



SAVONIA



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
LUONNONVARA- JA YMPÄRISTÖALA

SEOSREHURUOKINTA- JÄRJESTELMÄN VAIKUTUS ENERGIANKULUTUKSEEN JA KUSTANNUKSIIN

TEKIJÄ:

Mikko Partanen

Koulutusala Luonnonvara- ja ympäristöala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Agrologin tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä(t) Mikko Partanen			
Työn nimi Seosrehuruokintajärjestelmän vaikutus energiankulutukseen ja kustannuksiin			
Päiväys	19.5.2018	Sivumäärä/Liitteet	45/1
Ohjaaja(t) Jarkko Partanen, Heli Wahlroos			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) NHKdairy OY, Simo Jokinen			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Maitotilojen koko on kasvanut Suomessa jo useamman vuoden. Yhdellä tilalla on entistä enemmän lehmiä ja yli 50 eläimen karjojen määrä lisääntyy. Uudet navetat ovat lähes poikkeuksetta pihattonavetoita, joissa on yli 50 lehmää. Tulevaisuudessa samansuuntainen muutos tulee jatkumaan. Pihattonavetoissa eläimet ruokitaa pääsääntöisesti seosrehuruokintajärjestelmällä.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja vertailla seosrehuruokintajärjestelmien energiankulutusta, työajankäyttöä, hankintahintoja, huoltohintoja ja rakennuksia. Tutkimuksen kohteena oli neljä eri järjestelmää, automaattinen matoruokkija, automaattinen kiskoruokkija, automaattinen sekoitus- ja ruokintarobotti sekä hinattava apevaunu. Tuloksia vertailtiin kokonaisuutena ja yksittäisillä osa-alueilla. Työssä pääpaino oli energiankulutuksessa ja työajankäytössä. Toimeksiantajana toimi NHKdairy Oy.</p> <p>Tutkimuskohteet olivat kahden robotin tiloja, joissa tutkimuksen kohteena olivat lypsy- ja umpilehmät. Yksi tiloista oli kuitenkin kolmen robotin navetta. Tilan työaikaa suhteutettiin eläinmäärään. Tutkimuksessa oli mukana kaksi tilaa jokaisesta ruokintajärjestelmästä. Tiloilla tutkittiin ruokintajärjestelmien moottorien tehot ja moottorien käyntiajat. Energiankulutus laskettiin Erkka-hankkeen laskurilla, johon syötettiin moottorien teho ja käyntiajat. Työajankäyttö selvitettiin GoPro-kameralla, ja osalla tiloista aika piti mitata perinteisesti kellolla. Yhdellä tilalla työajankäyttö voitiin tarkistaa valvontakameroiden tallenteista. Kameran kuvista tai tilanväen kellotusajoista laskettiin työajankäyttö. Hankintahinnat ja huoltohinnat tutkittiin pelkästään haastattelemalla tilallisia. Lisärakennusten hankintahinnat määritettiin laskemalla rehuhuoneiden koko neliöissä ja määritettiin neliöhinta.</p> <p>Vertailukelpoisia tuloksia saatiin melko hyvin kaikilta tiloilta. Muutamia tuloksia ei kaikilta tiloilta saatu tai voitu käyttää, joten niiden osalta vertailuun tulivat vain yhden tilan tiedot. Työhön saatiin kuitenkin vertailutietoja joka järjestelmästä ja joka osa-alueelta. Odotetusti automaattisten ruokintajärjestelmien hankintahinnat olivat kaikkein suurimmat ja apevaunujärjestelmän pienimmät. Työtunnit ja energiankulutus taas olivat kaikkein suurimmat apevaunujärjestelmässä ja automaattisten vaihtoehtojen pienimmät huoltohinnat olivat kohtalaisen tasaisia kaikissa järjestelmissä. Lisärakennuksien osalta kallein oli sekoitus- ja ruokintarobotti, ja apevaunuilla ei ollut varastoja lainkaan. Kalleimmaksi järjestelmäksi kokonaisuudessaan tuli kiskoruokkijajärjestelmä ja halvimmaksi matoruokkijajärjestelmä. Tuloksista saa helposti ja nopeasti suuntaa antavia vertailutietoja ruokintajärjestelmistä. Työlle saisi helposti jatkoa, kun uuden tutkimuksen keskittäisi kokonaan energiankulutukseen ja työajankäyttöön. Vertailutiloja tulisi ottaa enemmän ja laskea energiankulutus sähkömittarilla. Uudessa työssä tulisi varata aikaa riittävästi kuvaamaan ruokintalaitteen käyttöön kuluvaa työaikaa.</p>			
Avainsanat ruokinta, energiankulutus, työaika			

