

Appeen sekoituksen energian optimointi

Arttu Laakso

Opinnäytetyö
Toukokuu 2019
Luonnonvara- ja ympäristöala
Agrologi (AMK), Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Laakso Arttu	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 20.5.2019
	Sivumäärä 33	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Appeen sekoituksen energian optimointi		
Tutkinto-ohjelma Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Kahelin Miika ja Kataja Jyrki		
Toimeksiantaja(t)		
Tiivistelmä <p>Nautakarjataloudessa ruokinnasta aiheutuu merkittävä osa kustannuksista. Maidontuotannossa kustannukset muodostuvat rehuista (30 %) ja muista, muuttuvista kustannuksista (65 %) (Kyntjä, Nokka, Harmoinen 2010). Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää sekoitusajan merkitys polttoaineen kulutukseen ja appeen rakenteeseen. Saaduilla tiedoilla oli tarkoitus löytää optimaalinen sekoitusaika.</p> <p>Opinnäytetyötä varten kerättiin tutkimusaineistoa yhdeltä maitotilalta. Jokaista viittä appeen tekokertaa kohti otettiin kolme näytettä. Appeesta kerätyt näytteet kuivattiin ja seuloittiin tarkempaa tarkastelua varten. Tarkastelussa oli tavoitteena saada appeen eri ainesosat ja niiden osuus selville. Yhden seoksen osanäytteillä oli tavoitteena selvittää seoksessa olevaa vaihtelua. Tämän jälkeen oli tarkoitus verrata tuloksia keskenään sekä huomioida polttoaineen kulutus.</p> <p>Tuloksista käy ilmi, ettei kyseinen toteutustapa antanut odotettua tulosta. Tulokset ilmentävät appeen rakenteellista koostumusta sekä polttoaineen kulutusta. Koostumuksen ja kaumaksi tuli seulojen valinnan perusteella 8 mm, 3,15 mm ja kaikkein hienoin aines valui pohjatasolle.</p> <p>Toteutustapa ei sovellu selvittämään appeen ainesosien suhdetta toisiinsa. Lopputulokseen vaikuttavia muuttuvia tekijöitä on paljon, eikä tuloksia voida sen takia verrata suoraan muihin tiloihin. Appeen komponenttien suhteen selville saamiseksi tarvitsee luoda parempi menetelmä, jolla ainesosat saadaan erilleen.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Aperehu, seosrehu, komponentit, tasalaatuisuus		
Muut tiedot		

Author(s) Laakso, Arttu	Type of publication Bachelor's thesis	Date 20.5.2019 Language of publication: Finnish
	Number of pages 33	Permission for web publication: x
Title of publication Energy optimization of mixture feed		
Degree programme Agricultural and Rural Industries		
Supervisor(s) Kahelin, Miika and Kataja, Jyrki		
Assigned by		
Description <p>A significant part of the costs of cattle farming comes from feeding. In dairy production, the costs consist of feed (30%) and other variable costs (65%) (Kyntäjä, Nokka & Harmoinen 2010). The purpose of the study was to investigate the effect of mixing time on fuel consumption and feed structure. The information obtained was used to find the optimal mixing time.</p> <p>For the study, research material was collected from one dairy farm. Three samples were taken per five feed mixtures. The samples collected from the feed mixture were dried and screened for further analysis. The aim of the analysis was to examine the various components of the feed mixture and their proportion in the mixture. Partial samples of one mixture were studied to determine the variability in the mixture. After this, the plan was to compare the results with each other and to take fuel consumption into account.</p> <p>The results show that this way of implementation does not give the result that was sought in the study. The results show the structural composition of the feed mixture and fuel consumption. Based on the selection of the screens, the composition was divided into 8 mm, 3.15 mm and the smallest material filtered to the bottom level.</p> <p>The method of implementation cannot be used to determine the ration of the components of a feed mixture. There are a lot of changing factors that affect the end result and therefore the results cannot be compared directly to other cattle farms. In order to find out the ratio of feed mixture components, it is necessary to create a better method for separating the components.</p>		
Keywords/tags (subjects) Feed mixture, components, homogeneity		
Miscellaneous		

Sisältö

Käytetyt keskeiset termit	3
1 Johdanto	3
2 Tavoite asetelma	4
2.1 Tutkimusongelma	4
2.2 Menetelmät.....	5
3 Naudan ruokinta.....	5
3.1 Seosrehuruokinta eli aperuokinta	6
3.1.1 TMR ja PMR ruokintamenetelmät.....	7
3.1.2 Ruokinnan suunnittelu	7
3.2 Tasalaatuisuus	8
4 Apevaunut.....	9
4.1 Käyttövoimana sähkö vai diesel?	10
4.2 Apevaunutyypit	11
4.2.1 Pystyruuvivaunu	11
4.2.2 Vaakaruuviapevaunu	12
4.2.3 Lapasekoitinapevaunu.....	13
5 Koejärjestelyt	14
5.1 Appeen teko	15
5.2 Sekoitus ja polttoaineen mittaus	15
5.3 Appeen jako sekä näytteiden keräys.....	15
5.4 Kosteuden määrittäminen.....	16
5.5 Seulonta.....	16
6 Tulokset	19
6.1 Kosteus	19
6.2 Seulonta.....	19
6.3 Polttoaineen kulutus	23
6.4 Testi tuoreella appeella.....	24

6.5 Tuloksien luotettavuus	26
7 Johtopäätökset.....	27
Lähteet	29

Kuviot

Kuvio 1. käyttökustannus laskelma	10
Kuvio 2. Pystyruuviapevaunu	12
Kuvio 3. Vaakaruuviapevaunu	13
Kuvio 4. Lapasekoitinapevaunu.....	14
Kuvio 5. Testiseulonta.	17
Kuvio 6. Seula.	18
Kuvio 7. Appeitten keskiarvokosteus.	19
Kuvio 8. Tulokset 20 min.	20
Kuvio 9. Tulokset 25 min.	20
Kuvio 10. Tulokset 30 min.	21
Kuvio 11. Tulokset 35 mm.	21
Kuvio 12. Tulokset 40 min.	22
Kuvio 13. Tulokset keskiarvot.....	22
Kuvio 14. Polttoaineen ominaiskulutus l/min sekoitusajan mukaan.....	23
Kuvio 15. Polttoaineen kulutuksen suhde sekoitusaikaan.....	24
Kuvio 16. Seulottua tuoretta apetta.	25
Kuvio 17. Tulokset tuore ape.	25

Käytetyt keskeiset termit

Aperehu: Nurmirehusta, viljoista, lisävalkuaisesta, teollisesta rehusta ja kivennäisistä valmistettu rehuseos, jota syötetään naudoille. Käytetään myös termejä seosrehu ja lyhyemmin ape.

TMR (Total mixed ration): Aperehuruokinnan muoto, jossa kaikki ruokinnan komponentit sekoitetaan keskenään.

PMR (Partial mixed ration): Aperehuruokinnan muoto, jossa vain osa ruokinnan komponenteista sekoitetaan keskenään.

Energian optimointi: Työvaiheen suorittamisen kannalta kulutetaan vain tarvittava määrä energiaa.

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on appeen sekoituksen energiakulutuksen optimointi. Työn tarkoituksena on selvittää, paljonko energiaa kuluu aperehun sekoittamiseen ja tutkia sekoitusajan vaikutusta tasalaatuisuuteen. Samalla on tarjottu pohtia kuinka appeen sekoitus voitaisiin tehdä mahdollisimman energiatehokkaasti. Tavoitteena on pienentää appeen sekoitukseen kuluva energia ja näin pienentää myös kustannuksia ja mahdollisesti työvaiheeseen kuluva aikaa.

Yksi merkittävä kustannus nautakarjataloudessa on ruokinta. Maidontuotannossa rehuista muodostuu noin 30 % kustannuksista ja muuttuvista kustannuksista 65% osuus (Kyntäjä, Nokka & Harmoinen 2010, 5). Lisäksi kuluja tulee ruokintalaitteistosta, joten on tärkeää että sitä käytetään optimaalisesti hyvän tuotoksen saavuttamiseksi samalla kuitenkin pyrkien kuluttamaan vain tarpeellinen määrä energiaa. Opinnäytetyössä on tarkoitus tarkastella yhtä osaa ruokinnan työvaiheesta eli appeen sekoittamista.

Opinnäytetyöhön sisältyy käytännön tutkimustyötä, joka tarkoittaa tässä tapauksessa tutkimusmateriaalin keräämistä lypsykarjatilalta. Tutkimustyö suoritetaan eri pituisia sekoitusaikoja käyttäen appeen sekoittamiseksi ja samalla mitataan sekoitukseen kuluva polttoaineen määrä. Navetan ruokintapöydältä kerätään näytteitä, joilla

selvitetään sekoituksen onnistumista ja tasaisuutta. Opinnäytetyöni kokeissa ei ole mukana sähkökäyttöistä apesekoitinta, joten sen energiakulutuksen kustannuksia vertaillaan laskennallisesti saatuihin tuloksiin. Tässä opinnäytetyössä optimaalisuus on hyvin tilakohtaista. Kunkin tilan optimaalisuus riippuu täysin käytössä olevista työkoneista, työmenetelmistä ja appeen komponenteista. Koetilalta saatuja tuloksia verrataan keskenään ja tarkastellaan kuinka paljon niillä on eroavaisuuksia. Tuloksista pyritään saamaan selville tilan käytössä olevalle apereseptille optimaalinen sekoitusaika, joka varmistaa tasalaatuisen appeen, mutta ei kuluta turhaa energiaa sitä valmistaessa.

Opinnäytetyön aihe-ehdotus tuli Jyväskylän ammattikorkeakoulun biotalousinstituutin teknologian lehtori Miika Kahelinilta. Aihe oli mielenkiintoinen ja siinä on mahdollisuus kehittää ammattitaitoa. Työssä tehdään käytännön olosuhteissa kokeita ja joudutaan pohtimaan lopputulokseen vaikuttavia tekijöitä.

