, jolloin louhinta oli hankalaa ja vei paljon aikaa. Tällöin turve irtosi isoina ja jäisinä palasina. Hamppu ja olki eivät jäätyneet talvella kovienkaan pakkasten aikaan.

Aikaisempien kokemusten perusteella olkipellettiä kasteltiin vähän karsinan perustamisvaiheessa. Kokeessa ollut olkipelletti oli kuitenkin hiukan erilaista kuin mitä tallilla oli aikaisemmin ollut käytössä. Olkipelletti hajosi helpommin hevosten kavioiden alla, joten sitä ei tarvinnut juurikaan kastella kuiviketta lisättäessä. Olkipellettikarsinoissa (kuva 15) ammoniakkin haistoi toisinaan, ja haju oli voimakkaampaa kuin aikaisemmin tallilla käytössä olleen olkipelletin aikaan. Muuten olkipelletti toimi hyvin ja odotetun laisesti. Säkit oli helppo kuljettaa ja tyhjentää karsinoihin. Olkipelletti koettiin kaikkein nopeimmaksi siivota ja ominaisuuksiltaan helpoimman tuntuiseksi. Olkipelletti oli kätevin varastoitaessa, sillä se vei vähiten tilaa. Kokeessa olkipelletti oli pienissä 15 kg säkeissä, jolloin sen kuljettaminen oli helpompaa kuin otettaessa ämpärillä suursäkistä ja karrättäessä edelleen puutarhakärryillä karsinoihin.





Kuva 15. Olkipellettikarsina. (Kuva: Nina Juvonen.)

Hamppu koettiin melko samanlaisena kuin sahanpuru tai kutterinlastu, patjan vaan muodostuessa helpommin ja paremmin. Hampun arveltiin myös olevan helpompaa siivota, jos koostumus olisi pienempää. Nyt hamppu tarttui talikkoon ja lantalaan meni turhaan puhdasta kuiviketta. Toisinaan ongelmaksi pelletöidyn kuivikkeen kuten hampun ja oljen käytössä, on niiden maistuvuus hevosille. Ongelma saadaan kuitenkin yleensä poistumaan kastelemalla kuiviketta vedellä tai etikkavedellä. (Natural Horses 2013.) Tässä kokeessa syömisongelmaa ei esiintynyt.

Tallilla työskentelee myös toisinaan henkilö, jolla on jonkinasteinen näkövam-  
ma. Tällöin olkipelletti ja hamppu olivat parempia, koska turpeesta oli hanka-  
lampaa erottaa lanta- ja virtsakohtia (kuva 16). Turve myös tarttui helposti he-  
vosiin ja etenkin niiden jalkoihin sekä loimiin, joten se oli kuivikkeista huonoin  
hevosen puhtaana pitoa ajatellen. Toisaalta turve sitoi hyvin ammoniakkaa, eikä  
hajua ollut oikeastaan missään vaiheessa. Turve olikin kuivikkeista ylivoimai-  
sesti hajuttomin.



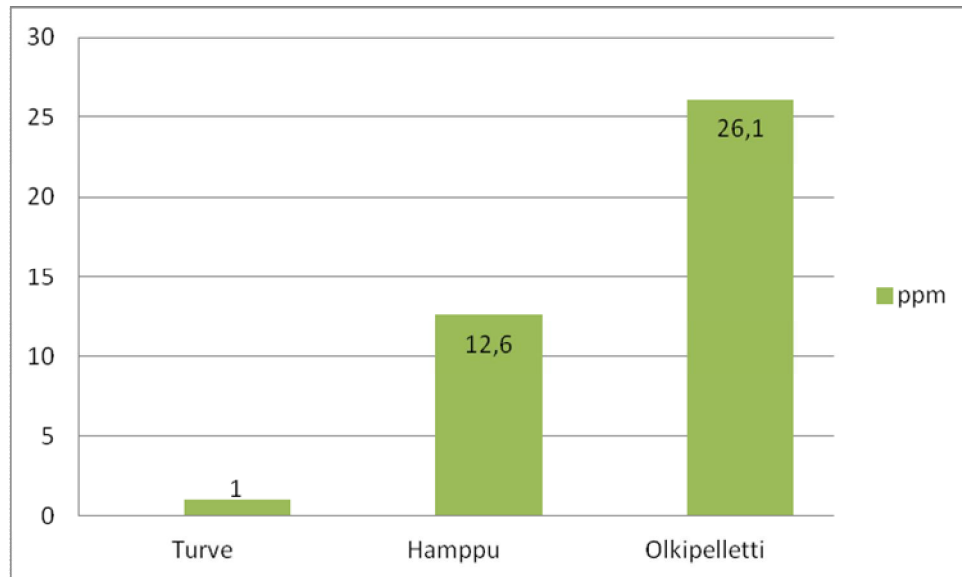
Kuva 16. Turvekarsina pimentää tallia. (Kuva: Nina Juvonen.)

Kuivikekokeen aikana ilmeni hevosten omistajien erilaiset toiveet karsinoiden siivoamisen kannalta: toiset halusivat, että karsina siivotaan päivittäin pohjia myöten ja toiset ymmärsivät patjan käytön idean. Jos karsinaan ei pääse muodostumaan kunnollista patjaa, vaikuttaa se myös osaltaan ammoniakin vapautumiseen ja hajun voimakkuuteen. Patjat kuitenkin muodostuivat hyvin, mikäli karsinaa hoiti oikein.

## 5.2 Ammoniakkimittauksen tulokset

Ammoniakkimittauksessa turvekuivikkeella oli odotetusti tehokkain ammoniakin sitomiskyky. Olkipelletti sitoi ammoniakkia huonoiten ja hamppu oli näiden kahden välillä (kuvio 2). Tulokset olivat odotetunlaiset myös jo nenätuntumalla haistettaessa.

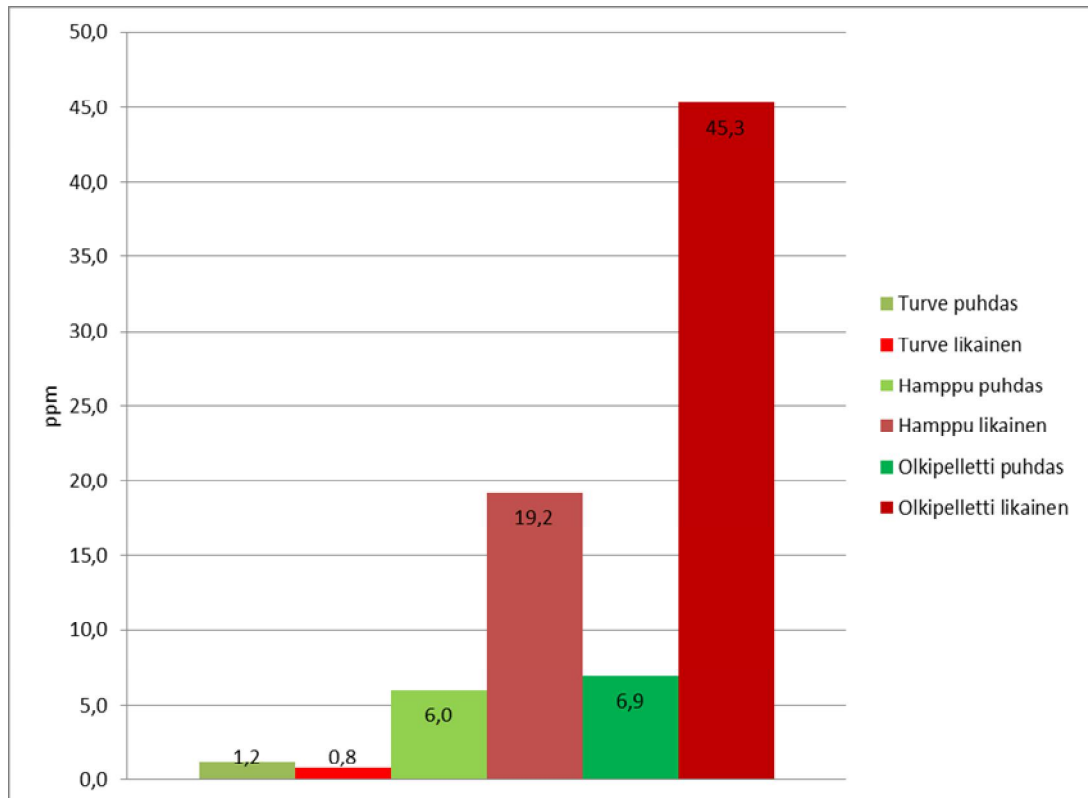




Kuvio 2. Koekarsinoiden keskimääräiset ammoniakkipitoisuudet

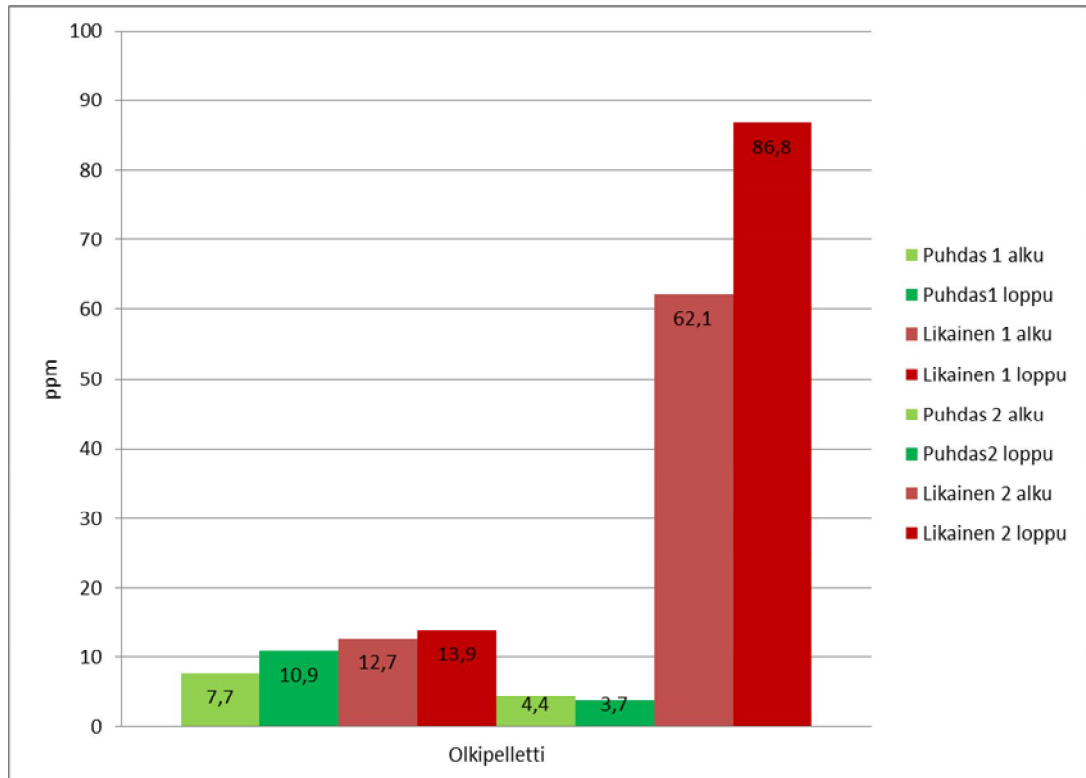
Turvekarsinassa ammoniakki ei haissut ollenkaan tai ei lähes lainkaan. Olkipelletissä ammoniakkin haju erottui toisinaan selvästi. Hamppukarsinassa ammoniakki ei haissut, mikäli kuivikepatjaa ei myllätty liikaa ja kuiviketta oli tarpeeksi. Kokeen alkuvaiheessa ammoniakkin haju oli voimakkaampi, koska patja ei ollut vielä muodostunut.

Ammoniakkitulokset analysoitiin käyttäen Pitkäsen (2013) Hajautetut biojalostamot -hankkeeseen kuuluvaa tutkimusta ja tulokset esitettiin samaa muotoa käyttäen, jolloin vertailu oli helppoa. Pitkäsen tutkimuksessa olkipelletin arvot vaihtelivat puhtaan kohdan 7 - 13 ppm likaisen kohdan 51,3 - 602,2 ppm. Puhtaan kohdan tulokset ovat hiukan alhaisempia, mutta kuitenkin samansuuntaisia. Likaisten kohtien arvot olivat tässä tutkimuksessa pienemmät ja toisen karsinan osalta huomattavasti pienemmät (kuvio 3).