Field of Study Natural Resources and the Environment			
Degree Programme Degree Program in Agriculture and Rural Development			
Author(s) Mikko Partanen			
Title of Thesis The impact of mixed feeding systems to energy consumption and expenses			
Date	19.5.2018	Pages/Appendices	45/1
Supervisor(s) Jarkko Partanen, Heli Wahlroos			
Client Organisation /Partners NHKdairy OY, Simo Jokinen			
<p>Abstract</p> <p>The size of dairy farms in Finland has grown for several years now. A single farm has more cows compared to before and the amount of farms with over 50 cows is increasing. New cow houses are almost without exception free stall barns with over 50 cows. Similar changes are going to be happening in the future. In free stall barns the animals are mainly fed with mixed feeding systems.</p> <p>The purpose of this thesis was to research and compare the energy consumption, working hours, constructions, purchase and maintenance prices of mixed feeding systems. The targets of this research were four different feeding systems. An automatic conveyer feeder, automatic rail suspended feed wagon, automatic mixing and feeding robot along with a mobile mixer wagon were compared to each other as a whole, and on smaller detailed areas. NHKdairy Oy worked as a client organisation. The study concentrated mostly on farms with two robots, with milking and dry cows as objects of research. However, one of the farms had a three robot cow house, expenses of which were put into perspective compared to the other farms.</p> <p>The study was carried out by examining every (previously listed) feeding system on two different farms. The power of the motors and the time they were running was examined. Energy consumption was counted with the calculator of Erkkä project. The power and the operating time of the motors was entered in to the calculator. Working hours were found out by using a GoPro camera on some farms, and on others it was measured traditionally. On one of the farms the working hours were checked from the surveillance cameras. The purchase and maintenance prices were researched only by interviewing the farmers. The purchase price of the additional constructions was determined by calculating the size of the fodder storages and defining the price of a single construction square meter.</p> <p>Comparable results were received rather well from all farms. Nonetheless, some of the results were unusable, so few pieces of the data came from only one of the farms. Information was still able to be gathered from all of the farms and different areas of the research.</p> <p>The purchase prices of the automatic feeding systems were the highest and those of the mixer wagon systems the lowest, as expected. Construction and energy consumption were the highest in the mixer wagon system and the lowest with the automatic alternatives. Maintenance prices though, were moderately the same in all systems. The most expensive additional construction was the automatic mixing and feeding robot. The rail suspended feed wagon system was the most expensive, and the conveyer feeder the cheapest machinery in its entity. The results can give easy comparable information on the different feeding systems. It would be good to focus entirely on the energy consumption and construction as a topic for further study. There should just be more different farms in addition to counting the energy consumption with an electricity meter and taking more time to film the feeding systems.</p>			
<p>Keywords</p> <p>feeding, energy consumption, working hours</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	RUOKINTAJÄRJESTELMIEN TUTKIMUKSET	6
2.1	Energia-akatemia	6
2.2	Erkka-hanke	6
3	SEOSREHURUOKINTAJÄRJESTELMÄT	8
3.1	Automaattinen matoruokkija	8
3.2	Automaattinen kiskoruokkija	11
3.3	Automaattinen sekoitus- ja ruokintarobotti	13
3.4	Hinattava apevaunu	15
4	TYÖN KUVAUS	17
4.1	Työn toteutus	17
4.2	Avainsanat	18
4.3	Eettisyys- ja luotettavuuskysymykset	19
5	TUTKIMUSTILAT JA TULOKSET	21
5.1	Tila 1: automaattinen matoruokkija	21
5.2	Tila 2: automaattinen matoruokkija	23
5.3	Tila 3: automaattinen kiskoruokkija	26
5.4	Tila 4: automaattinen kiskoruokkija	28
5.5	Tila 5: automaattinen sekoitus- ja ruokintarobotti	31
5.6	Tila 6: automaattinen sekoitus- ja ruokintarobotti	32
5.7	Tila 7: hinattava apevaunu	34
5.8	Tila 8: hinattava apevaunu	36
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	38
7	PÄÄTÄNTÖ.....	42
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	44
	LIITE 1: SÄHKÖN JA POLTTOAINEEN HINTOJEN LASKELMAT	46