2 Tavoite asetelma

2.1 Tutkimusongelma

Tutkimuksessa selvitän aperehun sekoittamiseen kuluva energiaa ja sitä, kuinka energiankulutus optimoidaan. Pyrin etsimään optimaalisen sekoitusajan appeelle, sekä pohtimaan tähän vaikuttavia tekijöitä. Työ on rajattu koskemaan vain appeen sekoittamisen työvaihetta, koska siinä voi väärillä työtavoilla hukkaantua energiaa ja appeen ruokinnallista tehoa lajittumisen johdosta. Tämä johtaa tuotannon tehokkuuden vähenemiseen ja sitä kautta tulonmenetyksiin. Tulosten avulla pyritään saamaan käsitys optimaalisesta sekoitusajasta appeen tasaisuuden ja energiankulutuksen kautta. Tavoitteena on saada eläimille mahdollisimman tasainen ape mahdollisimman vähällä sekoittamisella. Aiheen rajauksessa ulkopuolelle jäi aperehun jakovaiheen vaikutus. Jakovaiheen sekoitusta ei ole syytä ottaa huomioon ennen varsinaisen sekoitusajan selvittämistä. Ulkopuolelle rajautui myös komponenttien annostelu tavan merkitys sekä apereseptin vaikutus. Näiden seikkojen poisjäänti selittyy myös sillä, että ensin täytyy selvittää nykyisen toimintamallin toimivuus.

2.2 Menetelmät

Tutkimukseen tarvittava aineisto kerätään lypsykarjatilalta. Tilalla on käytössä traktorikäyttöinen pystyruuviapuvaunu, joka on yleisin käytössä olevista vaunumalleista. Lähtökohtana käytetään tilan omaa apereseptiä ja rehujen analyysi tietoja.

Työssä käytetään pääosin kvantitatiivista tutkimusotetta. Työhön liittyy myös hieman kvalitatiivista tutkimusta eli laadullista tutkimusta, joka ilmenee sekoitetun appeen laadun tarkasteluna.

Sekoittamisia tehdään eripituisilla sekoitusajoilla ja sekoitusajan polttoaineen kulutus mitataan. Apetta jaetaan pöydälle eri sekoitusaikojen jälkeen ja niistä kerätään kolme osanäytteitä jakokertaa kohden. Osanäytteet punnitaan ja pakastetaan myöhemmin tehtäviä kokeita varten. Myöhemmissä kokeissa näytteet kuivataan, josta saadaan selville seoksen kosteusprosentti. Kuivaus tehdään myös siksi, että se helpottaa näytteen seulontaa, jolloin on paremmat mahdollisuudet saada erotettua appeen eri jakeet toisistaan. Kuivaus ja seulonta tehdään Jyväskylän ammattikorkeakoulun kattilantestauslaboratorion tiloissa, jossa on kuivausuuni ja seulontaa varten laitteistot.

3 Naudan ruokinta

Nautojen ruokinnan perusteena on niiden elimistön eri perustoimintojen ylläpito, kasvu ja tuotantomuoto. Elimistö perustoimintoja eläimellä on muunmuassa lämmönsäätely, aineenvaihdunta, hengitys- ja verenkiertoelimistön toiminta. Ravintoaineita eläin tarvitsee myös fyysiseen kasvuun. Ravintoaineita tarvitaan myös lopputuotteeseen eli eläimen tuotantomuotoon joka on maitoa ja lihaa. Nämä kaikki on otettava huomioon ruokintaa suunnitellessa, jotta eläimen rehuannoksessa on riittävästi ravintoaineita ja energiaa tähän kaikkeen. Rehuannoksen sisältämät ravintoaineet ovat hiilihydraatteja, valkuaisaineita, rasvoja, kivennäisaineita ja vitamiineja. Lisäksi ruokinnassa käytettävät rehut sisältävät aina jonkin verran vettä. Ravintoaineiden ja veden määrä syötössä olevissa rehuissa vaihtelee paljon. Jotta eläin saa riittävästi ravintoaineita, on niiden myös pystyttävä sulamaan ja imeytymään eläimen ruuansulatuskanavassa. Siksi rehujen sulavuuteen tulee

kiinnittää huomiota ruokinnansuunnittelussa. (Alasuutari, Manni & Rautala 2010, 42.)

3.1 Seosrehuruokinta eli aperuokinta

Lypsy- ja lihakarjan ruokintamenetelmänä seosrehuruokinta on saanut hyvin vankan suosion, kun ruokitaan suuria määriä eläimiä. Suomeen seosrehuruokinta eli aperuokinta on saapunut noin 1990-luvun tietämissä, jonka jälkeen se on yleistynyt voimakkaasti rakennekehityksen ansiosta. (Turtiainen 2011, 74.)

Aperuokinnassa apevaunuun laitetaan reseptin mukaisesti tarvittavat ainesosat eli komponentit. Komponentit sekoitetaan mahdollisimman hyvin, jotta ruokintapöydälle jaettaessa ape olisi samanlaista joka kohdassa. Apevaunuun asentamalla silppuavia teriä saadaan tehostettua sekoitusta ja parannettua apeen tasalaatuisuutta. Lehmä osaa myös valikoida syömäänsä rehua maun perusteella. Jotta valikointi saadaan estettyä tulisi seoksen olla riittävän kostea, että väkirehut ”liimautuisivat” karkearehuun ja silpun pituus ei saisi ylittää 7cm (Hulsen 2007, 64). Karkearehua ei myöskään saa hienontaa liikaa, koska silloin sen kuidut avautuvat ja imevät itseensä vettä. Tämä johtaa siihen, että eläimen pötsissä rehu vajoaa pohjaan eikä stimuloi eläintä märehtimään yhtä tehokkaasti kuin pötsin pinnalla kelluva rehu. (Turtiainen 2017, 40–41.)

Eläimille syötettävän rehun tulisi olla joka kerta samanlaista. Koska naudan ruokinnassa ruokitaan osaltaan naudan pötsissä olevaa mikrobieliöstöä. Mikrobien suorituskyky on kaikkein tehokkainta, kun eläimen syömä rehu olisi aina samanlaista, jolloin mikrobeilla ei kulu aikaa sopeutuakseen uuteen tilanteeseen. Aperuokinnan etuna on saman aikainen väkirehujen ja karkearehujen syöttö, joka edistää mikrobien toimintaa niiden saadessa valkuaista ja energiaa tasaisesti myös omaan käyttöön. (Turtiainen 2017, 40–41.)

Pötsin pH:lla on suuri merkitys eläimen terveyteen ja hyvinvointiin. Erityisesti se vaikuttaa mikrobien suorituskykyyn. Mikrobit vaativat toimiakseen pH:n, joka on yli 5,8 ja tehokkainta toiminta on yli 6,0 pH:n. Jos pötsin pH pääsee laskemaan alle 5,5, puhutaan silloin hapan pötsistä. Käytännössä se tarkoittaa sitä ettei rehu viivy riittävän kauan pötsissä ja mikrobit eivät kykene hajoittamaan kuitua. Syötettävästä

rehusta ei siis saada sitä tehoa irti mikä olisi mahdollista. Jokainen lehmän syömä annos laskee pötsin pH:ta, ja toisaalta taas lehmän runsas syljen erityis neutralisoi pötsiä. Edullisinta pötsin pH:lle on kun eläin söisi 10–14 ateriaa päivässä. Tällöin syöty rehu tekisi mahdollisimman pienen muutoksen eläimen pötsiin. (Hulsen & Aerden 2014, 13.)

3.1.1 TMR ja PMR ruokintamenetelmät

Aperuokinnassa on käytössä olevien rehujen sekoituksen kannalta kaksi eri menetelmää. TMR (Total mixed ration) ja PMR (Partial mixed ration) menetelmät. TMR ruokintamenetelmässä kaikki ruokinnassa olevat rehun sekoitetaan keskenään ja jaetaan eläimille syötäväksi. PMR ruokintamenetelmässä vain osa kaikista ruokinnan komponenteista sekoitetaan appeeseen. Tässä menetelmässä yleensä täydentävä ruokinta toteutetaan väkirehulla eläinkohtaisesti joko kioskeilla, lypsyasemalla tai robotilla. PMR menetelmästä puhuttaessa tarkoitetaan siis täydennettyä seosrehuruokintaa. TMR menetelmässä on etuna sen helppous, kun ruokintalaitteistoksi riittää apevaunu johon kaikki komponentit sekoitetaan. Ongelmana tuleekin eri tuotosvaiheissa olevien eläinten energian ja ravinnon tarpeesta. Ongelman ratkaisuna voidaan käyttää eläinten ryhmittelyä ruokinnan tarpeen mukaan, jolloin voidaan valmistaa ryhmälle sopiva ape. Vastaavasti PMR ruokinnassa tämä ongelma on korjattu täydennys ruokinnalla. Esimerkiksi lypsylehmän ravinnontarve voidaan korjata tuotokohteisesti robotilla tarjottavalla väkirehulla. Laitteistojen osalta PMR menetelmä vaatii jonkin toisen laitteiston avukseen, kun taas TMR menetelmässä riittää vain apevaunu. Seosrehuruokinta muita hyviä puolia on se, että se mahdollistaa erilaisten sivutuotteiden käytön ruokinnassa kuten olutteollisuuden mäski. Muuten tällaisten sivutuotteiden syöttäminen voisi olla jopa mahdotonta, niiden annostelun ja jakamisen vaikeuden takia. (Alasuutari, Manni & Rautala. 2010. 75–77.)