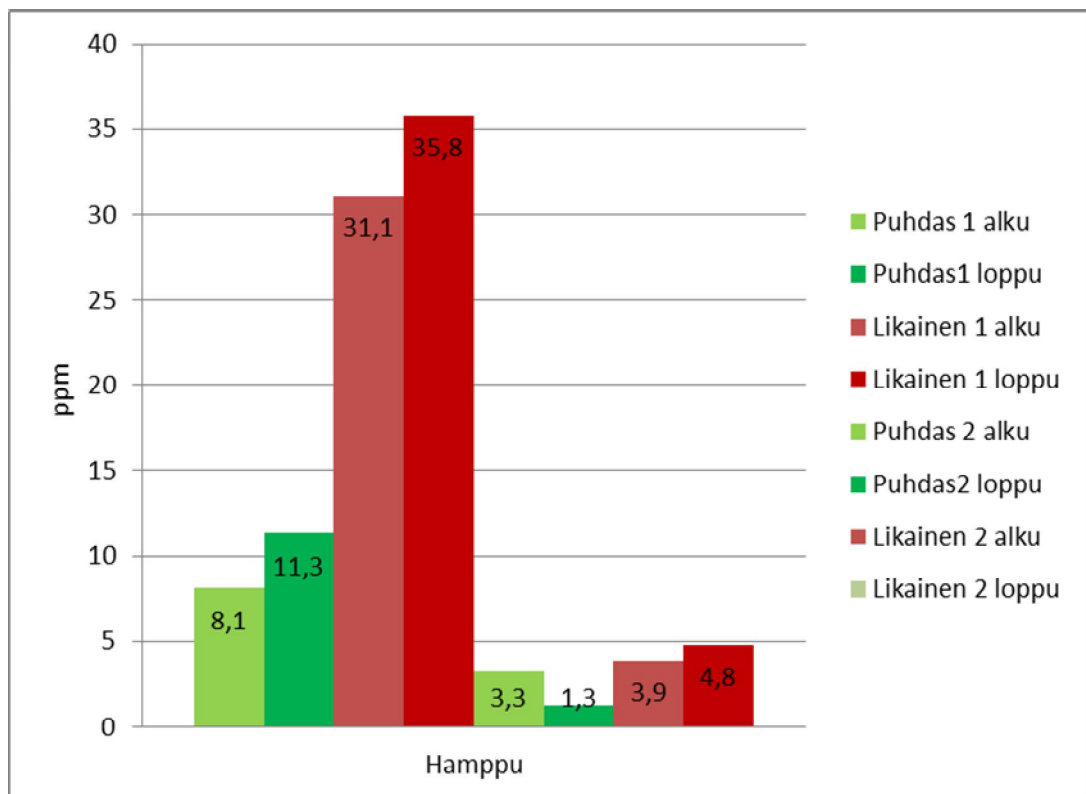


Kuvio 3. Koekarsinoiden puhtaan ja likaisen kohdan keskimääräiset ammoniakkipitoisuudet

HTP-arvoihin peilattaessa olkipelletillä ppm arvo nousi korkeimmillaan yli 80 ppm:n (kuvio 4), eli se on suurempi kuin ammoniakille asetettu lyhytaikainen HTP-arvo 50 ppm. Hampulla arvo nousi karsinan likaisessa kohdassa yli 35:een (kuvio 5), mutta keskiarvoltaan pitoisuus oli alle 13.

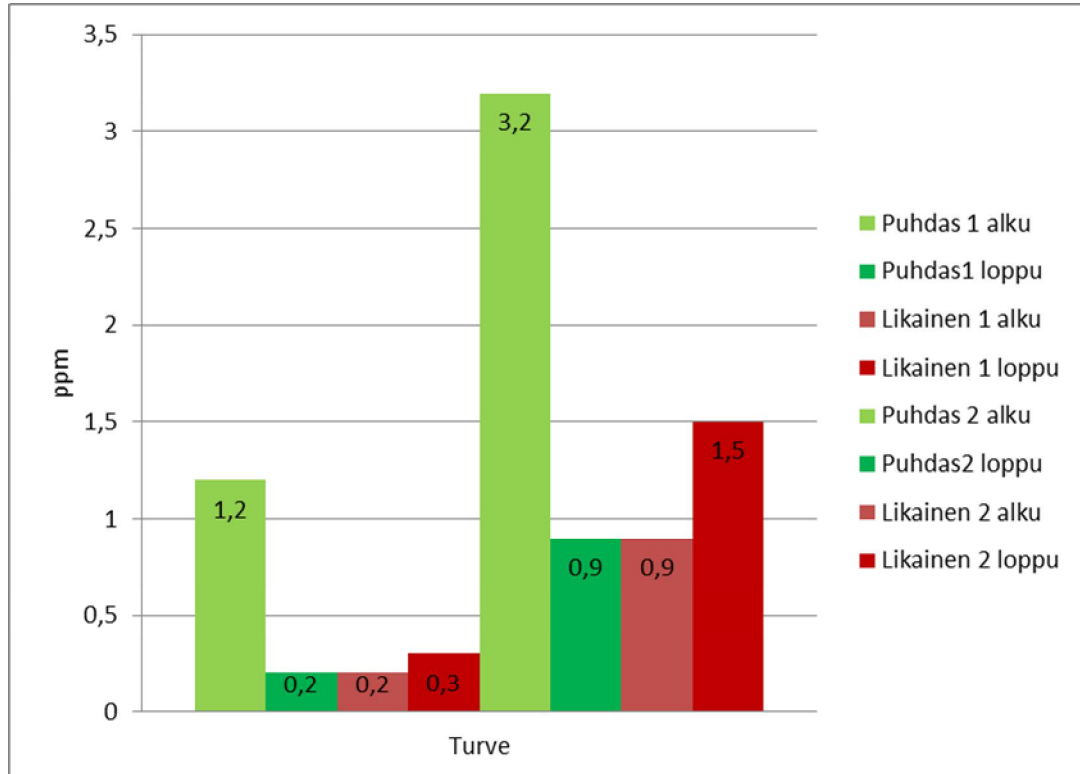


Kuvio 4. Kahden olkipellettikarsinan ammoniakkin muutokset mittauksen aikana



Kuvio 5. Kahden hamppukarsinan ammoniakkin muutokset mittauksen aikana

Turpeella ammoniakkipitoisuus oli koko mittauksen ajan alle 5 ppm (kuvio 6), mikä on alhaisempi kuin HTP-arvo 20 ppm. Työskentely tällaisessa turvekarsinassa ei vaaranna hengityselimiä 8 tunnin työpäivän aikana.



Kuvio 6. Kahden turvekarsinan ammoniakin muutokset mittauksen aikana

Vajaan kymmenen hevosen tallissa karsinoiden kokonaissiivousaika kuivituksi-  
neen on noin 1-2 tuntia, siivoajasta ja hevosesta riippuen. Tällöin siis vain toi-  
sessa olkipellettikarsinassa pitoisuus nousee liian korkealle.

Tallin käytävällä ammoniakkipitoisuus oli hiukan alle 2 ppm. Hiilidioksidin osuus  
mittauksen aikana vaihteli 0,01–0,15 %. Hiilidioksidipitoisuus kertoo tallin ilman-  
vaihdosta. Tallissa on siis hevosten hyvinvointiin riittävä ilmanvaihto.

### 5.3 Mädätyskokeen tulokset

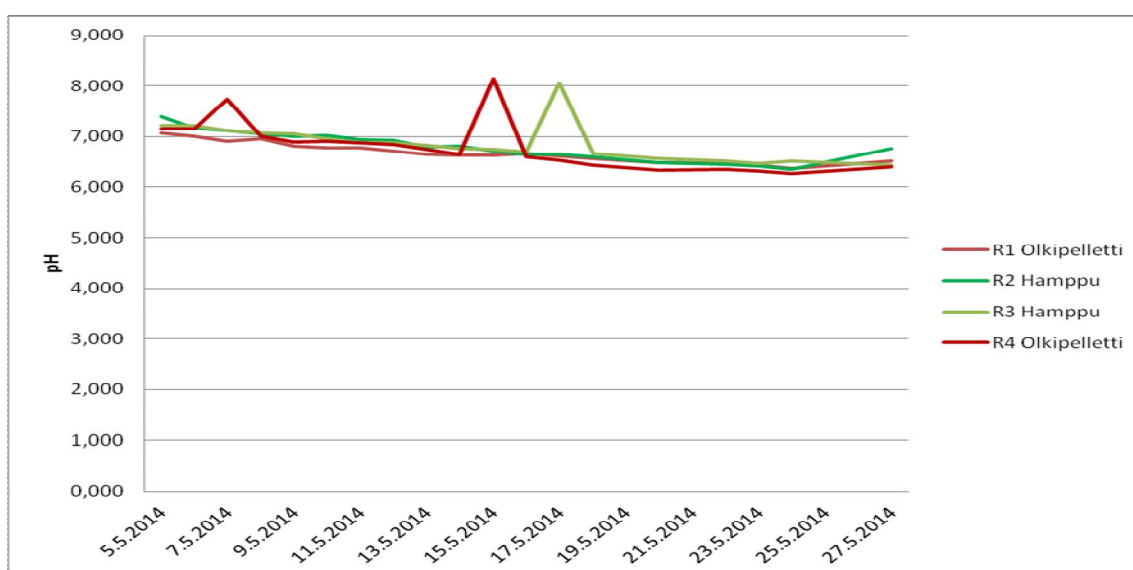
Mädätyskoe ei toiminut aivan odotetulla tavalla. Koetta olisi pitänyt jatkaa vakio  
syötemäärällä, esimerkiksi 200 ml/pv tai 400 ml/pv pidemmän ajan. Kokeessa  
aika jäi lyhyeksi, vain 19 päivää (liite 3). Siinä vaiheessa, kun reaktoreita alettiin  
kuormittaa ja syötemäärää lisäämään, ei prosessi ollut ehtinyt tasaantua, vaan

toimi jo ennen nostoa säästöliekillä. Tällöin lähtötilanne kokeen aloittamiselle ei ollut optimaalinen.

Kokeen alussa määritettiin kuivikelantojen kuiva-ainepitoisuudet (TS %). Olkipellettilannan kuiva-ainepitoisuuden keskiarvo kahdesta määrytyksestä oli 30,6 % ja hampun 29,3 %. Kuivikelantaseosten orgaaninen kuiva-ainepitoisuus (VS %) oli olkipelletillä 89,1 % ja hampulla 91,2 %. Varsinaisten syötteiden kahden mittauksen kuiva-ainepitoisuuden (TS %) keskiarvo oli 3,6 % ja hampulla 2,9 %. Syötteen orgaanisen aineen osuus kuiva-aineesta (VS %) oli olkipelletillä 87,6 % ja hampulla 91,2 %. Syötteen keskimääräinen pH oli olkipelletillä 7,2 ja hampulla 7,5.

Kokeen aikana jokaisesta reaktorista otettiin päivittäisen poiston yhteydessä näytteet mädätysjäännöksen kuiva-ainemääryksiä varten. Jäännöksestä määritettiin kuiva-ainepitoisuus ja orgaanisen aineen osuus kuiva-aineesta (liite 4).