1 JOHDANTO

Vuonna 2014 Suomessa oli 9 063 lypsykarjatilaa ja tilojen keskikoko oli reilut 31 lehmää. Lypsylehmien määrä kasvoi vuoteen 2016 mennessä 35 eläimeen tilaa kohti. Samalla tilojen määrä laski 8 069 tilaan. Tiloja, joiden eläinmäärä oli yli 50 kappaletta, oli hieman yli 16 prosenttia vuonna 2014 ja vuonna 2016 yli 50 lehmän tiloja oli jo 20 prosenttia kaikista tiloista. Kahden vuoden aikana alle 50 eläimen tilat ovat vähentyneet ja yli 50 eläimen tilat lisääntyneet. Uudet rakennetut navetat ovat kooltaan yli 50 lehmän tiloja. (Luke s.a.b.) MTK:n teettämän kyselyn mukaan Suomessa olisi vuonna 2020 enää 5 450 lypsykarjatilaa. Siitä huolimatta maitoa tuotettaisiin 2 335 miljoonaa litraa. Viime vuonna tuotanto oli lähes sama. Viisi miljoonaa litraa enemmän ja tiloja oli 7 400. Eli tulevaisuudessa maitotilojen koko kasvaa ja maitotuototos paranemaan. (MTK 2014)

Marika Toivonen (2010, 22) toteaa opinnäytetyössään, että seosrehuruokintaa käyttävät tilat, joilla on pihattonavetta. Kuten Luken tilastoista käy ilmi, usein uudet navetat ovat entistä suurempia. Näin ollen uusissa navetoissa käytetään useimmiten seosrehuruokintaa. Siksi on tärkeää pystyä vertailemaan erilaisten ruokintajärjestelmien energiankulutusta ja muita kustannuksia, jotta investoivat tilat tuntisivat laitteiden käyttökustannuksia paremmin.

Tavoitteena on, että työstä saatavien tulosten perusteella voidaan tehdä ainakin suuntaa antavaa vertailua eri ruokintavaihtoehtojen välillä. Työn tavoitteena on saada selville kustannuksia erilaisista ruokinnan vaihtoehtoista. Erilaisten ruokintamenetelmien kustannuksia selvitetään vieraillemalla useilla eri tiloilla ja mittaamalla kustannuksia työn, energiankulutuksen, huoltokustannusten ja hankintahinnan kautta. Tämän lisäksi otan huomioon, mitä muita laitteita tai tiloja ruokintaan tarvitaan, esimerkiksi apevaunun säilytystila tai täyttöpöytien vaatima rehuhuone. Vertailuun otin vaihtoehtoisiksi neljä eri järjestelmää: automaattisen matoruokkijan, automaattisen kiskoruokkijan, automaattisen sekoitus- ja ruokintarobotin ja hinattavan apevaunun.

Tulosten pitäisi helpottaa ruokintajärjestelmän valintaa tutkittujen ominaisuuksien osalta. Tarkoitus on tutkia jokaista vaihtoehtoa puolueettomasti ja tasavertaisesti, sekä luoda todellisuutta vastaava ja helposti luettava vertailu. Opinnäytetyön toimeksiantaja saa työstä tutkimustuloksia, joita voi käyttää omiin tarkoituksiinsa.

Työn toimeksiantajana on NHKDairy OY. Yhteyshenkilöni NHKdairy Oy:n puolelta on Simo Jokinen. Toimeksiantaja on tärkeä kumppani työssä, koska hänen kauttaan olen saanut yhteyden tiloihin, joilta olen kerännyt tietoja työtäni varten. Tunnen itsekin joitakin tiloja, mutta toimeksiantajan kautta tilojen kattavuus ja soveltuvuus ovat parempia.