3.1.2 Ruokinnan suunnittelu

Ruokinnan suunnittelu on osaltaan tärkeässä roolissa, kun halutaan pitää kustannuksia kurissa ja parantaa taloudellista tulosta. Hyvällä suunnittelulla varmistetaan eläimelle riittävät ravintoaineet elintoimintoihin ja tuotantoon. Ruokinnan suunnittelun

tulee sisältää strateginen pitkän tähtäimen suunnitelma, rehubudjetointi ja päiväkohtainen suunnitelma. Strateginen suunnittelu antaa tekemiselle raamit, jonka sisällä toimintaa harjoitetaan. Millä rehuilla ruokinta järjestetään ja miten ruokinta toteutetaan. Budjetoinnilla pidetään rehukustannuksia tuotettua maito kiloa kohti kurissa. Ja päiväkohtaisilla suunnitelmilla tehdään viimeistelyt ja hienosäädöt ruokinnassa. Pelkkä suunnittelu ei kuitenkaan riitä vaan ruokinnan onnistumista tulee myös seurata ja tarkkailla. Seuranta tapahtuu parhaiten seuraamalla maitotuotosta, maidon pitoisuuksia ja syöntiä. (Kyntäjä & Nokka 2010, 7.)

3.2 Tasalaatuisuus

Aperuokinnassa tasalaatuisuus on avainasemassa eläimen ravinnontarpeen turvaamisessa. Aperuokinnan yhtenä tarkoituksena on yksinkertaistaa ja helpottaa suurten eläinmäärien ruokintaa. Tasalaatuisuus astuu esille, kun tarkastellaan eroja erillisruokintaa, jossa eläimelle annetaan karkearehu ja väkirehu eri aikaa. Ape ruokinnassa vältytään pötsimikrobien toimintaa haittaavista happohyökkäyksistä, sillä väkirehut tulevat tasaisesti karkearehun kanssa pötsiin. (Kulkas 2015.) On useita keinoja, joilla voidaan vaikuttaa siihen, ettei rehu lajitu pöydällä. Säilörehun tulee olla kunnollista ja silpun pituudeltaan mielellään hyvin tasaista. Seokseen lisättävien väkirehujen tulisi olomuodoltaan olla murustettuja, jolloin ne tarttuvat rakeistettuja helpommin karkearehuun. Lisäksi seokseen määrältään pienet komponentit kuten kivennäiset tulisi lisätä esiseoksina, joka estäisi niiden lajittumista. Todennäköisin syy appeen lajittumiselle on kuivat komponentit. Kuiva säilörehu ei saa sidottua väkirehuja itseensä, mikä aiheuttaa niiden varisemisen ruokintapöydällä pohjalle. Kuivasta säilörehusta johtuvaa lajittumista voidaan estää lisäämällä appeeseen vettä. (Post 2016.)

Tasalaatuisuutta voidaan tarkastella fysikaalisin ominaisuuksin ja kemiallisin ominaisuuksin. Fysikaalinen tasalaatuisuus tarkoittaa yksinkertaisuudessaan sitä, että rehun partikkelien koko ei merkittävästi poikkea toisistaan. Rehusilpun täytyisi säilyä sekoituksen jälkeenkin noin 2–6 cm pätkinä (Post 2016). Silpun pituudella on tärkeä osa tasalaatuisuudessa sillä nauta pystyy erottelemaan yli 6 cm pituisia korsia. Lisäksi rehukorsien pätkillä on pötsiä stimuloivia vaikutuksia, jotka edesauttavataudan ruu-

ansulatuselimistöä. Fysikaalista tasalaatuisuutta on helppo tarkkailla tilatasolla tekemällä ”rehu sihdillä” seulontakokeen appeelle. Sillä saadaan karkea näkemys silpun pituudesta sekä väkirehuosuuksista.

Kemiallista tasalaatuisuutta on vaikeampi havainnoida ilman tarkempaa tutkimusta. Kemiallisella tasalaatuisuudella tarkoitetaan seosrehuannoksen sisältämiä ravintoaineita. Tähän tarvitaan viljavuuspalvelun apua, joilla on menetelmät ravintoaineiden määrityksen.

Seoksen ravintosisältöön taas vaikuttaa todella paljon säilörehun ja muiden seoksessa olevien karkearehujen kuiva-aineen vaihtelut. Muissa seoksessa olevissa komponenteissa tapahtuu varsin vähän kuiva-aine vaihtelua. Kuiva-aineen vaihtelu muuttaa koko seoksen ravintosisältöä. Seosrehua valmistetaan tuorekilojen perusteella, eikä apevaunun vaaka osaa ottaa huomioon kuiva-ainepitoisuuden muutosta. Kuiva-ainepitoisuus on tarkkaan seurattava asia ja tilatasolla sitä voidaan seurata kuivattamalla rehua esimerkiksi mikroaaltouunissa. Suuret vaihtelut kuiva-aineessa voivat heikentää eläinten terveyttä. (Säilörehun ja seoksen kuiva-aineen seuranta. N.d.)

Ikäläinen ja Kettunen havaitsivat omista tutkimuksissaan merkittävääkin vaihtelua rehuarvoissa ruokintapöydän eri osissa. Suuri koostumuksen vaihtelu kertoo sekoituksen tai rehun jakamisen epäonnistumisesta. (Ikäläinen & Kettunen 2016, 40.)

4 Apevaunut

Seosrehu annoksen valmistukseen tarvitaan kone, johon lastataan appeen komponentit ja sekoitetaan tasaiseksi massaksi syötettäväksi eläimille. Tämä kone eli apevaunu voi olla joko traktorilla hinattava, ajettava tai kiinteä mallinen riippuen tilan tarpeista ja ruokinnan muista laitteista. Myös automaattiohjattuja ruokintajärjestelmiä ja apevaunuja on saatavilla.

Apevaunun yksi tärkeimmistä varusteista on vaakalaite. Vaakaa voidaan seurata apevaunun omalta ohjainpääteeltä. Vaakalaitteen ominaisuudet poikkeavat toisistaan merkiköhtaisesti, mutta toimintaperiaatteeltaan ne ovat samanlaisia, eli ilmoittavat vaunussa olevan rehumassan painon.

4.1 Käyttövoimana sähkö vai diesel?

Aperahun valmistus vaatii helppoudestaan huolimatta paljon energiaa. Kun apetta tehdään 1–2 annosta päivässä niin pelkästään traktorityötunteina se tarkoittaa vuodessa useita satoja tunteja. Esimerkiksi tilalla tehdään keskimäärin 1,5 apetta päivässä ja sen sekoittamiseen ja jakamiseen kuluu aikaa 45 minuuttia. Vuositasolla se tekee $1,5 \cdot 45 \cdot 365 / 60 = 410,63$ tuntia. Malli laskelmassa (ks. kuvio 1) voidaan nähdä vertailua traktorin ja sähkömoottori käyttöisen apevaunun kustannuksista, mikä on todella merkittävä vuositasolla. Suurten massojen sekoittaminen ja jakaminen eläimille on voimaa ja energiaa vaativa työvaihe.

KÄYTTÖKUSTANNUS	
tr + apevaunu/kilntea apesekoitin + hihnaruokkija	
Apevaunu 10 m ²	Apesekoitin 10 m ²
TRAKTORI 75 KW	SÄHKÖMOOTTORI 21 KW
Sekoitustyö 1,0 h/pv	
- kulutus 12 l/h	- kulutus 21 kWh/pv
- kulutus 12 l/pv	
Jakotyö 0,5 h/pv	
- kulutus 8 l/h	- kulutus 2,5 kWh/pv*
- kulutus 4 l/pv	
Yhteensä	
365 pv/v x 16 l/pv x 0,90 eur/l	365 pv x 23,5 kWh/pv x 0,10 eur/kWh
5256 eur/v	858 eur/v
	*=nousuhinnan moottori 2 kW, jakohinnan moottori 3 kW

Kuvio 1. käyttö kustannus laskelma (Turtiainen 2011, 85).

Sähkömoottorit ovat hyötysuhteeltaan polttomoottoreita parempia ja sitä kautta kustannustehokkaampia kulutettuun energiaan verrattuna. Sähkömoottorit kuitenkin tulevat mitoittaa niin, että ne kuormittuvat yli 40 % nimellistehosta. Silloin niiden hyötysuhde on tehokkainta. Alle 40 % kuormituksessa sähkömoottorin hyötysuhde alkaa laskemaan. (Ahokas & Turunen 2013, 44.)

Kevyen polttoöljyn energia sisältö on noin 10 kWh/ litra. Kustannuksena polttoöljy on siis noin 0,1€/Kwh. Koneellisessa ruokinnassa energiaa kuluu koko toimenpiteeseen 5-100 kWh/ kg tuotettua maitoa. Vuodessa sama tarkoittaa eläintä kohti 10 000 kg keskituotoksella noin 50–1000 kWh. Suuri vaihtelu kertoo tilojen välisistä eroista ja mahdollisuuksista säästää merkittävästi energiankulutuksessa. (Turunen 2013, 52.)

Apeen sekoitukseen ja jakoon kului kyselytutkimuksen mukaan 64–240 min päivässä karjankeskikoon ollessa 50 lehmää. Apevaunun energiankulutukseen vaikuttavia tekijöitä on paljon. Tiedetään että rehun korjuu menetelmällä ja silpun pituudella

on merkitystä sekoitusaikaan. Lisäksi vaikuttavia tekijöitä ovat vaunun seinämien muotoilu, terien määrä ja kuluneisuus sekä sekoitin koneiston muoto. (Turunen 2013, 57–58.)