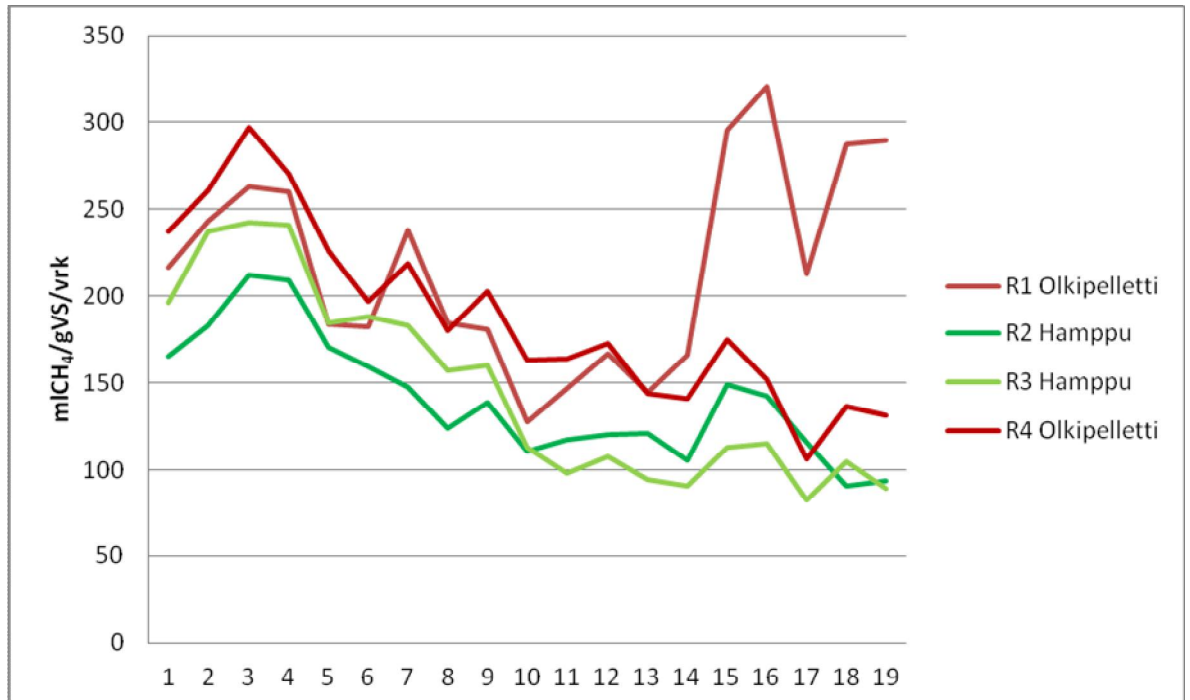
Kokeen aikana prosessi ei romahtanut, eli kaasuntuotto ei loppunut, vaikka syötteen määrä nostettiin 17 päivässä 200 millilitrasta 400 millilitraan. Prosessi toimi kuitenkin koko ajan niin sanotusti hapoilla, jota kuvaavat myös päivittäin reaktorien sisällä olevasta mädätteestä otettujen näytteiden pH-mittaukset (kuvio 7).



Kuvio 7. Mädätteestä mitatut päivittäiset pH-arvot

Prosessi oli hapoilla, eikä toiminut kunnolla kokeen aikana. Kokeen alkuvaiheessa, kun syötteen määrä oli ollut useamman viikon vakio, eli 200 ml päivässä, oli pH reaktoreiden sisällä suotuisa, eli yli 7. Kun syötettä on lähdetty lisäämään, on prosessi kuormittunut ja on happaman puolella. Reaktoreissa R3 ja R4 olleet piikit johtuivat näyteastioiden hajonneista kansista, jolloin ilmaa oli päässyt sisälle näytteeseen. Keskiarvoksi kokeen aikana pH oli jokaisessa reaktorissa noin 6,8.

Syötteen liian nopeasta nostosta huolimatta reaktorit tuottivat kaasua suhteellisen hyvin. Olkipellettilannan kaasuntuottopotentiaali oli hiukan hampupäistärelantaa parempi. Toisen olkipellettireaktorin keskiarvoksi saatiin 216,4 mlCH<sub>4</sub>/gVS/vrk ja toisen reaktorin tuotoksi 188,2 mlCH<sub>4</sub>/gVS/vrk. Hampupäistäreen päivittäiseksi tuotoksi saatiin 140,8 mlCH<sub>4</sub>/gVS/vrk ja 147,3 mlCH<sub>4</sub>/gVS/vrk. Reaktorien päivittäiset metaanintuotot on esitetty kuviossa 8. Keskiarvoksi tällöin olkipellettilannalle saatiin 202,3 mlCH<sub>4</sub>/gVS/vrk ja hampupäistärelannalle 144,1 mlCH<sub>4</sub>/gVS/vrk.



Kuvio 8. Reaktoreiden päivittäinen metaanintuotto mlCH<sub>4</sub>/gVS/vrk

Muutettaessa tulokset metaanintuotoksi kuutioina kuivikelantatonna kohti kaavalla:

$$A \% / B \% \times C \text{ ml} \times D \% / E \text{ ml} / 100 = F,$$

jossa

A = kuivikelannan kuiva-ainepitoisuus

B = syötteen kuiva-ainepitoisuus

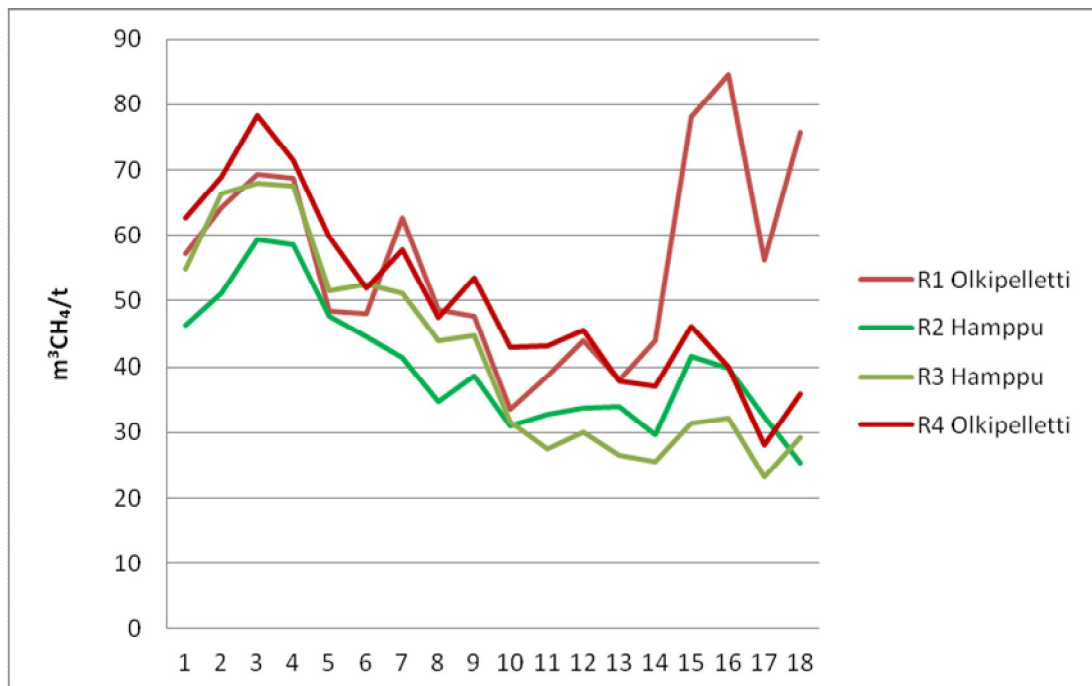
C = päivittäinen kaasuntuotto

D = kaasun metaanipitoisuus

E = päivittäisen syötteen määrä

F =  $\text{m}^3\text{CH}_4/\text{t}$ ,

saatiin olkipelletillä toisen reaktorin keskiarvoksi  $56 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/\text{t}$  ja toisen reaktorin keskiarvoksi  $50,5 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/\text{t}$ . Hampupäistäreen vastaavat arvot olivat  $40 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/\text{t}$  ja  $42 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/\text{t}$ . Kuviossa 9 on havainnollistettu reaktoreiden metaanintuotto kuutioina kuivikelantatonna kohti. Keskimääräiseksi metaanintuotoksi kuutioina tonnia kuivikelantaa kohti saatiin olkipelletille arvoksi  $53,2 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/\text{t}$  ja hampupäistäreelle  $41,1 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/\text{t}$ .



Kuvio 9. Reaktoreiden päivittäinen metaanintuotto kuutioina kuivikelantatonna (märkäpaino) kohti

Huolimatta kokeessa tapahtuneista virheistä, saadut metaanipitoisuudet vastaavat melko hyvin aiempien tutkimusten tuloksia. Hanskin (2013, 19) tutkimuksessa esitetty metaanintuottopotentialiaali olkipelletille oli  $66,9 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/\text{t}$ . Tässä tutkimuksessa olkipelletin korkein metaanipitoisuus kuivikelantatonnia kohti oli lähes  $85 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/\text{t}$ . Myös metaanintuotto  $202,3 \text{ mlCH}_4/\text{gVS}/\text{vrk}$  on samaa luokkaa Hanskin tutkimustuloksen  $191 \text{ mlCH}_4/\text{gVS}/\text{vrk}$  kanssa. Hamppulannan korkein saatu arvo oli  $68 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/\text{t}$ .



## 6 Päätäntä/Pohdinta

### 6.1 Kuivikkeen menekki suhteessa hevosen ja karsinan kokoon

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää eri hevoskuivikkeiden menekit ja tuotetun kuivikelannan määrä kahden kuukauden koejakson aikana. Saadut tulokset olivat odotetunlaiset. Suhteutettuna hevosen massaansa turvetta kului kokeen aikana eniten ja hampua vähiten. Olkipelletin kulutus oli myös vähäistä. Saadut tulokset niin kuivikkeen menekin kuin kuivikelannan muodostumisenkin osalta olivat melko samankaltaisia aikaisemmin tehtyjen tutkimusten kanssa.

Hamppukuivikelantaa syntyi kokeen aikana vähiten, ja turvetta eniten. Pienempi kuivikelannan määrä tietää pidempää lantalan tyhjennysväliä ja täten pienempiä kuljetuskustannuksia. Turpeen säilyttäminen on tilaa vievää ja myös syntyvän kuivikelannan määrä on suurempi. Kuutioina mitattaessa hampua kului enemmän kuin olkea, sen pienen tilavuuspainon takia. Tonneina laskettu menekki on kuitenkin arvona oleellisempi, koska kuivikkeet ostetaan tonneissa. Kuutioina mitattu kuivikemäärä vaikuttaa toki säilytykseen ja siihen liittyviin kustannuksiin, kuten lantalan tyhjentämiseen ja varastotilan kokoon.

Saatsi (2014) on laskenut olkipelletin ja turpeen kilohinnat eri toimittajien hintoja vertaillen. Olkipelletin hinnat sisältäen arvonlisäveron (ALV 24 %) vaihtelevat liikkeestä riippuen ilman rahtia 0,22 - 0,36 e/kg. Turpeelle vastaava hinta olisi 0,12 - 0,37 e/kg.

Kuten hintavertailusta käy ilmi, on turpeen ja olkipelletin kilohinta lähes samansuuruinen, mutta verrattuna esimerkiksi tässä tutkimuksessa saatuun 1,5 kertaa suurempaan kulutukseen, on hintaero kuivikkeiden välillä jo tuntuva. Suurissa talleissa hintaerolla on tietenkin enemmän merkitystä kuin esimerkiksi muuttaman hevosen tallilla.

Saatsi on laskenut, että yhden hevosen turvekuivitettu karsina tulisi maksamaan ilman rahteja 940 - 2 444 € vuodessa ja olkipellettikarsina 310 - 529 € vuodessa. Tähän ei ole laskettu karsinoiden perustamisesta aiheutuneita kustannuksia.

(Saatsi 2014, 46, 48.) Tässä tutkimuksessa hevosen karsinan kuivittaminen tulisi maksamaan vuodessa kilohinnoilla laskiessa:

Turpeella:

- $3\,545 \text{ kg} \times 0,12 \text{ €/kg} = 425 \text{ €}$
- $3\,545 \text{ kg} \times 0,37 \text{ €/kg} = 1\,312 \text{ €}$

Olkipelletillä:

- $2\,091 \text{ kg} \times 0,22 \text{ €/kg} = 460 \text{ €}$
- $2\,091 \text{ kg} \times 0,36 \text{ €/kg} = 753 \text{ €}$

Hampulla:

- $1\,341 \text{ kg} \times 0,4 \text{ €/kg} = 536 \text{ €}$

Biolki-olkipelletti maksaa ilman rahtia 349 €/t ja Suomen olkipelletiltä otettaessa hinta on 310 €/t ilman rahtia. Konehallissa olkipelletin hinta vaihtelee 215 - 275 €/t riippuen ostettavasta määrästä. (Saatsi 2014, 33–35.) Tällä hetkellä hamppu maksaa noin kaksi kertaa enemmän kuin olkipelletti. Olkipelletti ja turve maksavat suunnilleen saman verran, mutta verrattuna kulutukseen, on olkipelletti edullisempi.