4.2 Apevaunutyyppit

Apevaunujen energian kulutuksesta on tehty joitakin tutkimuksia ja vertailuja apevaunu tyyppien kesken. Turusen mukaan Vergichtin tutkimuksessa saatiin selville, että pystyruuvivaunu kuluttaa kolmanneksen vähemmän energiaa kuin vaakaruuviapevaunu. Lapasekoitinvaunusta yleinen käsitys on, ettei se kuluttaisi energiaa yhtä paljon kuin muut vaunutyyppit. Oletus perustuu siihen, ettei lapasekoitin vaunulla käsitellä rehua yhtä paljon. Oletus on kuitenkin osoittautunut vääräksi ja siksi tutkimusta tarvitaan lisää myös suomalaisilla rehuilla. Kahden yhtä suuren pystyruuvivaunun vertailussa oli saatu neljänneksen ero energiankulutukseen. Erot selittyivät silppuavien terien kunnolla sekä ruuvien ja vaunun muotoilujen eroilla. Energian kulutukseen vaikuttaa myös merkittävästi, mitä rehuja appeessa käytetään. Jos säilörehu-massa on pitkää, kuluu sen hienontamiseen enemmän aikaa ja energiaa kuin valmiiksi silppuuntuneemman materiaalin sekoittamiseen. (Turunen 2013, 56–57.)

4.2.1 Pystyruuvivaunu

Myydyin apevaunumalli on pystyruuvivaunu. Se on monipuolinen ja helposti muunneltavissa eri olosuhteisiin oleva vaunu. Pystyruuvivaunun parhaat ominaisuudet korostuvat sekoitustehossa. Toimintaperiaatteeltaan sekoitus tapahtuu niin, että kartiomainen pystyruuvi pyöriessään nostaa rehumassaa vaunun pohjalta ylöspäin ja samalla saa rehumassalle vaunun sisällä pyörivän liikkeen aikaan. Näin koko vaunun tilavuus on sekoituksen vaikutuksen alaisena. Sekoitusta ja varsinkin rehun silppuamista on helppo tehostaa ruuviin kiinnitettävien terien ja vaunun vastaterien avulla. Vaunun koosta riippuen sekoitin ruuveja voi olla useita. Ruuvien ja vaunun keskinäisellä koko suhteella on merkitystä, jotta rehu sekoittuu koko vaunun tilavuudelta. (Turtiainen 2017, 41.)

Pystyruuviapevaunu on nimensä mukaisesti varustettu pystymallisilla sekoitinruuveilla (ks. kuvio 2). Sekoitinruuvien määrä vaihtelee vaunun koosta riippuen 1-3 ja

säiliön koko 9 ja 46 kuution välillä. Sekoitin ruuvi on ylöspäin kapeneva kartion muotoinen. Ruuvien voidaan kiinnittää leikkaavia teriä tehostamaan sekoitusta ja karkearehun hienontamista. Sekoitus teho perustuu ruuvien pyöriessä sen pystysuuntaiseen ja pituussuuntaiseen sekoitus liikkeeseen. Kaikkien pystyruuvi apevaunujen sekoitus periaate on samanlainen, kuitenkin eri merkeillä on omia pieniä eroavaisuuksia ja ratkaisuja, joilla sekoituksen tehoa pyritään parantamaan. (Turtiainen 2011, 74–75.)



Kuvio 2. Pystyruuviapevaunu (Peecon seosrehuruokinta n.d).

4.2.2 Vaakaruuviapevaunu

Vaakaruuvi apevaunussa on vaunun pohjalla kaksi vaunun pituista sekoitinruuvia (ks. kuvio 3.). Ruuvien pyöriessä toinen ruuvi työntää ja toinen vetää rehumassaa, jolloin vaunun sisälle muodostuu pyörivä liike apeen sekoittamiseksi. Vaakaruuvien leikkaustehoa parannetaan kiinnittämällä niihin teriä.

Vaakaruuvivaunut olivat aperuokinnan tultua ensimmäiset Suomen markkinoilla tarjolla olleet vaunutyyppit. Vaakaruuvivaunut ovat myös edelleen suosittuja vaikkakin

myydyin vaunutyyppi onkin pystyruuvivaunu. Vaakaruuvivaunussa rehumassaa puristetaan kierukan ja terien avulla vaunun seinää vasten, jolloin rehu leikkaantuu ja muut komponentit sekoittuvat siihen. Vaakaruuvivaunu soveltuu hyvin kuivanrehun käsittelyyn, mutta märällä rehulla on vaarana appeen puuroutuminen liiallisesta sekoituksesta. (Turtiainen 2017, 41.)



Kuvio 3. Vaakaruuviapevaunu (Seko Samurai n.d.).

4.2.3 Lapasekoitinapevaunu

Lapasekoitin apevaunu muistuttaa hieman vaakaruuviapevaunua, sillä siinä on myös vaaka suuntainen sekoitinakseli. Tässä akselissa ei kuitenkaan ole kierukkaa, joka sekoittaa rehumassaa, vaan sekoitus tapahtuu akseliin kiinnitettyjen lapojen avulla (ks. kuvio 4). Lapasekoittimen vaaka-akseli on korkeussuunnassa puolivälissä säiliötä.

Lapasekoitin on rehulle hellävarainen ja soveltuukin huonosti rehun silppuamiseen. Tämän tyyppisessä apevaunussa käytetään mielellään valmiiksi riittävän silputtua rehua. Vaunun täyttämässä tulee kiinnittää erityistä huomiota komponenttien tasaiseen täyttöön vaunun pituussuunnassa. Tämä siksi, että rehumassan sekoittuminen vaunun pitkittäissuunnassa on hyvin vähäistä. (Turtiainen 2017, 41.)



Kuvio 4. Lapasekoitinapevaunu (Koivisto 2015).

5 Koejärjestelyt

Työn varsinainen tutkimusosio vaati näytteiden keräystä appeesta, jotta voidaan tarkastella sekoittuvuutta eri sekoitusaikojen kesken. Valmistin appeen itse, tilan ape reseptin mukaan. Ape tehtiin kerran päivässä ja jaettiin kerralla eläimille syötäväksi. Sovimme tilan väen kanssa sekoitusajat, joilla testaamme polttoaineen kulutusta sekä appeen sekoittuvuutta. Käytössä olleet sekoitusajat olivat 20 minuutista 40 minuuttiin, niin että testauskertojen välissä oli aina 5 min ero edelliseen. Näin ollen näytteitä kertyi kerättäväksi viideltä eri päivältä. Lisäksi jokaisesta jaettavasta apeerästä otettiin kolme osanäytettä aina samoista kohti ruokinta pöytää. Tällä pyritään selvittämään vaihteluiden määrää eri kohdissa ruokintapöytää, joka on yhteydessä myös sekoitusaikaan. Aperseptin eri komponentit ovat karkearehuina säilörehu, kotoisina viljoina murskattu härkäpapu sekä viljaseos, joka sisältää vehnää, kauraa ja ohraa tasaisina määrinä. Lisäksi reseptissä on rypsiä, kolmea eri kivennäistä ja valkuaismelassia. Kokeen tekoajankohtana appeessa oli lisänä AIV-säilöntähappoa, jolla ehkäistiin appeen kuumentumista.

5.1 Appeen teko

Appeen valmistuksessa käytettiin traktoria ja pystyruuviapevaunua. Varsinainen komponenttien lastaus tehtiin pyöräkuormaajalla ja kauhalla. Apevaunu on varustettu vaa'alla, jonka avulla pystyin lastaamaan kutakin reseptissä mainittua komponenttia oikean määrän. Seoksen valmistus aloitettiin irrottamalla pyöräkuormaajan kauhalla laakasiilon rintauksesta rehua, joka sitten lastattiin apevaunuun. Rehua otettiin kauhalla noin kolme kertaa, että saatiin reseptiä vastaava määrä. Toisella rehukauhallisella, kauhaan lisättiin myös nestemäinen melassi sekä kivennäiset. Kolmannella rehu kauhallisella tarkennettiin säilörehun määrä vastaamaan reseptiä huomioituna jo lisätyillä melassilla ja kivennäisillä. Säilörehun jälkeen vaunuun lisättiin murskattua härkäpapua. Seuraavaksi vaunuun lisättiin kuivaviljaseosta ja viimeisenä rypsiä.

5.2 Sekoitus ja polttoaineen mitta

Vaunun lastaamisen jälkeen oli vuorossa sekoitus, joka on yksi tärkeimmistä osa-alueista tässä kokeessa. Ennen sekoituksen aloittamista ajoin traktorin ja apevaunun taaiselle paikalle ja täytin traktorin polttoainetankin piripintaan traktorin ollessa samuksissa. Apevaunua käytettiin traktorin hitaalla ulosotolla (pto. 540) ja traktorin moottorissa pidettiin sekoituksen ajan kierroksia 1500 rpm. Sekoituksen aikaa mittasin sekuntikellolla. Ajan tullessa täyteen lopetin sekoituksen ja sammutin traktorin polttoaineen mittausta varten. Polttoainetta lisäsin tankkiin mittakannulla, jossa oli tilavuusmitta. Kulutetun polttoaineen määrän sain selville täyttämällä tankin uudelleen piripintaan mittakannun avulla.

5.3 Appeen jako sekä näytteiden keräys

Valmiin rehuseoksen jaon tekivät tilan pidempiaikaiset työntekijät. Tämä siksi että rehuseos jaettiin apevaunun kuljettimen avulla navetan ulkopuolelta ruokintapöydälle, eikä itselläni ollut tästä työvaiheesta riittävää kokemusta, jotta jakaminen olisi ollut tarpeeksi sujuvaa ilman turhia keskeytyksiä tai ongelmia. Samalla myös pyrittiin minimoimaan jakamisessa aiheutuvaa sekoittumista, koska seosta tarvitsee pyörittää

myös jakamisen aikana. Minun tehtäväksi jäi kerätä näytteet appeesta ruokintapöydältä. Yhtä jakokertaa kohden keräsin 3 näytettä eri kohdista ruokintapöytää. Näytteiden ottokohdat olivat jakamisen aloituksesta 3 m yksi näyte. Keskivaiheilta toinen näyte ja 3m ennen ruokintapöydän loppua kolmas näyte.

5.4 Kosteuden määrittäminen

Näytteiden kosteuden määrittämisen tein Biotalousinstituutin kattilantestauslaboratorion tiloissa olevalla näytteen kuivausuunilla. Ennen ensimmäisen näytteen kuivaamisesta olin sähköpostiyhteydessä Valion rehulaboratorioon, josta kysyin neuvoa sopivaksi kuivauslämpötilaksi ja -ajaksi. Ohjeeksi näytteen kuivaukselle sain, 50–54 asteessa 18–20 tuntia (Myllylä 2019). Näillä ohjeilla aloitin kuivaamaan ensimmäistä näytettä. Näyte oli kuivausuunissa 20 tuntia, mutta vielä senkin jälkeen se oli selvästi kostea. Tästä tehtiin johtopäätös ettei lämpötila ollut riittävä, joten kuivausta jatkettiin 105 asteessa vielä 6 tunnin ajan. Myös lopuilla näytteillä kuivaus suoritettiin tämän jälkeen 105 asteessa 20 tunnin ajan.

5.5 Seulonta

Seosrehunäytteiden seulonnan suoritin myös Biotalousinstituutin kattilantestauslaboratorion tiloissa. Seulonnassa käytin AS 400 täryseulaa. Ennen varsinaisten näytteiden seulontaa tein kaksi testi seulontaa, joilla testasin laitetta ja sen asetuksia. Täryseulassa on monipuoliset säädöt, joilla voidaan valita seulan kierrosnopeus, intervallin ajastus sekä seulonnan ajastus. Testiin valitsin seuloiksi 16mm, 8mm, 5mm, 3,15mm seulat ja pohjan. Testi seulonnan aloitin 120 rpm/min kierrosnopeudella, mutta nostin sen lähes heti 225 rpm/min todettuani ettei alempi kierrosnopeus saanut näytettä liikkumaan seuloilla. Ensimmäistä testi näytettä pidin seulottavana 4 minuutin ajan. Seulonnan tuloksia tarkastellessa huomasin kuivan rehun murenevan seuloilla. Toisessa testissä pyrin saamaan rehun murenemisen kuriin ja pienensin seulonta aikaa 2 min. Molemmissa testeissä havaitsin, ettei karkeimmalla 16mm seulalla ollut haluttua vaikutusta. Seulalle jäi ainoastaan kasaan kuivuneita kokkareita, jotka oli murustettava käsin hienommaksi (ks. kuvio 6). Päätin kuitenkin pitää seulan käytössä myös varsinaisissa testeissä, koska se toimi osaltaan esiseulana ja pidättää

isoimmat kokkareet pinnalla. Seuraavalle 8mm seulalle kertyi jo huomattavasti paremmin seulonta-ainesta. Testissä oli mukana myös 5mm seula, mutta sen pinnalle ei kertynyt merkittävästi juuri mitään. Varsinaisiin testeihin en ottanut 5mm seulaa käyttöön, koska en kokenut saavuttavani sillä mitään. Viimeisenä seulana ennen pohjaa oli käytössä 3,15mm seula, johon erottui heinän korsiä ja viljaa. Pohja tasolle valui rikkoutuneita jyviä, rypsiä ja murentunutta heinää.



Kuvio 5. Testiseulonta.



Kuvio 6. Seula.

Varsinaisten näytteiden seulonnoissa käytin koneen asetuksina 225 kierrosta minuutissa ja 2 minuuttia seulonta aikaa. Testiseulontojen perusteella valitsin seuloiksi 16mm seulan, jonka tarkoituksena oli toimia esiseulana isoille partikkeleille ja pienentää niitä. Seuraavan seulana oli 8mm seula ja sen alapuolella 3,15mm seula. Lopuksi oli vielä kiinteä pohja.

Ennen seulomista seulat imuroitiin roskista ja pölystä. Puhtaat seulat punnittiin vaa'alla, josta saatiin seulojen tyhjöpainot selville. Seulat kasattiin päällekkäin niin, että karkein palakoko jää pinnalle ja seulat tihenee pohjalle päin. Kuivattu rehunäyte punnittiin näyteastian kanssa ennen näytteen seulomista, sekä pelkän näyteastian tyhjöpaino punnittiin myös. Seulonnan jälkeen seulatasot punnittiin seulalle jääneen jakeen kanssa kymmenesosa gramman tarkkuudella olevalla vaa'alla. Punnituksen

jälkeen seulat putsattiin uutta seulontaa varten. Jo testi seulonnassa ilmeni, ettei näytteestä tulla saamaan jakeita halutulla tavalla erilleen ja ongelmaksi todettiin myös kuivatun rehun murentuminen.

6 Tulokset

6.1 Kosteus

Ruokintapöydälle jaetun appeen kosteuden vaihtelut yhden erän sisällä olivat hyvin pieniä. Tällä mittarilla mitattuna sekoitus on onnistunut jokaisessa testissä hyvin. Vaihtelut kolmen osanäytteen välillä pysyivät 1–4 % sisällä. Koko apetta kuvaavalla keskiarvollaakaan ei saatu testikertojen välille enimmillään kuin 2 % ero (ks. kuvio 7).

Erä nro.	Aika min	Kosteus %
1	20	55 %
2	25	56 %
3	30	55 %
4	35	56 %
5	40	54 %

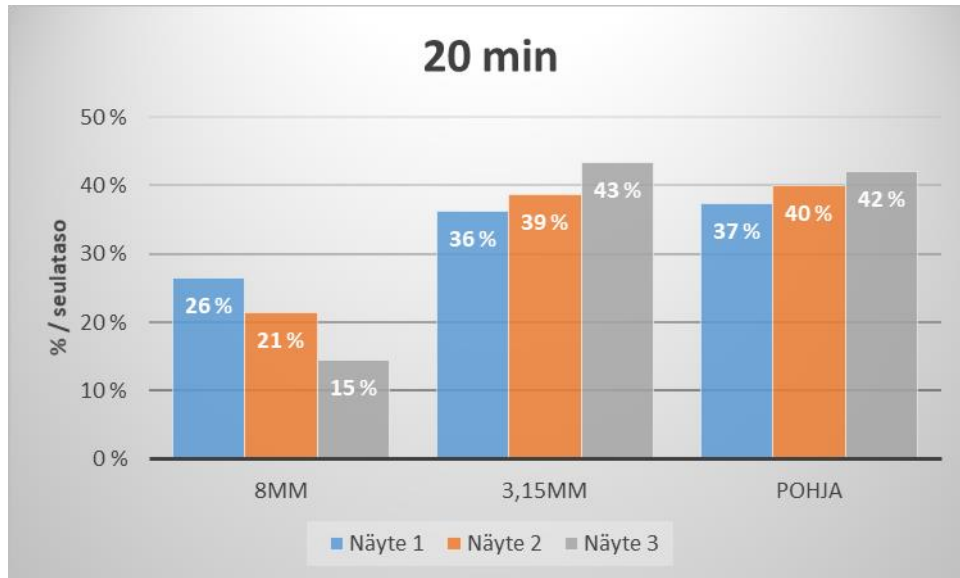
Kuvio 7. Appeitten keskiarvokosteus.

6.2 Seulonta

Seulontan tuloksista on koottu diagrammeja kuvaamaan koe-erän välisiä eroja. Jokaisessa diagrammissa on kolme osanäytettä aina yhdestä testierästä, jotta voidaan havainnoida eroja osanäytteiden välillä. Tuloksissa ilmenevät erot kuvaavat appeen rakenteellisia eroavaisuuksia. Tulokset kuvaavat vain appeen sekoittamisen osaa, joka on tehty kaikkien komponenttien lastaamisen jälkeen. Sekoitusaikaan ei ole otettu mukaan appeen jakamisessa kuluvaa aikaa.

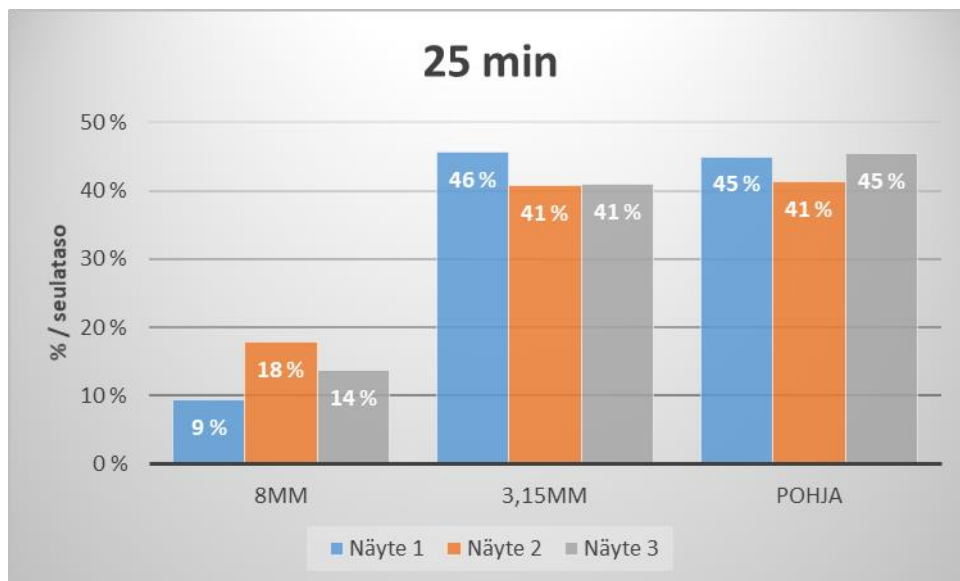
Tuloksista voidaan nähdä, että esimerkiksi 20 minuutin sekoituksella on havaittavissa vielä rehumassan muokkaantumista. Tällöin karkeampi rehuaines hienontuu vielä jakovaiheessa, joka näkyy diagrammissa näyte 3:n korkeampina pylvinä hienommalla seulatasolla ja pohjalla (ks. kuvio 8). Tilalla teimme havainnon appeesta, että tässä

erässä seos oli osittain kuumentunut seuraavaan aamun mennessä. Seokseen oli lisätty AIV-happoa estämään kuumentumista ja siksi teimme johtopäätöksen, ettei apetta oltu sekoitettu riittävästi. Muissa erissä tätä ongelmaa ei havaittu.