Kun käytetään Saatsin tutkimuksessa selvitettyjä kuivikkeiden kilohintoja, jolloin turpeen hinnaksi tulee 120 - 370 €/tn, tällöin hampua kuluu 2,6 kertaa vähemmän kuin turvetta, saisi hamppu maksaa 312 - 962 € tonnilta. Vastaavasti olkipelletin hinta Saatsin tutkimuksen kuivikehintoja käyttäen olisi 220 - 360 €/t, jolloin hamppu saisi maksaa 1,6 kertaa enemmän eli noin 352 - 576 € tonnilta.

Jos tallinpitäjä joutuu maksamaan lannan hävittämisestä, on silloin myös hintavertailussa huomioitava muodostuvan kuivikelannan määrä. Tässä tutkimuksessa ei laskettu lannan poiskuljettamisesta aiheutuvia kustannuksia, mutta se tulee huomioida arvioitaessa kuivikkeen valinnasta aiheutuvia vuosittaisia kokonaiskustannuksia. Turvetta muodostui tutkimuksen tuloksia käytettäessä vuodessa 1,5 kertaa suurempi määrä kuin hampukuivikelantaa. Olkipellettikuvikelantaa muodostui vastaavasti 1,2 kertaa enemmän kuin hampulantaa. Synty-

vän kuivikelannan määrä vaikuttaa siihen kuinka suuri lantalan tulee olla ja edelleen lantalan perustamiskustannuksiin.

Tutkimuksessa siis ilmeni, että hampupäistäre saa maksaa enemmän, kuin vastaava määrä olki- tai turvekuiviketta. Hintavertailuja tehdessä on kuitenkin huomioitava, että kuivikkeiden hinnat riippuvat ja vaihtelevat paljonkin eri toimittajien ja liikkeiden välillä. Tällöin siis laskettaessa hintaa hampukuivikkeelle, tulee ottaa huomioon, että arviot ovat vain tähän kuivikekokeeseen liittyviä laskelmia.

Kuivikekokeissa täytyy muistaa, että eri siivoajilla on erilaiset käytännöt karsinan puhdistuksessa, joten tämä aiheuttaa eroja kuivikkeiden kulutuksissa ja kuivikelannan muodostumisessa. Esimerkiksi Natural Horses Oy:n (2013) hampukarsinan hoito-ohjeissa karsinasta kehoitetaan poistamaan märät kohdat 5–10 päivän välein kuorimalla ensin puhtaat ja kuivat kuivikkeet päältä pois. Patjan tyhjennystä suositellaan muutaman kuukauden välein. Tässä tutkimuksessa karsinoiden puhdistus tehtiin samalla tavalla, kuin aikaisemmin kuivikepatjoja käytettäessä, eli märkää kuiviketta poistettiin vain tarvittaessa ja sellaiset kohdat, jotka ovat näkyvillä. Patjan vaihto tapahtuu tallilla noin 1–2 kertaa vuodessa.

Kuivikkeen kulutus ja myös syntyvän kuivikelannan määrä voivat vaihdella moninkertaisesti kuivikkeen käytöstä ja karsinan siivoustekniikasta riippuen. Toiset siivoat tarkemmin ja toiset taas saattavat huolimattomuuttaan viedä myös puhtasta kuiviketta lantalaan. Kuivikkeen käyttömäärät vaihtelevat tottumusten mukaan. Myös karsinan puhdistukseen käytettävä aika riippuu henkilöstä, sillä jokaisella siivoajalla on oma tapansa siivota ja toiset ovat nopeampia kuin toiset. Todistettua on, että patjan pitäminen karsinassa vähentää kuivikkeen kulutusta, kuin että karsina myllättäisiin päivittäin. Kokeen aikana ilmeni, että karsinan siivouskäytännöt eroavat myös siinä tilanteessa, jos karsinaan on sotkeutunut heinää. Toiset hevosenomistajat haluavat siivota ylijääneen heinän ja toisille talautunut heinä kelpasi myös kuivikkeen asemassa. Kun ylijäävä heinä halutaan poistaa karsinasta, on itsestään selvää, että myös kuiviketta menee hukkaan.

Hevosten oloaika karsinoissa vaihteli kokeen aikana. Esimerkiksi illalla ratsastuksen jälkeen osa hevosista saatettiin jättää aikaisemmin sisälle, jolloin ne olivat pidempään karsinoissa kuin toiset. Osa hevosista myös sairasteli kokeen aikana, jolloin ne joutuivat viettämään karsinassaan pidemmän ajan. Kokeen tuloksia tarkasteltaessa täytyy myös huomioida, että hevoset eivät ole tallissa koko vuotta, vaan laidunkausi voi vaihdella hevosesta riippuen 1–4 kuukautta. Tässä tutkimuksessa kuivikkeiden menekit ja tuotetun kuivikelannan määrät on laskettu 12 kuukaudelle.

Tulokset riippuvat myös siitä mitä arvoa tilavuuspainolle käytetään eri kuivikkeilla ja kuivikelannalla. Eri kuivikelantojen tilavuuspainojen määrittäminen valitettavasti unohtui tässä tutkimuksessa. Vertailun vuoksi myös se olisi ollut hyödyllistä kuivikkeiden tilavuuspainojen määrittämisen lisäksi. Syy hampun pienempään kulutukseen olisi voitu selvittää kuivikkeiden kuiva-ainepitoisuuksien avulla, mutta tätä määritystä ei tehty tutkimuksen alussa.

## **6.2 Kuivikkeiden käyttöominaisuudet**

Kuivikkeen valintaan vaikuttavat useat eri tekijät. Saatsin tutkimuksessa kysyttiin eri tallinpitäjiltä kuivikkeiden saatavuuksista. Olkipelletin saatavuus koettiin hyvänä eri vuosina, kun taas turpeen saatavuus vaihteli vuodesta riippuen. (Saatsi 2014, 66–67.) Tämä vaikuttaa kuivikkeen valintaan. Hamppua ei vielä Suomesta saa paljon, mutta sen viljelyaloja etenkin kuivikekäytössä pyritään aktiivisesti kasvattamaan.

Kuivikkeen valinta on useasti myös tottumiskysymys, joten uusien kuivikkeiden vastaanotto ei aina ole itsestään selvyys. Kokeessa uusi kuivike otettiin kuitenkin hyvin vastaan ja se herätti kiinnostusta myös naapuritalleilla. Arvattavasti myös hampun hinta kiinnosti.

Hamppupäistärettä pidettiin käyttökelpoisena ja hyvänä hevoskuivikkeena. Hamppupäistäreen tilavuuspainoksi määritettiin  $115 \text{ kg/m}^3$ , mikä vastaa sahanpurun tilavuuspainoa. Tutkimuksessa havaittiinkin, että hamppu on melko samanlainen sahanpurun kanssa, mutta ei pölyä ja patja muodostuu hyvin. Hamppu oli olkipelletin jälkeen helpoin siivota. Arveltiin, että päistäreen silp-

puaminen pienemmäksi helpottaisi puhdistamista, eikä puhdasta kuiviketta jäisi turhaan talikkoon.

Hamppupäistäre oli ainakin alkuun melko liukas ja liikkuvainen. Tällöin se voisi toimia hyvänä yhdistelmänä esimerkiksi turpeen kanssa. Hamppu toisi alustaan kuohkeutta ja valoisuutta, ja turve puolestaan pitäisi hampun paikallaan. Hamppua haluttaisiin testata myös pellettimuodossa, jolloin sen varastointi veisi pienemmän tilan ja karsinan puhdistaminen saattaisi nopeutua.

Turvetta pidettiin kuivikkeista heikoimpana, etenkin sen sotkuisuuden kannalta. Turve pölyää ja tarttuu hyvin etenkin märkiin vaatteisiin, loimiin ja hevosiin. Turpeen varastointi vaatii myös ison tilan, eikä sen ottaminen ole helppoa, etenkin kasan jäätyessä. Turvekarsinan puhdistamista pidettiin hitaimpana. Turvekuivikkeen hyvä ominaisuus oli sen erittäin tehokas ammoniakinsitomiskyky. Turvekuiviketta pidetään ekologisesti ajatellen huonona, sillä vaikka se on uusiutuva luonnonvara, on sen muodostuminen hidasta. Hamppu ja olkipelletti puolestaan ovat ympäristöystävällisempiä ja niiden saatavuus turpeeseen nähden on taattua.

Koetta hankaloitti jonkin verran hevosten karsinaan sotkemat heinät. Osa hevosista talloi heinää kuivikkeen joukkoon, jolloin karsinan puhdistaminen oli hitaampaa ja kuiviketta saattoi toisinaan mennä lantalaan enemmän kuin oli tarkoitus. Toiset hevosenomistajat halusivat, että tallaantunut heinä karrätään pois, eikä jätetä kuivikkeeksi. Suurimmaksi osaksi ylijäämäheinä jätettiin karsinoin ja kuivikehävikki pyrittiin täten minimoimaan.

### **6.3 Kuivikkeiden ammoniakin sitomiskyky**

Kuten Airaksinen osoitti tutkimuksessaan, turve sitoo ammoniakkia erittäin hyvin. Tässä tutkimuksessa tehdyt ammoniakkimittaukset antoivat samankaltaisia tuloksia. Airaksisen tutkimuksessa turpeen ammoniakin sitomiskyky oli lähes 100 %. Tässä tutkimuksessa arvot olivat todella pieniä, keskiarvoltaan alle 1 ppm. Olkipelletti pidätti tässä tutkimuksessa heikoiten ammoniakkia. Hamppu-pelletti sijoittui vertailussa näiden kahden välille. Kuivikkeen ammoniakin sitomiskyky on tärkeä kuivikkeen valintaan vaikuttava tekijä, sillä mitä parempi

ammoniakin sitomiskyky kuivikkeella on, sitä suuremmat ovat saadut säästöt niin kuljetuskustannuksissa kuin säilytyksessäkin.

Pitkänen (2013) tutki selvityksessään puupelletin, järviruokopelletin ja olkipelletin ammoniakin sitomiskykyä. Kokeessa selvisi, että järviruoko pidätti ammoniakkia parhaiten ja olkipelletti heikoiten. Myös tässä tutkimuksessa olkipelletti osoittautui heikoimmaksi ammoniakin sitojaksi, joskin mitattu arvo oli Pitkäsen mittauksissa huomattavasti suurempi. Mittauksissa saatu ero voi johtua kuivikkeen määrästä, karsinan siivoustekniikasta tai miksei olkipellettiin käytetystä kasvista.

Ammoniakin haistoi jo nenätuntumalla oljesta, toisinaan myös hampusta. Turpeesta voimakasta hajua ei tullut missään vaiheessa koetta. Tässäkin siis jo nenätuntumalla voi arvioida, ovatko ammoniakkipitoisuudet liian korkealla. Hampulla ja oljella kuivikepatjan paksuus vaikutti paljon ammoniakin hajuun. Kuivikekokeen alkuvaiheessa, kun patja ei ollut vielä muodostunut ja kuivike pääsi liikkumaan, nousi ammoniakin haju pintaan. Haju kuitenkin hävisi, kun kuiviketta lisäsi ja patja muodostui.

#### **6.4 Mädätyskoe**

Kokeessa saatuihin tuloksiin tulee suhtautua hiukan kriittisesti, sillä koe ei onnistunut halutulla tavalla. Reaktorien sisällä olevan pH:n mittaukset aloitettiin vasta kokeen jo loputtua, jolloin kokeen aikana ei tiedetty kuinka prosessi oikeasti toimii, vaikkakin kaasua muodostui koko kokeen ajan kohtalalaisesti. Kokeen toteuttamiseen nähden tulokset ovat hyvät ja onnistuneet, vaikkakin pH reaktoreiden sisällä tulisi olla noin 7,2–8, jotta prosessi toimisi halutulla tavalla ja tuottaisi kunnolla metaania.

Mädätyskoe onnistui siis kokeen toteutukseen nähden yllättävän hyvin. Ensivilkaisulta näytti, että prosessi ei toimi kunnolla ja saatu kaasumäärä ei vastaa ollenkaan oikeanlaista, sillä olosuhteet kaasun muodostumiselle eivät olleet optimaaliset. Metaanintuottopotentialit kuivikelantatonnia (tuorettonni) kohti olivat kuitenkin odotettua paremmat ja onnistuneemmat. Kokeen tulokset vastasivat aikaisemmin tehtyjä tutkimuksia ja kirjallisuusarvoja.

Kuten Heikkinen ym. (2014) tutkimuksesta nähtiin, ei puupohjaisen kuivikkeen mädättäminen ole kannattavaa. Metaanituotto oli paljon vähäisempi kuin tässä tutkimuksessa saadut kasvipohjaisten kuivikkeiden arvot. Voidaan siis sanoa, että sahanpuru inhiboi hevosenlannan kaasuntuottoa, koska saatu arvo kuivikelantatonnia kohti oli vain 19,6 Nm<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/t, kun hampullannalle vastaava arvo oli keskimäärin 41,1 Nm<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/t ja olkipelletille 53,2 Nm<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/t. Parhaimmillaan metaanituotto kuivikelantatonnia (tuorepaino) kohti oli hampulla 67,9 Nm<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/t ja olkipelletillä 84,6 Nm<sup>3</sup>CH<sub>4</sub>/t.

Ottaen huomioon kokeessa tehdyt virheet, ovat tulokset hyviä, vaikkakin seosten varsinaista täydellistä metaanintuottopotentiaalia ei kokeessa saatu selvitettyä. Koe osoitti, että hevosenlanta tuottaa kohtalaisesti metaania, mutta ei ole paras biokaasun raaka-aine. Verrattuna kuitenkin naudan lietalannan metaanintuottopotentiaaliin, joka vaihtelee Latvalan (2009) mukaan 7–20 m<sup>3</sup> märkätönna kohti, ovat tulokset hyvät ja metaanintuotto märkätönna kohti suurempaa.

Mielenkiintoista olisikin toistaa koe ja jatkaa sitä kauemmin samalla syötemäärällä. Tällöin nähtäisiin, kuinka suuri metaanintuotto todellisuudessa olisi optimaalisissa olosuhteissa. Koe antoi kuitenkin näyttöä sille, että hampulla- sekä olkipellettilantaseokset ovat käyttökelpoisia kaasuntuottoon. Tällöin saataisiin yksi potentiaalinen vaihtoehto hevostallien kuivikelannan käsittelemiseen. Tutkimuksesta saadut kuivikelannan hyvät mädätystulokset antavat mahdollisuuden vaikkapa tallien yhteismädättämöille. Yksittäisen pienen tallin ei kannata investoida biokaasulaitokseen, mutta ajatus tallien yhteisestä mädätyslaitoksesta saattaisi olla toimiva.

Yksi hevonen tuottaa metaania tämän tutkimuksen tuloksia käytettäessä:

Olkipelletillä:

$$4,9 \text{ t} \times 53,2 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{t} = 260,7 \text{ m}^3\text{CH}_4.$$

Hampuppäistäreellä:

$$4,1 \text{ t} \times 41,1 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{t} = 168,5 \text{ m}^3\text{CH}_4.$$

Käytettäessä kokeen suurimpia saatuja arvoja, yhden hevosen metaanintuotto vuodessa olisi:

Olkipelletillä:

$$4,9 \text{ t} \times 85 \text{ m}^3\text{CH}_4 = 416,5 \text{ m}^3\text{CH}_4.$$

Hamppupäistäreellä:

$$4,1 \text{ t} \times 68 \text{ m}^3\text{CH}_4 = 278,8 \text{ m}^3\text{CH}_4.$$

Saadut tulokset vastaavat osaltaan aikaisemmissa tutkimuksessa ilmoitettuja hevosen vuosittain tuottamia metaanimääriä. Vuosittainen metaanimäärä on tietenkin riippuvainen muodostuvasta kuivikelannan määrästä.

## 6.5 Tutkimuksen luotettavuus ja virhearviointi

Tutkimuksen luotettavuutta ja tilastollista merkitsevyyttä arvioitiin yksisuuntaisen varianssianalyysin avulla. Varianssianalyysi tehtiin sekä kuivikkeen kulutukselle että kuivikelannan muodostumiselle (liite 6). Kuivikkeen valinnalla huomattiin olevan vaikutusta kuivikkeen kulutukseen ja saatu tulos on tilastollisesti merkitsevä, sillä virheen mahdollisuudeksi saatiin 5 %. Voidaan siis sanoa 95 % varmuudella, että käytettävä kuivike vaikuttaa kuivikkeen kulutukseen.

Tutkimuksessa saatu tulos, että kuivikkeen valinta vaikuttaa muodostuvan kuivikelannan määrään, ei ole varianssianalyysin perusteella tilastollisesti merkitsevä. Kuivikelannan määrää ja sen riippuvuutta kuivikkeeseen tulisi tutkia lisää ja tehdä koe esimerkiksi yhden siivoajan voimin. Tutkimuksessa saatuun tulokseen eri kuivikelannan määristä tulee siis suhtautua varauksella, sillä virheprosentti oli 17. Tällöin riski virhepäätelmille on kohtalainen.

Kuivikekokeessa virhemahdollisuuksia saattoivat aiheuttaa vaa'an mittavirheet ja punnitsijan huolimattomuus punnituksen tai tulosten kirjaamisen yhteydessä.



Lisäksi käytössä olleiden vaakojen toiminta ei välttämättä ollut paras mahdollinen kovan pakkasen aikaan.

Suuri tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttava seikka ovat karsinoiden siivoajat. Tutkimuksessa siivoajia oli useampia, vaikka pääasiallisesti tutkija hoiti siivoamisen ja kuivittamisen ja niihin liittyvät punnitukset sekä tulosten kirjaamiset. Karsinoita siivosivat tosinaan eri ihmiset, joten virheiden mahdollisuus kasvoi, vaikkakin toisaalta eri siivoajat toivat kokeeseen myös monipuolisuutta. Karsinoiden puhdistamisessa on kuitenkin erilaisia käytäntöjä. Toiset eivät halunneet muodostaa karsinaan patjaa, vaan karsina haluttiin niin sanotusti kääntää päivitän.

Ammoniakin mittauksessa tulosta saattoi vääristää mittauksen suorittaminen kokeen jo loputtua ja kuivikkeen ollessa vähissä. Tällöin etenkin hampukkarsinoissa patjan paksuus ei ollut niin suuri, kuin vaikka kokeen keskivaiheilla. Tutkimuksessa saadut erot kuivikkeiden ammoniakin sitomiskyvyssä ovat merkittävät, mutta tilastollisesti mitattuna saatu tulos ei ollut merkitsevä (liite 7).

Myös mädätyskokeen tilastollinen merkitsevyys testattiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä (liite 8). Virheen mahdollisuudeksi saatiin vain 0,03 %, joten suurella varmuudella voidaan sanoa, että syötteellä on merkitystä metaanintuottoon ja saatu tulos on tilastollisesti merkitsevä.

Mädätyskokeessa tapahtuneet mahdolliset epätarkkuudet voivat johtua näytteen otossa tapahtuneissa virheissä, kaasun mittauksessa, reaktoreiden hoitamisessa ja sillä, että muutamana päivänä reaktorit jäivät ruokkimatta teknisten ongelmien takia. Myös reaktorien syöttöajat vaihtelivat, eikä ruokinnan välinen aika ollut aina 24 tuntia, vaan toisinaan enemmän ja toisinaan taas vähemmän.

PH tuloksia tarkastellessa tulee huomioida, että olkipelletin reaktorin R4 15.5.2014 sekä hampun reaktorin R3 17.5.2014 näytteestä otettu arvo on virheellinen ja on todellista arvoa paljon pienempi, sillä näytepurkin kansi oli hajonnut ja näytteeseen oli päässyt ilmaa ja muita epäpuhtauksia (liite 4).

Tutkimuksen taustatieto on pyritty keräämään luotettavista lähteistä. Tietoa on kerätty monipuolisesti, useita erilaisia tutkimuksia apuna käyttäen. Kuivike- ja mädätyskokeen tuloksia on tarkasteltu alan osaajien kanssa. Mädätyskokeen kuiva-aineanalyysissä jokaisesta näytteestä otettiin rinnakkaisnäyte, mikä pienentää määritysten virheiden mahdollisuutta.

Tutkimuksen luotettavuutta arvioidessa tulee huomioida, että tutkija on toiminut hevosten kanssa vuosia. Tämä saattaa aiheuttaa sokeutumista omille toimintatavoille. Tutkimus tulisi pitää puolueettomana, eivätkä esimerkiksi tutkijan omat mahdolliset asenteet tai ennakkoluulot saisi vaikuttaa tutkimuksen luonteeseen tai tulosten esitystapaan. Tutkimuksen luotettavuuteen tuo myös haastetta eri tietolähteiden oikeellisuus. Tietoa on kerätty useista eri lähteistä, joten virheiden mahdollisuus kasvaa.

## **6.6 Oppimisprosessi ja ammatillisen kasvun ja kehityksen kuvaus**

Kokeessa toisin olisi pitänyt tehdä aikataulutus etenkin ammoniakkin mittauksen osalta. Mittaus tehtiin vasta maaliskuussa, jolloin varsinainen kuivikekoe oli jo loppunut. Kuivikkeet karsinoissa olivat toki samat, mutta etenkin hamppu alkoi olla jo vähissä, ja patjan paksuus oli pienentynyt. Myös karsinajärjestely ja karsinoiden siivoaminen olisi pitänyt hoitaa ehkä yhden ihmisen voimin. Toisaalta useat ihmiset tuovat kokeeseen erilaista näkemystä.

Mädätyskokeessa olisi koetta pitänyt jatkaa pidemmän aikaa samalla syötteellä. Lisäksi reaktorien pH:ta olisi tullut tarkkailla koko koejakson aikana, eikä vasta tutkimuksen loputtua. Mielenkiintoista olisi ollut ottaa niin kuivike- kuin mädätys-tutkimuksiinkin mukaan pelletöity hamppupäistäre.

Vaikka tutkimus olikin työläs ja monivaiheinen, ei tutkija koe tehdyn työn olevan turhaa. Tutkimustulokset vastaavat suurimmaksi osaksi aikaisempia tutkimuksia ja joiltakin osin tulokset ovat jopa huomattavasti parempia. Tutkimuksesta toivotaan olevan hyötyä eri alojen toimijoille.

## 6.7 Toimenpidesuosituksat ja jatkotutkimusaiheet

Tässä tutkimuksessa mukana olleilla turve- ja olkikuivikkeille ei ehkä olisi tarvetta lisätutkimuksille, sillä aiheesta on jo useampi julkaisu. Toisaalta tilastollinen analyysi muodostuvan kuivikelannan osalta antoi tulokselle vain 83 % varmuuden, joten kuivikelannan muodostumisen osalta kokeen voisi uusia ja koekarsinoiden määrää tulisi lisätä.

Tutkimuksessa haluttiin selvittää, mitkä asiat hamppupäistäreen kuivikekäytössä ja mädätyksessä vaatisivat lisätutkimuksia. Hampun pellettikäyttö nousi yhdeksi tutkittavaksi aiheeksi. Hamppupäistäre pellettinä olisi mielenkiintoinen jatkotutkimusaihe vertailtaessa esimerkiksi olkipellettiin niin käyttökokemuksien kuin kannattavuudenkin kannalta. Pelletöitynä päistäre on kalliimpaa, mutta suhteessa olkipellettiin tai silputtuun hamppuun voitaisiin vertailla, onko hintaero suuri.

Hamppukuiviketta voisi tutkia myös lisää, sillä siihen liittyviä suomalaisia tutkimuksia ei ainakaan tutkijan tiedossa ole montaa. Hamppua voisi kokeilla myös, jos päistäreen silppuaisi pienemmäksi. Lisäksi hamppua voisi tutkia yhdistettynä muihin kuivikkeisiin, esimerkiksi turpeeseen. Hamppukuivike olisi myös hyödyllistä tutkia nautojen kuivikekäytössä.

Mädätyskokeen voisi uusia samoilla olkipelletti- ja hamppupäistärekuivikkeilla, ja testiajan tulisi olla pidempi, jotta oikea tulos saataisiin. Myös hamppupelletin mädätys olisi mielenkiintoinen tutkimusaihe. Lähinnä mahdollinen ero pelletin ja ”silpun” välillä kiinnostaisi tietää, eli toimisiko pellettimuoto paremmin mädätysprosessissa.