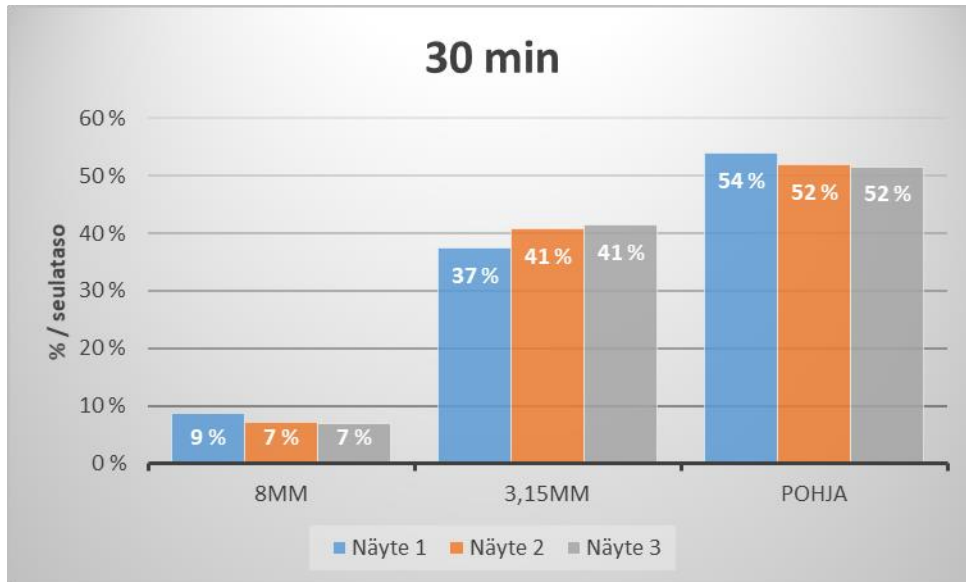
Kuvio 8. Tulokset 20 min.

Testissä jossa seulottiin 25 minuutin erä, voidaan havaita karkeimmalla seulalla olevan vaihtelua ruokintapöydän eri kohdissa. Pohjan ja 3,15 mm seulan välillä ei ole havaittavissa suurta ero. Kuitenkin kolmas osanäyte erästä osoittaa hieman rehun hienontumisen merkkejä ruokintapöydän loppupäässä (ks. kuvio 9).



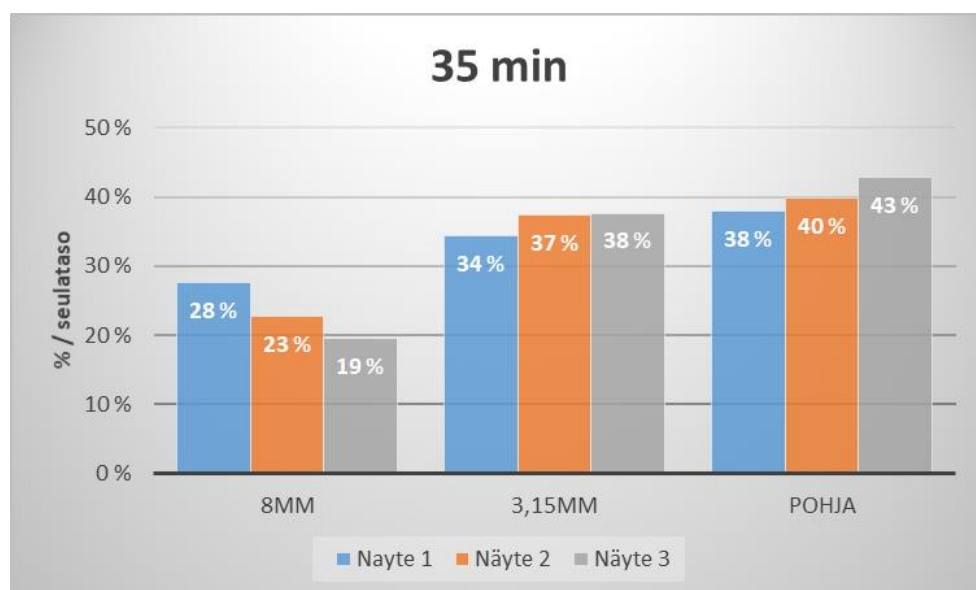
Kuvio 9. Tulokset 25 min.

Seulontakoe jossa käsiteltiin 30 minuuttia sekoitettua apetta, on selvästi muita erilaisempi rakenteeltaan (ks. kuvio 10). Kuvioista voi huomata selvästi karkeamman rehuaineen vähäisen määrän ja taas toisaalta pohjalle valuneen hienoimman aineksen suuren määrän. Tarkkaa selitystä tälle ei ole, mutta asia voi johtua säilörehun lyhyestä silpunnepituudesta, minkä pystyy toteamaan myös muista kuvioista.



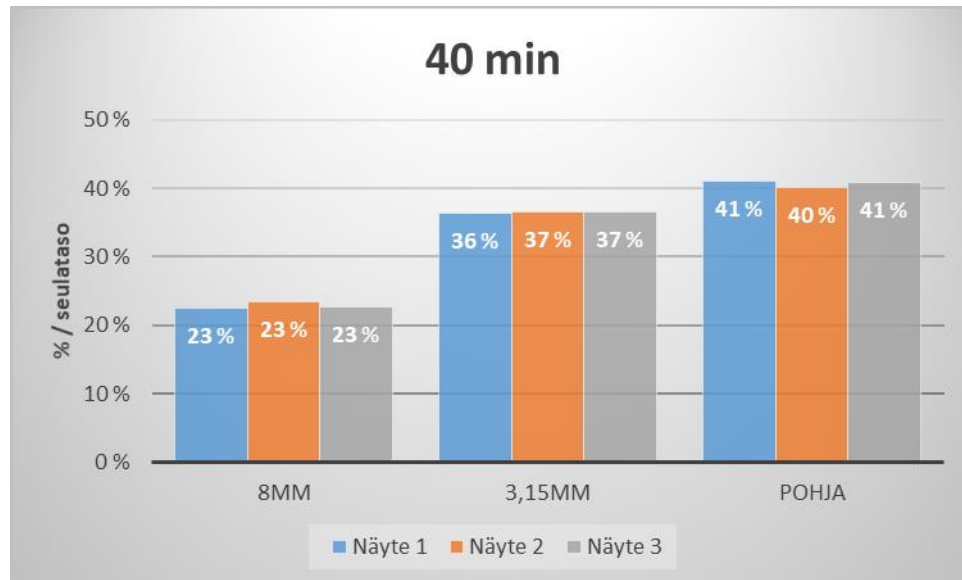
Kuvio 10. Tulokset 30 min.

Neljännessä testissä seulottiin sekoitusajaltaan 35 minuutin apeannosta (ks. kuvio 11). Tässä on havaittavissa samaa rakenteellista muokkaantumista rehumassassa kuin ensimmäisessä 20 minuutin näytteissä.



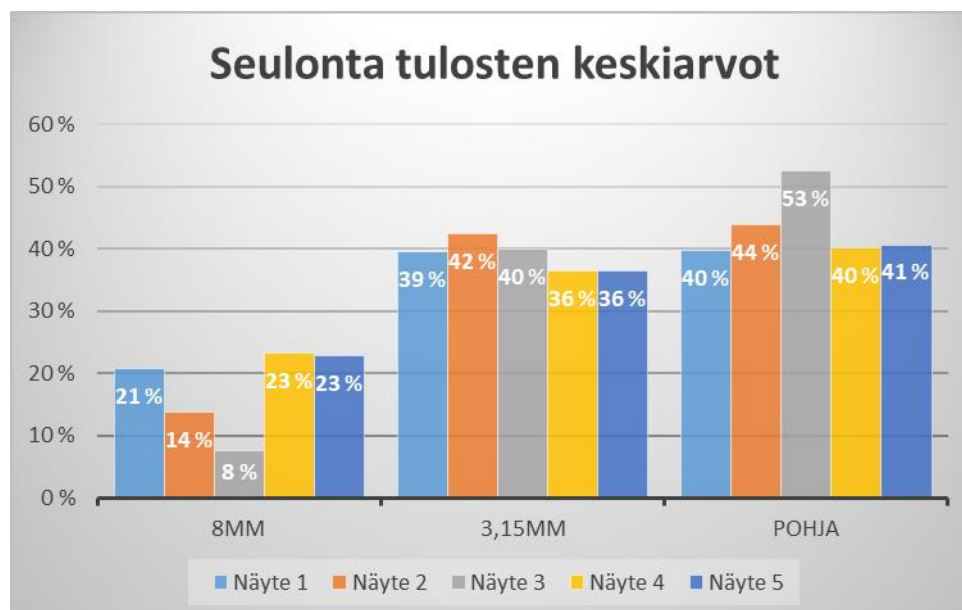
Kuvio 11. Tulokset 35 mm.

Viimeinen testi 40 minuutin sekoitusajalla on osanäytteiden osalta kaikista tasaisin (ks. kuvio 12). Siinä ei ole havaittavissa merkittäviä eroja osanäytteiden osalta. Mielenkiintoiseksi asian tekee se, että karkeinta rehuainesta on jäänyt suhteellisen paljon sekoitusajan pituudesta huolimatta.



Kuvio 12. Tulokset 40 min.

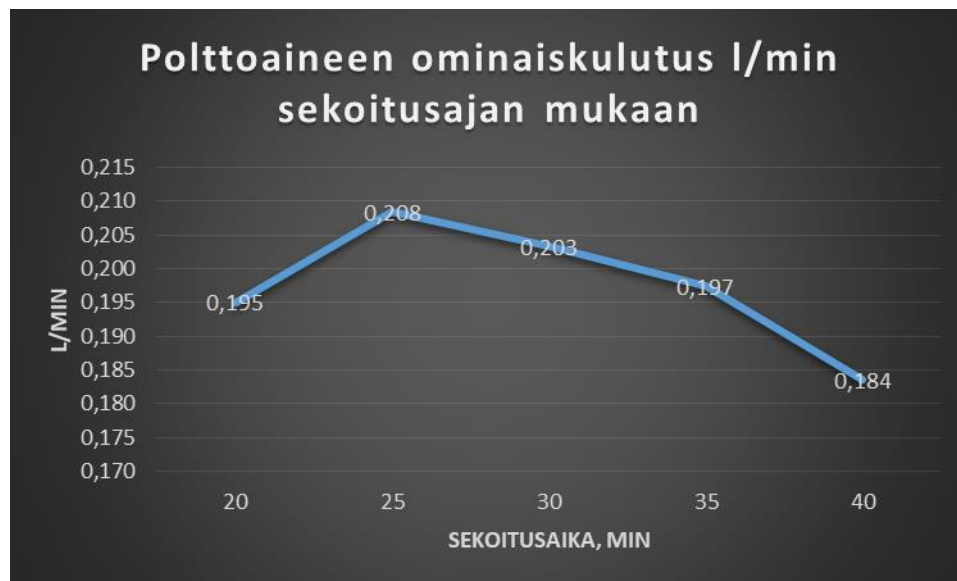
Apetta kuvaavilla keskiarvoilla kuviossa 13, päästään kaikkia eriä vertailemaan helposti keskenään. Kuviossa 13 voidaan nähdä, ettei näytteiden kuivauksella ja seulonnalla saada yhtenevää tulosta erien välille.



Kuvio 13. Tulokset keskiarvot.

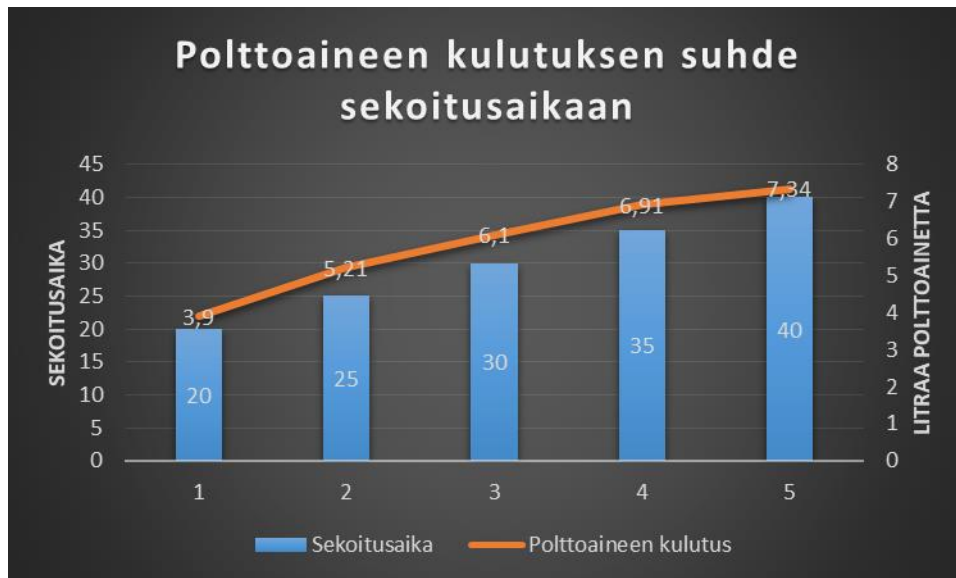
6.3 Polttoaineen kulutus

Polttoaineen kulutuksen vaihteluväli testeissä on 0,185–0,208 l/min (ks. kuvio 14). Kuvio 14 voidaan huomata polttoainetta kuvaavan käyrän jokseenkin tasainen nousu 35 min testiin saakka. 35 min ja 40 min testin välillä polttoaineen kulutuskäyrä hieman loiventuu. Se osoittaa, että sekoittaessa kuormitusten osuus on vähäisempi verrattuna vaunun sekoituksen ylläpitoon. Eli toisin sanoen sekoitusta tehdään jo turhaan.



Kuvio 14. Polttoaineen ominaiskulutus l/min sekoitusajan mukaan.

Polttoaineen kulutuksella on suora yhteys aperehun valmistuksessa syntyviin kustannuksiin. Litroina polttoainetta kuluu lyhimmän sekoitusajan mukaan vuodessa $365 \text{ vrk} * 3,9 \text{ l} = 1423,5 \text{ litraa}$. Pisimmän sekoitusajan mukaan polttoainetta kuluisi $365 \text{ vrk} * 7,34 \text{ l} = 2679,1 \text{ litraa}$ vuodessa. Polttoaineen maksaessa 0,90€ litralta, on siitä aiheutuva kustannus appeen sekoittamisesta vuodessa lyhimmän sekoitusajan mukaan; $365 \text{ vrk} * 3,9 \text{ l} * 0,9 \text{ €} = 1281,15 \text{ €}$. Pisimmän sekoitusajan mukaan laskettuna kustannukseksi tulee; $365 \text{ vrk} * 7,34 \text{ l} * 0,90 \text{ €} = 2411,19 \text{ €}$ vuodessa.



Kuvio 15. Polttoaineen kulutuksen suhde sekoitusaikaan.

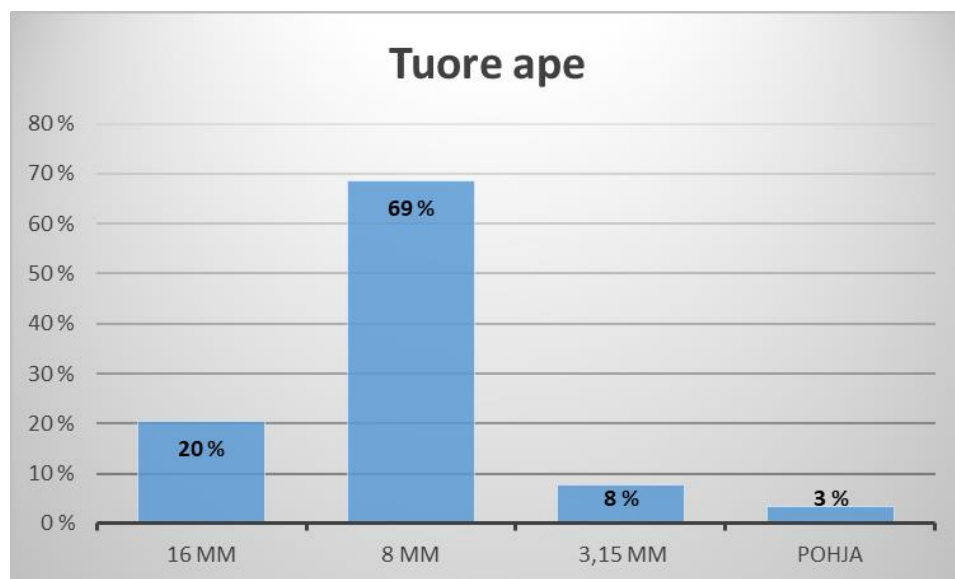
6.4 Testi tuoreella appeella

Kuivatun appeen seulonnassa havaittujen ongelmien takia heräsi kysymys, onko työ mahdollista toteuttaa muulla tavalla. Ratkaisua haettiin yhdellä testillä, jossa seuloin tuoretta apetta. Tällä haluttiin saada selville voisiko tämä olla ratkaisu ongelmaan. Seulontaa tehdessä, seulonta aikaa jatkettiin kaksi kertaa, niin että näytettä seulottiin yhteensä 6 minuuttia. Tulosta tarkasteltiin 2 minuutin välein ja samalla myös ylimmällä tasolla olevaa apetta hieman käännettiin, jotta se seuloontuisi paremmin. Tuore ape vaati selvästi pidemmän ajan seulonnassa kuin kuivattu, mutta toisaalta viljan parempi erottuvuus yllätti positiivisesti.



Kuvio 16. Seulottua tuoretta apetta.

Kuviosta 16 nähdään seulonnan tulosten jakauma, joka poikkeaa merkittävästi kuivatun appeen jakaumasta. Tuoreen appeen seulonnassa myös karkeimmalle käytössä olleelle seulalle (16mm) jäi jakeita, toisin kuin kuivatulla appeella. Seulajakeitten tarkemmassa tarkastelussa selvisi, että kaksi karkeinta seulaa pidättivät parhaiten säilörehun sekä hieman säilörehuun tarttunutta viljaa. Pienimmällä 3,15mm seulalle erottui parhaiten viljaa, sekä hieman pieniä säilörehujakeita. Pohjalle valui tässä testissä vain todella hienoa säilörehun ja viljan murua. Rypsirouhe oli hyvin tarttuneena säilörehuun ja sitä ei valunut pohjalle kuivattujen näytteiden tapaan.



Kuvio 17. Tulokset tuore ape.

Tuoreen appeen seulonnan tulos ei kuitenkaan vieläkään vastaa täysin opinnäytetyön kysymykseen appeen komponenttien tasaisesta jakaumasta. Kuitenkin tulos kuvaa paremmin lehmille syötettävän appeen säilörehun silpun pituutta ja jakaumaa kuin kuivattu näyte. Kuivatussa näytteessä säilörehu nahistuu niin merkittävästi, ettei se vastaa enää tuoretta säilörehua olomuodoltaan.