## Lähteet

- Alho, P., Halonen, S., Kuuluvainen, M. & Matilainen, H. 2010. Hevosenlannan hyötykäytön kehittäminen. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. <http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522161840.pdf>. 17.11.2013.
- Airaksinen, S. 2006. Bedding and Manure Management in Horse stables. Its Effect on Stable Air Quality, Paddock Hygiene and the Compostability and Utilization of Manure. <http://wanda.uef.fi/ukuvaitokset/vaitokset/2006/isbn951-27-0348-3.pdf>. 10.2.2014.
- Airaksinen, S., Heinonen-Tanski, H. & Heiskanen, M.-L. 2001. Quality of different bedding materials and their influence on the compostability of horse manure. *J. Equine Vet Sci* 2001;21:125-130.
- Bertucelli, S., Carus, M., Hobson, J., Karst, S. & Kauffmann, A. 2013. The European Hemp Industry: Cultivation, processing and applications for fibres, shivs and seeds. <http://www.eiha.org/attach/8/13-03%20European%20Hemp%20Industry.pdf>. 8.8.2014.
- Bioenergian pikkujättiläinen. 2014. Hevosenlanta. <http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/hevosenlanta/>. 22.1.2014.
- Biolki. 2012. Olkikuivikepelletti. <http://www.biolki.fi/tuotteet/olkikuivikepelletti/>. 4.8.2014.
- Fleming, K., Hessel, E.F. & Van den Weghe, H.F.A. 2008. Evaluation of Factors Influencing the Generation of Ammonia in Different Bedding Materials Used for Horse Keeping. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S073708060800066X>. 30.7.2014.
- Hanska, R. 2011. Hevosenlannan kompostoinnin kiinnostavuus ja kannattavuus Joensuun seudulla. [http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/33991/Hanska\\_Riikka.pdf?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/33991/Hanska_Riikka.pdf?sequence=1). 25.8.2014.
- Hanski, T. 2013. Kaasuntuotannon kannattavuus hevosenlanta-kuivikeseoksesta tallinpitäjän näkökulmasta. <http://herkules oulu.fi/thesis/nbnfioulu-201405101368.pdf>. 20.8.2014.
- Heikkinen, P., Hietaranta, M., Saastamoinen, M., Tampio, E. & Virkkunen, E. 2014. Hevosenlanta tuottaa biokaasua [https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/horsemanure/HorseManure\\_maataloustieteenp%C3%A4iv%C3%A4t2014\\_Biok.pdf](https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/horsemanure/HorseManure_maataloustieteenp%C3%A4iv%C3%A4t2014_Biok.pdf). 8.8.2014.
- HempRefine Oy. 2014a. Kuituhamppu lyhyesti. <http://www.hemprefine.fi/projects/kuituhamppu-lyhyesti>. 15.5.2014.
- HempRefine Oy. 2014b. Eläinkuivikkeet. <http://www.hemprefine.fi/tuotteet/eläinkuivikkeet>. 14.5.2014.
- HempRefine Oy. 2014c. HempRefine uutiskirje, kevät 2014. [http://issuu.com/hemprefine/docs/hemprefine\\_uutiskirje\\_012014/1?e=7547774/6317974](http://issuu.com/hemprefine/docs/hemprefine_uutiskirje_012014/1?e=7547774/6317974). 28.7.2014.
- HempRefine Oy. 2014d. Kuituhampun viljelyn edut. <http://www.hemprefine.fi/projects/kuituhampun-viljelyn-edut>. 14.5.2014.
- Hänninen, K. & Leinonen, S. 1996. Biometanointi – loppuraportti. Joensuu:

- Joensuun yliopiston monistukeskus.
- Ikävalko, J. 2009. Kuivikelannan poltto - parasta maaseudun uusiutuvaa energiaa.  
[http://www.hippolis.fi/UserFiles/hippolis/File/04112009/ikavalko\\_MT\\_K\\_041109.pdf](http://www.hippolis.fi/UserFiles/hippolis/File/04112009/ikavalko_MT_K_041109.pdf). 22.1.2014.
- Jansson, H. & Särkijärvi, S. 2007. Talliympäristöopas.  
<http://www.virtuaali.info/opetusmaatilat/27/file/tallioymp%C3%A4rist%C3%B6pas.pdf>. 1.8.2014.
- Jungbluth, T., Lemmer, A., Mönch-Tegeder, M. & Oechsner, H. 2013. Investigation of the methane potential of horse manure.  
<http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/viewFile/2445/1736>. 22.8.2014.
- Jätelaki 646/2011.
- Kauppinen, P. 2005. Hevosenlannan hyötykäytön mahdollisuudet.  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/20538/hevosenlannan\\_hyotykaytto\\_12.pdf?sequence=3](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/20538/hevosenlannan_hyotykaytto_12.pdf?sequence=3). 25.8.2014.
- Kuulusa, M. 2008. Hevosenlannan käyttö lannoitteena Päijät-Hämeessä.  
[http://portal.hamk.fi/portal/page/portal/HAMKJulkisetDokumentit/Koulu-tus/Koulutusohjelmat/maaseutuelinkeinot/Portletit/Maaseutuelinkeinon\\_kon\\_portletit/kuulusa.pdf](http://portal.hamk.fi/portal/page/portal/HAMKJulkisetDokumentit/Koulu-tus/Koulutusohjelmat/maaseutuelinkeinot/Portletit/Maaseutuelinkeinon_kon_portletit/kuulusa.pdf). 24.1.2014.
- Latvala, J. 2013. Hevosten määrä kasvaa huimasti – alan osaajista puutetta.  
[http://yle.fi/uutiset/hevosten\\_maara\\_kasvaa\\_huimasti\\_alan\\_osaajista\\_puutetta/6786052](http://yle.fi/uutiset/hevosten_maara_kasvaa_huimasti_alan_osaajista_puutetta/6786052). 12.5.2014.
- Latvala, M. 2009. Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.  
[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37998/SY\\_24\\_2009.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37998/SY_24_2009.pdf?sequence=1). 26.7.2014.
- Leaf Science. 2014. Indica vs. Sativa: Understanding the Differences.  
<http://www.leafscience.com/2014/06/19/indica-vs-sativa-understanding-differences/>. 8.8.2014.
- Lehtonen, S. 2013. Hevosenlannan energiakäyttö liikkahti eteenpäin.  
<http://www.maaseuduntulevaisuus.fi/maaseutu/hevosenlannan-energiak%C3%A4ytt%C3%B6-liikkahti-eteen%C3%A4in-1.35906>. 22.1.2014.
- Maa- ja metsätalousministeriön asetus tuettavaa rakentamista koskevista hevostalousrakennusten rakennusteknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista 764/2009.
- Natural Horses Finland Oy. 2013.  
<http://www.cylex.fi/reviews/viewcompanywebsite.aspx?firmaName=natural-horses-finland-oy&companyId=10787301>. 18.11.2013.
- Neuvo, M. 2014. Toimitusjohtaja. HempRefine Oy. Sähköpostikeskustelu 7.9.2014.
- Nikkilä, J. 2009. Karjanlannan kannattavuustekijät lannoituksessa.  
<http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/2345/Mikon%20ja%20Jyrkin%20tyo.pdf?sequence=1>. 19.8.2014.
- Norokytö, N. 2006. Hyötyhampun käytön haasteet ja mahdollisuudet Suomessa. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu.  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/25801/Norokyto\\_Nora.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/25801/Norokyto_Nora.pdf?sequence=1). 25.6.2014.
- Paavola, T. 2007. Biokaasuprosessi -raaka-aineet, tuottokyky, käsittely,

- prosessi.  
[http://www.thermopolis.fi/UserData/doc/Biokaasuseminaari/Biokaasuprosessi\\_Paavola\\_270307.pdf](http://www.thermopolis.fi/UserData/doc/Biokaasuseminaari/Biokaasuprosessi_Paavola_270307.pdf). 30.4.2014.
- Pitkänen, S. 2013. Puu- ja järviruokopelletti hevosten kuivikkeena.  
[file:///C:/Users/Nina/Downloads/Infokortti17%20puu-%20ja%20jarviruokopelletti%20kuivikkeena%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Nina/Downloads/Infokortti17%20puu-%20ja%20jarviruokopelletti%20kuivikkeena%20(3).pdf). 22.7.2014
- Pitkänen, S. 2013. Puu- ja järviruokopelletti tallien kuivikkeena.  
 22.7.2014.
- Pippingsköld, J. 2013. Hevosenlannasta jalostetaan energiaa.  
<http://www.hameensanomat.fi/uutiset/kanta-hame/242245-hevosenlannasta-jalostetaan-energiaa>. 22.1.2014.
- Pudas, E. 2010. Hamppu - unohdettu kuitukasvi.  
[http://rihmasto.fi/sites/default/files/Opinn%C3%A4ytety%C3%B6\\_1.pdf](http://rihmasto.fi/sites/default/files/Opinn%C3%A4ytety%C3%B6_1.pdf). 11.8.2014.
- Rusanen, A. 2013. Hevosenlannasta energiaa Orimattilassa.  
[https://etela-suomi.proagria.fi/sites/default/files/attachment/hevosenlannasta\\_energiaa\\_orimattilassa.pdf](https://etela-suomi.proagria.fi/sites/default/files/attachment/hevosenlannasta_energiaa_orimattilassa.pdf). 25.8.2014.
- Saatsi, N. 2014. Olkipelletti turpeen haastajana hevostaloudessa.  
[http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/79828/Saatsi\\_Nina.pdf?sequence=1](http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/79828/Saatsi_Nina.pdf?sequence=1). 1.8.2014.
- Seppänen, R. 2013. Lämmitykseen tarkoitetun puupelletin testikäyttö hevostallinkuivikkeena.  
[http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/67903/Seppanen\\_Reetta.pdf?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/67903/Seppanen_Reetta.pdf?sequence=1). 4.8.2014.
- Sosiaali- ja terveysministeriö. 2014. HTP-arvot 2014. Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö.  
[http://www.stm.fi/c/document\\_library/get\\_file?folderId=9882186&name=DLFE-30018.pdf](http://www.stm.fi/c/document_library/get_file?folderId=9882186&name=DLFE-30018.pdf). 19.8.2014.
- Suomen Biokaasuyhdistys. 2014. Biokaasu.  
[http://www.biokaasuyhdistys.net/index.php?option=com\\_content&view=section&layout=blog&id=6&Itemid=53](http://www.biokaasuyhdistys.net/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog&id=6&Itemid=53). 1.8.2014.
- Suomen Hevostietokeskus ry. 2014a. Hevosen painon määrittäminen.  
<http://www.hevostietokeskus.fi/index.php?id=840&kieli=3>. 12.1.2014.
- Suomen Hevostietokeskus ry. 2014b. Talli-ilman laatu.  
<http://www.hevostietokeskus.fi/index.php?id=749&kieli=3>. 1.8.2014.
- Suomen Hevostietokeskus ry. 2014c. Lannan kompostointi.  
<http://www.hevostietokeskus.fi/index.php?id=729&kieli=3>. 22.7.2014.
- Säikkö, R.-L. 2012 Hevosenlannan nykykäyttö ja hyödyntämismahdollisuudet energiantuotannossa Suomessa.  
[http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/84450/S%C3%A4ikk%C3%B6\\_Riik.ka-Liisa\\_Kandidaatinty%C3%B6.pdf?sequence=1](http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/84450/S%C3%A4ikk%C3%B6_Riik.ka-Liisa_Kandidaatinty%C3%B6.pdf?sequence=1). 22.1.2014
- Tenhunen, A. 2014. Selvitys hevosen kuivikelannan hyötykäyttömahdollisuuksista teknillisestä, juridisesta sekä talliyrittäjien näkökulmasta.  
[http://www.hippolis.fi/UserFiles/hippolis/File/PDF-esit-](http://www.hippolis.fi/UserFiles/hippolis/File/PDF-esit)

[teet/Selvitys\\_hevosen\\_kuivikelannan\\_hyotykayttomahdollisuuksista\\_Anna\\_Tenhunen.pdf](#). 25.7.2014.

Turunen, H. 2013. Hevosenlanta lämmönlähteenä vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/56774/Turunen\\_Hanne.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/56774/Turunen_Hanne.pdf?sequence=1). 22.1.2014.

Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta 151/2013.

Wartell, B.A. et al. 2012. Methane production from horse manure and stall waste with softwood bedding.