6.5 Tuloksien luotettavuus

Tulosten tarkkuuden tarkastelu täytyy aloittaa jo appeen teko vaiheesta. Appeen tekemisessä apuna oli apevaunun oma vaaka, joka ilmoittaa vaunuun lisätyn komponentin määrän kilon tarkkuudella. Varsinaisen vaa'an tarkkuuteen on kuitenkin tässä mahdoton ottaa kantaa, mutta toisaalta sama vaaka ja sen tarkkuus oli käytössä läpi testin. Komponenttien annostelun tarkkuus vaihtelee 1 kg muutamiin kymmeniin kiloihin. Tarkimmat annostelut kuten kivennäiset ja muut käsityönä lisättävät osuvat tarkkuudessaan alle kilon. Suurimmat vaihtelut tulevat säilörehun annostelussa. Vaihteluista johtuva virhemarginaali pysyy silti vain 2 %. Appeen jakamisessa kului erästä riippuen 10–12 min. Tätä ei ole huomioitu itse sekoitusaikaan vaan ne on pidetty erillisinä työvaiheina. Appeen kuivauksesta saadut tulokset ovat samanlaisia ja osoittavat ettei komponenteissa tapahtunut testin aikana merkittävää kuiva-aiheen vaihtelua, joka olisi osaltaan vaikuttaa lopputulokseen.

Tuloksista koottuja diagrammeja tulkitsemalla on muutamassa testissä saatu osittain odotettu ja ymmärrettävä tulos. Esimerkiksi 20 minuutin erän seulonnassa ruokintapöydän alkupäästä otettu näyte sisälsi loppupäästä otettua näytettä enemmän kärkeä rehuainesta, joka osoittaa appeen silppuuntumista jakovaiheessa ja osittain liian vähäistä sekoitusaikaa. Sitten taas 30 minuutin näytteen ja 35 minuutin näytteen välisiin eroihin ei löytynyt järkevää selitystä. Mahdollista on, että siilosta otettu säilörehu on ollut erilaista ja se on vaikuttanut tulokseen. Toinen, ehkä todennäköisempi syy tulosten poikkeamille on säilörehun murustuminen seulonnassa. Murustumiseen on mahdollisesti vaikuttanut myös se, minkälaista säilörehuainesta erä on sisältänyt. Kuivattu lehtimassa murenee helpommin kuin kuivattu korsi.

Polttoaineen kulutuksen mittaus tehtiin täyttämällä tankki mittakannun avulla sekoituksen jälkeen takaisin lähtötilanteeseen. Virhe marginaalia tällä menetelmällä tulee

mittakannun asteikosta johtuen +/- 1 cl. Lisäksi tankin täyttämässä tapahtuvan virheen arvioin olevan korkeintaan 5 cl. Yhteensä näistä johtuva virhemarginaali polttoaineen mittaustarkkuudessa on 1,5 % ja 0,8 % välissä, kun polttoaineen kulutuksesta saatu aineisto vaihtelee 3,9 – 7,34 litran välillä.

7 Johtopäätökset

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella appeen sekoituksen energian optimointia, jota pyrittiin selvittämään tarkastelemalla appeen rakenteellista laatua ja polttoaineen kulutusta. Appeen laatua haluttiin tutkia siltä osin, että onko appeessa käytettävät komponentit sekoittuneet tasaisesti. Alussa oli jo selvää, ettei kaikkia komponentteja pystytä erottelemaan tässä työssä. Esimerkiksi kivennäisten osuuden tutkiminen olisi ollut haastavaa, koska ne sisältävät paljon suoloja, jotka liukenevat ja näin ollen eivät ole havittavissa seulonnan avulla. Muut käytössä olleet komponentit säilörehu, viljaseos, härkäpapu ja rypsirouhe oli tarkoitus saada eroteltua toisistaan ja verrata niiden suhdelukua alkuperäiseen reseptiin. Näytteiden tutkimiseen otettiin avuksi näytteiden kuivaus ja seulonta, jolla haluttu lopputulos olisi ollut tarkoitus saavuttaa. Näytteet kuivattiin ennen seulontaa, jotta eri komponentit olisivat saatu helpommin erilleen. Ongelmaksi havittiin jo alussa kuivatun säilörehun murustuminen seulastolla. Murustunut säilörehu valui pohja tasolle ja näin ollen haittasi merkittävästi lopputulosta. Lisäksi todettiin ettei myöskään muita jakeita saatu selottua halutulla tavalla erilleen. Tästä johtuen tuloksiakaan ei pystytä esittämään komponenttien suhteina toisiinsa vaan tulokset kuvaavat vain yleisesti appeen jakeitten koon jakaumaa. Seulonan tulosten huonosta menestyksestä johtuen ei voitu myöskään ottaa kantaa, mikä sekoitusajoista olisi ollut optimaalisin polttoaineen kulutuksella ja appeen tasaisuudella mitattuna. Polttoaineen kulutuksen mittauksista voidaan kuitenkin tehdä joitakin havaintoja, koska ape alkaa hienontua riittävästi ja moottorin kuormitus laskee. Työn alussa mainitsen yhdeksi pohdittavaksi asiaksi komponenttien kuiva-aineen merkityksen sekoittuvuuteen ja tasalaatuisuuteen. Näitä ei tutkimuksessa päästy toteamaan, koska merkittävää kosteuden vaihtelua ei apekertojen välillä tapahtunut ja seulonnan epäonnistumisen vuoksi, ei tuloksia tasalaatuisuudesta saatu.

Jotta tästä työstä ja aiheesta saataisiin toimivammat tulokset, tulisi uudistaa tutkimusmenetelmää. Se voisi olla polttoaineen mittauksen suhteen samanlainen kuin tässä työssä, mutta valmiin rehuseoksen analysointi tulisi tehdä toisin. Appeen seulonnan voisi suorittaa tuoreella appeella, käyttäen penn state particle separator – rehuseulaa. Tällöin tarkasteltaisiin appeen rakennetta ja sen jakaumaa kuten tässäkin työssä. Erona olisi kuitenkin ettei apetta esikäsitellä millään tavoin, vaan tulos kuvaisi appeen partikkeli jakaumaa. Vertailemalla eri sekoitusaikoja voitaisiin havaita paremmin rehun hienontuminen tai vastaavasti rehun jääminen liian pitkäksi. Vaatimustason nostamiseksi voisi työhön liittää myös muita tekijöitä, kuten esimerkiksi vaunun terien kunto, appeen ja sen komponenttien kosteus ja komponenttien täyttöjärjestys.

Lähteet

- Ahokas, J. & Turunen, M. 2013 Energiankulutus ja säästö karjataoudessa. Energia akatemia. Toim. Ahokas, J. Viitattu 30.5.2018. <http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/60/Karjatalousrakennukset%20ja%20koneet.pdf>.
- Alasuutari, S. Manni, K. Rautala, H. 2010. Lypsylehmän ruokinta ja hoito. Ruokinan perusteet. 3 uud. p. Opetushallitus. Vantaa: Juvenesprint Oy. Viitattu 13.5.2018.
- Hulsen, J. & Aerden, D. 2014. Ruokintahavaintoja. Viitattu 15.5.2018.
- Hulsen, J. 2007. Lehmähavaintoja. Porvoo: WS Bookwell Oy. Viitattu 15.5.2018.
- Ikäläinen, K. & Kettunen, T. 2016. Seosrehun tasalaatuisuus. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Viitattu 30.5.2018.
- Koivisto, H. 2015. Itsekulkeva apevaunu Scariboldi Suomeen. Maaseutumedia. Viitattu 15.5.2018. <http://www.maaseutumedia.fi/scariboldi-itsekulkeva-apevaunu-suomeen/>.
- Kulkas, L. 2015. Tiedosta ja hallitse seosrehutilan ongelmat. Maito ja Me 3/2015. Viitattu 6.2.2019. <http://www.maitojame.fi/artikkelit/tiedosta-ja-hallitse-seosrehutilan-ongelmat/1596007>.
- Kyntäjä, J., Nokka, S. & Harmoinen, T. 2010. Lypsylehmän ruokinta. Tieto tuottamaan. ProAgria Keskusten Liitto. Hämeenlinna. Viitattu 30.5.2018.
- käyttökustannus esimerkki. 2011. Koneviesti 7. viitattu 15.5.2018.
- Myllylä, H. 2019. Rehunäytteiden kuivaus. Valio rehulaboratorio. Sähköposti keskustelu 4.2.2019. Viitattu 3.3.2019.
- Peecon seosrehuruokinta. N.d. Viitattu 15.5.2018. <https://www.tomaskiellman.fi/koneet/peecon-seosrehuruokinta>.
- Post, L. 2016. Miten estää seosrehun lajittuminen. Maito ja Me 29.9.2016. Viitattu 6.2.2019. <http://www.maitojame.fi/artikkelit/miten-estaa-seosrehun-lajittuminen/5991876>.
- Seko Samurai. N.d. Turun Konekeskus. Viitattu 15.5.2018. <https://www.turunkonekeskus.fi/tuotteet/maatalouskoneet/seosrehuvaunut/vaakaruuuvaunut/seko-samurai.html>.
- Säilörehun ja seoksen kuiva-aineen seuranta. N.d. Seosruokinan toteuttaminen. Verkkojulkaisu farmit.net. Viitattu 26.3.2019. <https://www.farmit.net/kotielain/lypsylehma/ruokinta/seosrehuruokinta/seosruokinan-toteuttaminen>.
- Turtiainen, M. 2011. Aperuokinta kiinnostaa yhä useampaa. Koneviesti 7, 74-75. Viitattu 15.5.2018.
- Turtiainen, M. 2011. Apetta eteen, mutta sähköllä vai traktorilla. Koneviesti 7, 85. Viitattu 15.5.2018.

Turtiainen, M. 2017. Erityyppiset vaunut eri tilanteisiin. Appeenteko on taitolaji. Koneviesti 7, 41. Viitattu 15.5.2018.

Turtiainen, M. 2011. Punainen mylly Hollannista. Koneviesti 7, 76. Viitattu 15.5.2018.

Turunen, M. 2013. Energian kulutus ja säästö karjataloudessa. Energia akatemia.

Toim. Ahokas, J. Viitattu 30.5.2018. <http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/60/Karjatalousrakennukset%20ja%20koneet.pdf>.