**Hevosen painon määrittäminen** (Suomen hevostietokeskus 2014).

Hevosen elopaino (kg) =  $\frac{(\text{Rinnan ympäryys, cm})^2 \times \text{Rungon pituus, cm}}{1187}$

1187



**Karsinataulukko**

pvm	Karsinaan laitettu kg	Karsinasta otettu kg
21.12.2013		
22.12.2013		4,6
23.12.2013		8,8
24.12.2013		4,7
25.12.2013		3,5
26.12.2013		4,1
27.12.2013	8,7	20,3
28.12.2013		9,0
29.12.2013		6,9
30.12.2013		7,2
31.12.2013	14,3	7,7
1.1.2014		5,0
2.1.2014		10,4
3.1.2014		9,2
4.1.2014	14,2	9,9
5.1.2014		7,7
6.1.2014		19,7
7.1.2014		4,5
8.1.2014		10,0
9.1.2014	14,7	12,3
10.1.2014		4,4
11.1.2014		10,1
12.1.2014		8,8
13.1.2014		6,9
14.1.2014		11,1
15.1.2014		2,3
16.1.2014	15,8	10,9
17.1.2014		4,1
18.1.2014		5,9
19.1.2014		8,3
20.1.2014		14,2
21.1.2014		9,9
22.1.2014		15,7
23.1.2014	18,9	14,3
24.1.2014		10,5
25.1.2014		21,7
26.1.2014		19,4
27.1.2014		11,5
28.1.2014		6,1
29.1.2014		6,7
30.1.2014		6,6
31.1.2014	14,8	13,7

Mädätyskokeen tulokset

Date: \_\_\_\_\_

2014	klo.	R1	R2	R3	R4	potistot	syöttö	tilavuus	R1+R4	R2+R3	
7.4.	8.30						50 ml	5250 ml	50	50	
8.4.							50	5300	50	50	
9.4.	11.40						75	5375	75	75	
10.4.	13.05	63,2	61,3	65,6	60,1		75	5450	75	75	
11.4.	11.40						100	5550	100	100	
14.4.	14.40						150	5700	150	150	
15.4.	14.50					-700	150	5150	150	150	
16.4.	14.40	59,0	44,6	51,0	49,1	-150	175	5175	175	175	
17.4.	14.50	48,5	39,0	46,6	48,0	-175	200	5200	200	200	
20.4.	14.30					-200	200	5200	200	200	
22.4.	13.20	49,1	41,5	46,2	50,0	-200	200	5200	200	200	
23.4.	15.35					-200	200	5200	200	200	
24.4.	15.10	47,5	33,1	35,9	50,5	-200	200	5200	200	200	
		2,5 L	1,9 L	1,9 L	2,5 L						
25.4.	14.40	49,5	38,2	39,8	50,0	-200	200	5200	200	200	
		2,8	2,2	2,2	3,0						
28.4.	16.40					-200	200	5200	200	200	
29.4.	16.30					-200	200	5200	200	200	
30.4.	15.00	49,5	41,2	47,1	48,0	-200	200	5200	200	200	
		2,3	2,1	2,2	2,9						
1.5.	16.45					-200	200	5200	200	200	
2.5.	15.00					-200	200	5200	200	200	
3.5.	13.30					-200	200	5200	200	200	
4.5.	16.30					-200	200	5200	200	200	
5.5.	15.30	49,2	41,1	40,6	45,5	-200	200	5200	200	200	
		2,7	2,2	2,3	3,2						
		Kokoon aloitus tunti 5.5.									
6.5.	15.00	51,5	43,5	50,0	47,1	-200	200	5200	200	200	
		2,9	2,3	2,6	3,4						
7.5.	17.15	52,0	43,0	49,2	47,9	-225	225	5200	225	225	
		3,1	2,7	2,7	3,8						
8.5.	20.20	51,3	44,5	49,5	47,9	-225	225	5200	225	225	
		3,5	2,9	3,0	3,9						
9.5.	13.35	50,7	43,7	45,4	47,3	-250	250	5200	250	250	
		2,5	2,4	2,5	3,3						
10.5.	13.15	48,1	43,5	44,3	47,1	-250	250	5200	250	250	
		2,9	2,5	2,9	3,2						
11.5.	18.45	49,3	43,9	44,7	48,0	-275	275	5200	275	275	
		3,7	2,3	2,8	3,5						
12.5.	19.15	48,5	42,4	43,8	47,3	-275	275	5200	275	275	
		3,2	2,2	2,7	3,2						
13.5.	17.00	45,2	43,4	43,0	47,5	-300	300	5200	300	300	
		3,1	2,4	2,8	3,6						
14.5.	16.45	48,9	41,3	40,3	48,3	-300	300	5200	300	300	
		2,4	2,2	2,3	3,1						
15.5.	16.10	48,2	41,9	39,3	47,0	-325	325	5200	325	325	
		2,8	2,3	2,1	3,2						

									R1+R4	R2+R3
2014	Kl	R1	R2	R3	R4	Pistot	Syöttö	tilaus	OK	Hauppi
16.5.	21.45	48,8 3,4	41,2 2,6	39,8 2,4	47,8 3,6	-325	325	5200	325	325
17.5.	14.30	48,0 3,0	41,4 2,6	38,3 2,2	46,2 3,1	-350	350	5200	350	350
18.5.	16.00	48,2 3,7	40,5 2,5	37,9 2,3	44,4 3,4	-350	350	5200	350	350
20.5.	14.40	48,1 6,6	40,7 3,5	35,9 3,0	44,7 4,2	-375	375	5200	375	375
22.5.	16.05	49,2 7,5	41,7 3,5	35,7 3,3	44,8 3,9	-375	375	5200	375	375
23.5.	10.40	49,0 5,0	42,3 2,8	35,4 2,4	43,7 2,8	-400	400	5200	400	400
24.5.	17.30	48,3 7,3	39,8 2,5	34,8 3,3	42,9 3,9	-400	400	5200	400	400
25.5.	21.30	49,4 7,2	39,3 2,6	36,1 2,7	43,5 3,7	-	-	5200	400	400
Kokoon loppus tähän.										

## Kuiva-aineanalyysi

Nina Juvonen		KUIVA-AINE ANALYYSI				2014				
		PAINOT								
NÄYTTEEN SELITE	nro	UOKAS	TUORE	KUIVA	TUHKA	pH	TS%	K-ARVO	VS%	K-ARVO
SyöteOLKI	1A	16,053	17,589	16,504	16,106		29,36		88,25	
SyöteOLKI	1B	17,087	18,483	17,532	17,132		31,88	30,62	89,89	89,07
SyöteHAMPPU	2A	14,259	15,745	14,659	14,293		26,92		91,50	
SyöteHAMPPU	2B	15,883	17,498	16,396	15,930		31,76	29,34	90,84	91,17
Reaktori 1 5/5	3A	16,795	27,332	17,002	16,827	7,07	1,96		84,54	
Reaktori 1 5/5	3B	16,055	25,296	16,225	16,086		1,84	1,90	81,76	83,15
Reaktori 2 5/5	4A	17,087	26,160	17,278	17,112	7,39	2,11		86,91	
Reaktori 2 5/5	4B	14,255	23,398	14,443	14,281		2,06	2,08	86,17	86,54
R3 5/5	5A	15,561	26,483	15,860	15,590	7,22	2,74		90,30	
R3 5/5	5B	17,393	30,172	17,731	17,428		2,64	2,69	89,64	89,97
R4 5/5	6A	16,093	27,382	16,376	16,131	7,16	2,51		86,57	
R4 5/5	6B	15,335	28,314	15,645	15,379		2,39	2,45	85,81	86,19
R1 6/5	7A	15,830	25,857	16,033	15,863	7,00	2,02		83,74	
R1 6/5	7B	16,246	25,131	16,398	16,275		1,71	1,87	80,92	82,33
R2 6/5	8A	15,880	24,468	15,947	15,898	7,17	0,78		73,13	
R2 6/5	8B	16,710	28,911	16,803	16,734		0,76	0,77	74,19	73,66
R3 6/5	9A	8,122	14,031	8,267	8,138	7,21	2,45		88,97	
R3 6/5	9B	9,377	14,874	9,516	9,391		2,53	2,49	89,93	89,45
R4 6/5	10A	7,810	12,378	7,876	7,823	7,15	1,44		80,30	
R4 6/5	10B	10,027	15,138	10,105	10,040		1,53	1,49	83,33	81,82
R1 7/5	11A	16,352	25,743	16,667	16,391	6,91	3,35		87,62	
R1 7/5	11B	14,619	25,930	15,021	14,668		3,55	3,45	87,81	87,71
R2 7/5	12A	14,569	22,499	14,619	14,582	7,12	0,63		74,00	
R2 7/5	12B	15,085	25,513	15,152	15,104		0,64	0,64	71,64	72,82
R3 7/5	13A	16,502	30,700	16,790	16,538	7,11	2,03		87,50	
R3 7/5	13B	15,720	24,700	15,881	15,743		1,79	1,91	85,71	86,61
R4 7/5	14A	13,958	25,246	14,129	13,989	7,73	1,51		81,87	
R4 7/5	14B	12,541	22,591	12,705	12,568		1,63	1,57	83,54	82,70
R1 8/5	15A	15,736	26,021	16,022	15,777	6,95	2,78		85,66	
R1 8/5	15B	15,197	29,266	15,600	15,253		2,86	2,82	86,10	85,88
R2 8/5	16A	16,373	26,911	16,464	16,394	7,05	0,86		76,92	
R2 8/5	16B	15,110	26,494	15,221	15,132		0,98	0,92	80,18	78,55
R3 8/5	17A	12,370	21,519	12,555	12,391	7,07	2,02		88,65	
R3 8/5	17B	16,065	25,102	16,245	16,087		1,99	2,01	87,78	88,21
R4 8/5	18A	16,834	28,454	17,113	16,873	7,00	2,40		86,02	
R4 8/5	18B	17,497	29,075	17,760	17,538		2,27	2,34	84,41	85,22
R1 9/5	19A	15,615	27,242	16,022	15,666	6,81	3,50		87,47	
R1 9/5	19B	14,677	26,368	15,094	14,731		3,57	3,53	87,05	87,26
R2 9/5	20A	15,041	25,299	15,122	15,060	7,00	0,79		76,54	
R2 9/5	20B	15,563	25,361	15,646	15,584		0,85	0,82	74,70	75,62
R3 9/5	21A	14,771	27,000	14,902	14,801	7,05	1,07		77,10	
R3 9/5	21B	13,888	25,432	14,021	13,915		1,15	1,11	79,70	78,40
R4 9/5	22A	14,785	25,748	15,175	14,831	6,88	3,56		88,21	
R4 9/5	22B	16,008	25,087	16,314	16,044		3,37	3,46	88,24	88,22
R1 10/5	23A	16,224	26,525	16,476	16,262	6,77	2,45		84,92	
R1 10/5	23B	15,372	27,934	15,704	15,419		2,64	2,54	85,84	85,38
R2 10/5	24A	15,561	28,635	15,648	15,585	7,02	0,67		72,41	
R2 10/5	24B	15,459	26,803	15,534	15,480		0,66	0,66	72,00	72,21
R3 10/5	25A	15,813	27,671	16,094	15,843	6,95	2,37		89,32	
R3 10/5	25B	17,715	28,412	17,967	17,745		2,36	2,36	88,10	88,71
R4 10/5	26A	17,758	30,344	18,203	17,811	6,90	3,54		88,09	
R4 10/5	26B	16,466	27,299	16,831	16,512		3,37	3,45	87,40	87,74
R1 11/5	27A	14,962	26,869	15,308	15,008	6,78	2,91		86,71	
R1 11/5	27B	13,877	23,783	14,139	13,914		2,64	2,78	85,88	86,29
R2 11/5	28A	14,355	27,626	14,443	14,380	6,94	0,66		71,59	
R2 11/5	28B	14,968	26,175	15,048	14,991		0,71	0,69	71,25	71,42
R3 11/5	29A	15,452	28,271	15,879	15,491	6,87	3,33		90,87	
R3 11/5	29B	15,015	27,500	15,415	15,054		3,20	3,27	90,25	90,56
R4 11/5	30A	14,699	25,880	14,899	14,733	6,88	1,79		83,00	
R4 11/5	30B	17,296	27,701	17,488	17,329		1,85	1,82	82,81	82,91
R1 12/5	119	15,407	26,643	15,687	15,450	6,72	2,49		84,64	
R1 12/5	124	15,522	29,774	15,882	15,576		2,53	2,51	85,00	84,82
R2 12/5	136	14,525	25,263	14,616	14,548	6,93	0,85		74,73	
R2 12/5	114	16,030	28,350	16,127	16,054		0,79	0,82	75,26	74,99
R3 12/5	36	12,943	27,648	13,237	12,981	6,88	2,00		87,07	
R3 12/5	63	16,320	29,978	16,609	16,356		2,12	2,06	87,54	87,31
R4 12/5	108	16,634	30,596	16,935	16,681	6,84	2,16		84,39	
R4 12/5	115	17,044	31,235	17,350	17,091		2,16	2,16	84,64	84,51

R1 13/5	9	14,060	26,564	14,510	14,116	6,65	3,60		87,56	
R1 13/5	123	14,108	27,752	14,641	14,172		3,91	3,75	87,99	87,77
R2 13/5	78	13,989	25,482	14,075	14,013	6,80	0,75		72,09	
R2 13/5	5	14,419	26,173	14,503	14,442		0,71	0,73	72,62	72,36
R3 13/5	139	15,571	27,638	15,811	15,601	6,82	1,99		87,50	
R3 13/5	74	13,259	26,686	13,514	13,291		1,90	1,94	87,45	87,48
R4 13/5	69	14,781	25,973	15,144	14,828	6,75	3,24		87,05	
R4 13/5	129	17,518	27,951	17,851	17,562		3,19	3,22	86,79	86,92
R1 14/5	133	17,366	27,751	17,677	17,406	6,62	2,99		87,14	
R1 14/5	20	13,731	23,882	14,027	13,771		2,92	2,96	86,49	86,81
R2 14/5	134	17,301	28,831	17,378	17,322	6,81	0,67		72,73	
R2 14/5	31	14,367	24,221	14,432	14,386		0,66	0,66	70,77	71,75
R3 14/5	135	14,236	25,009	14,419	14,265	6,77	1,70		84,15	
R3 14/5	33	12,967	27,400	13,238	13,002		1,88	1,79	87,08	85,62
R4 14/5	68	13,252	25,289	13,594	13,298	6,64	2,84		86,55	
R4 14/5	109	17,914	28,706	18,204	17,953		2,69	2,76	86,55	86,55
R1 15/5	59	16,490	27,854	16,889	16,542	6,64	3,51		86,97	
R1 15/5	61	15,141	26,340	15,527	15,190		3,45	3,48	87,31	87,14
R2 15/5	34	14,666	25,965	14,744	14,688	6,71	0,69		71,79	
R2 15/5	106	16,998	27,624	17,072	17,018		0,70	0,69	72,97	72,38
R3 15/5	118	15,309	26,682	15,572	15,339	6,74	2,31		88,59	
R3 15/5	105	16,367	28,285	16,647	16,405		2,35	2,33	86,43	87,51
R4 15/5	28	14,501	28,162	14,795	14,548	8,14	2,15		84,01	
R4 15/5	122	14,043	26,789	14,295	14,084		1,98	2,06	83,73	83,87
R1 16/5	18	15,697	29,468	16,028	15,747	6,66	2,40		84,89	
R1 16/5	117	16,122	28,460	16,404	16,168		2,29	2,34	83,69	84,29
R2 16/5	40	14,672	27,298	14,776	14,700	6,66	0,82		73,08	
R2 16/5	64	13,992	25,378	14,085	14,017		0,82	0,82	73,12	73,10
R3 16/5	121	16,619	29,051	16,880	16,653	6,69	2,10		86,97	
R3 16/5	26	14,096	26,295	14,393	14,132		2,43	2,27	87,88	87,43
R4 16/5	32	14,672	26,492	15,136	14,729	6,60	3,93		87,72	
R4 16/5	100	13,376	28,000	13,923	13,444		3,74	3,83	87,57	87,64
R1 17/5	131	15,406	27,672	15,707	15,452	6,61	2,45		84,72	
R1 17/5	8	14,829	27,066	15,128	14,877		2,44	2,45	83,95	84,33
R2 17/5	87	13,701	26,042	13,795	13,727	6,64	0,76		72,34	
R2 17/5	24	14,358	26,087	14,449	14,384		0,78	0,77	71,43	71,88
R3 17/5	57	13,172	24,916	13,621	13,215	8,64	3,82		90,42	
R3 17/5	128	15,831	27,505	16,232	15,870		3,43	3,63	90,27	90,35
R4 17/5	92	13,345	26,088	13,787	13,398	6,53	3,47		88,01	
R4 17/5	10	13,391	27,192	13,882	13,450		3,56	3,51	87,98	88,00
R1 18/5	143	13,680	26,848	14,123	13,736	6,57	3,36		87,36	
R1 18/5	7	13,657	27,812	14,096	13,719		3,10	3,23	85,88	86,62
R2 18/5	138	14,668	28,386	14,781	14,700	6,60	0,82		71,68	
R2 18/5	53	13,306	26,450	13,414	13,336		0,82	0,82	72,22	71,95
R3 18/5	57A	16,372	28,114	16,685	16,407	6,67	2,67		88,82	
R3 18/5	57B	15,141	25,410	15,387	15,168		2,40	2,53	89,02	88,92
R4 18/5	58A	15,722	26,085	15,993	15,758	6,44	2,62		86,72	
R4 18/5	58B	13,878	22,918	14,098	13,909		2,43	2,52	85,91	86,31
R1 20/5	59A	14,699	24,343	14,982	14,741	6,48	2,93		85,16	
R1 20/5	59B	14,771	25,876	15,071	14,816		2,70	2,82	85,00	85,08
R2 20/5	60A	12,370	22,276	12,442	12,390	6,49	0,73		72,22	
R2 20/5	60B	15,734	25,492	15,807	15,755		0,75	0,74	71,23	71,73
R3 20/5	61A	17,498	28,494	17,729	17,520	6,56	2,10		90,48	
R3 20/5	61B	15,197	25,921	15,422	15,224		2,10	2,10	88,00	89,24
R4 20/5	62A	15,041	25,733	15,409	15,087	6,34	3,44		87,50	
R4 20/5	62B	16,064	25,002	16,320	16,099		2,86	3,15	86,33	86,91
R1 22/5	63A	12,539	21,223	12,635	12,565	6,48	1,11		72,92	
R1 22/5	63B	17,715	28,794	17,837	17,743		1,10	1,10	77,05	74,98
R2 22/5	64A	14,678	25,185	14,753	14,697	6,45	0,71		74,67	
R2 22/5	64B	14,618	24,593	14,691	14,642		0,73	0,72	67,12	70,89
R3 22/5	65A	17,498	28,288	17,619	17,527	6,52	1,12		76,03	
R3 22/5	65B	14,616	24,938	14,723	14,639		1,04	1,08	78,50	77,27
R4 22/5	66A	14,970	24,480	15,243	15,007	6,35	2,87		86,45	
R4 22/5	66B	17,759	28,664	18,049	17,802		2,66	2,76	85,17	85,81
R1 23/5	67A	14,787	22,516	14,881	14,809	6,44	1,22		76,60	
R1 23/5	67B	16,222	25,977	16,334	16,252		1,15	1,18	73,21	74,91
R2 23/5	68A	15,562	26,065	15,635	15,584	6,42	0,70		69,86	
R2 23/5	68B	15,376	26,179	15,454	15,398		0,72	0,71	71,79	70,83
R3 23/5	69A	16,837	26,045	16,984	16,858	6,47	1,60		85,71	
R3 23/5	69B	15,013	25,150	15,198	15,041		1,82	1,71	84,86	85,29
R4 23/5	70A	15,460	27,421	15,746	15,504	6,32	2,39		84,62	
R4 23/5	70B	14,963	24,474	15,165	14,997		2,12	2,26	83,17	83,89
R1 24/5	71A	15,110	24,834	15,249	15,139	6,37	1,43		79,14	
R1 24/5	71B	15,175	24,188	15,318	15,203		1,59	1,51	80,42	79,78
R2 24/5	72A	14,357	23,400	14,430	14,379	6,36	0,81		69,86	
R2 24/5	72B	15,619	25,603	15,697	15,643		0,78	0,79	69,23	69,55
R3 24/5	73A	16,352	26,249	16,545	16,378	6,51	1,95		86,53	
R3 24/5	73B	13,891	23,564	14,088	13,915		2,04	1,99	87,82	87,17
R4 24/5	74A	16,469	27,164	16,795	16,514	6,28	3,05		86,20	
R4 24/5	74B	17,296	26,717	17,528	17,329		2,46	2,76	85,78	85,99

						pH					
<b>SyöteOLKI-VESI</b>	<b>1A</b>	17,496	26,772	17,882	17,536	<b>7,19</b>		4,16		89,64	
<b>SyöteOLKI-VESI</b>	<b>1B</b>	15,142	24,691	15,424	15,183			2,95	3,56	85,46	87,55
<b>SyöteHAMPPU-VESI</b>	<b>2A</b>	14,615	27,210	15,024	14,646	<b>7,51</b>		3,25		92,42	
<b>SyöteHAMPPU-VESI</b>	<b>2B</b>	15,816	23,496	16,007	15,835			2,49	2,87	90,05	91,24

## Kuivikekokeen tulokset

	Lisätty yhteensä kg	Poistettu yhteensä kg	Kuivikeen kulutus g/hevos kg/2 kk	Kuivikelannan tuotto g/hevos kg/2 kk	Kuivikeen kulutus kg/hevos kg/vuosi	Kuivikeen kulutus kg/hevonen/vuosi	Kuivikelannan tuotto kg/ hevonen kg/vuosi	Kuivikelannan tuotto kg/hevonen/vuosi	Lannan osuus kuivikelannasta kg
Turve	1053,9	1717,2	984,7	1604,4	5,9	3544,9	9,6	5776,0	619,7
Olki	720,0	1436,6	580,7	1351,8	3,5	2090,5	8,1	4866,4	771,1
Hamppu	408,3	1260,8	372,4	1150,0	2,2	1340,7	6,9	4140,1	777,6

**Varianssianalyysin tulokset kuivikekokeelle**

Anova: yksisuuntainen

## YHTEENVETO

<i>Ryhmät</i>	<i>Lukumäärä</i>	<i>Summa</i>	<i>Keskiarvo</i>	<i>Varianssi</i>
Hamppu	2	0,084328	0,042164	5,67E-05
Olki	2	0,128575	0,064287	2,1E-05
Turve	2	0,233432	0,116716	0,000908

## ANOVA

<i>Vaihtelun lähde</i>	<i>NS</i>	<i>va</i>	<i>KN</i>	<i>F</i>	<i>P-arvo</i>	<i>F-kriittinen</i>
Luokkien välissä	0,005864	2	0,002932	8,920411	0,054615	9,552094
Ryhmissä	0,000986	3	0,000329			
Yhteensä	0,00685	5				

Anova: yksisuuntainen

## YHTEENVETO

<i>Ryhmät</i>	<i>Lukumäärä</i>	<i>Summa</i>	<i>Keskiarvo</i>	<i>Varianssi</i>
Hamppu	2	0,259833	0,129917	0,000422
Olki	2	0,256334	0,128167	7,36E-05
Turve	2	0,375901	0,187951	0,001595

## ANOVA

<i>Vaihtelun lähde</i>	<i>NS</i>	<i>va</i>	<i>KN</i>	<i>F</i>	<i>P-arvo</i>	<i>F-kriittinen</i>
Luokkien välissä	0,00463	2	0,002315	3,323319	0,173427	9,552094
Ryhmissä	0,00209	3	0,000697			
Yhteensä	0,00672	5				



**Varianssianalyysin tulos ammoniakkimittaukselle**

Anova: Single Factor

## SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Turve	4	3,8325	0,958125	0,450743
Hamppu	4	50,35	12,5875	209,8446
Oiki	4	104,2675	26,06688	1175,358

## ANOVA

<i>Source of Variati- on</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1263,18	2	631,5902	1,36742	0,303001	4,256495
Within Groups	4156,96	9	461,8844			
Total	5420,14	11				

**Varianssianalyysin tulos mädätyskokeelle**

Anova: Single Factor

## SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Hamppu	36	1479,957	41,10992	162,9692
Oiki	36	1915,741	53,21504	207,1636

## ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	2637,608	1	2637,608	14,25223	0,000332	3,977779
Within Groups	12954,65	70	185,0664			
Total	15592,25	71				