2 RUOKINTAJÄRJESTELMIEN TUTKIMUKSET

Energiankulutuksesta maataloudessa on tehty ja tehdään paljon tutkimuksia. Etenkin nykyään, kun energian säästäminen on tullut kaikessa rakentamisessa ja toiminnassa paljon esille, kaikki koneet, laitteet, rakennukset ja prosessit pyritään tekemään mahdollisimman energiatehokkaiksi. Energiatehokkuutta edistetään myös politiikalla. Yhtenä hyvänä esimerkkinä ovat rakennusten energialuokat. Samaan tapaan monissa kodinkoneissakin on energialuokat.

2.1 Energia-akatemia

Yhtenä esimerkkinä tutkimuksista on Energia-akatemia, joka on Helsingin yliopiston, Seinäjoen ammattikorkeakoulun ja Jyväskylän ammattikorkeakoulun yhteinen hanke. Energia-akatemia on tutkinut traktoriin vaikuttavia voimia ja työvaiheiden kuluttamaa energiaa. Se on tuottanut paljon energiatietoa eri tuotantosunnista ja rakentamisesta. (Energia-akatemia s.a.)

Yksi Energia-akatemian julkaisuista on Energiankulutus ja -säästö karjataloudessa. Raportissa on laajat selvitykset ilmanvaihdesta, ruokinnasta, valaistuksesta ja tuotantorakennuksista. Lisäksi osiot on eritelty nauta-, sika- ja broileritalouteen. Raportissa on tietoa myös opinnäytetyöni aihealueesta, eli seosrehun jakamisen energiakustannuksista, tosin siinä esitellään vain kattokiskoilla kulkevaa jakovaunua ja polttomootorikäyttöisiä vaihtoehtoja. Julkaisussa appeen eli seosrehun valmistuksesta, todetaan näin: ”Väki- ja karkearehujen sekoittamisessa eli appeen valmistuksessa [--] energiankulutus vaihtelee kiskoilla kulkevien sekoittimien muutamasta kymmenestä kWh/lehmä/a [Hörndahl 2008] hinattavien apevaunujen jopa yli 1000 kWh/lehmä/a kulutukseen” Toisaalta todetaan myös että apevaunujen energiankulutuksessa on suuria vaihteluita ja niiden kulutuksesta tarvitaan lisää tutkimuksia. Turunen toteaa matoruokkijan energiankulutukseksi lähes saman kuin kiskoruokkijalle. Kuitenkin vaihteluväli voi olla 10 – 100 kiloWattituntia/lehmä vuodessa. (Turunen 2013. 56.)

Suoria johtopäätöksiä tuloksista on kuitenkin hankala tehdä, koska muu koneistus ketjussa jää selittämättä. Lisäksi tuloksista voidaan päätellä, että energiankulutus voi vaihdella samantapaisilla järjestelmillä suurestikin. Jos matoruokkija voi kuluttaa 10 kiloWattituntia tai 100 kiloWattituntia, on ero todella suuri. Näin ollen olosuhteet ja laitteiston toimivuus vaikuttavat myös energiankulutukseen huomattavasti.

2.2 Erkka-hanke

Savonia-ammattikorkeakoululla on ollut Erkka-hanke, joka on tutkinut energiatehokasta tuotantorakennusta. Erkka-hankkeen puitteissa on tehty ainakin energiankulutuslaskuri ruokintajärjestelmiin. Työssäni aion käyttää ainakin Erkka-hankkeen laskuria vertaamaan saatuja tuloksia laskurin tuloksiin. (Savonia-AMK s.a.a.)

Erkka-hankkeessa toteutetussa energialaskurissa on laskurit täyttöpöydille, kiskoruokkijalle, matoruokkijalle, apevaunulle, kiinteälle apesekoittimelle, traktorille ja monelle muulle. Laskurissa on myös

hankintakustannuslaskuri, ja sillä voidaan luoda kaavioita ja yhteenvetoja. Laskuriin syötetään polttoöljyn ja sähkön hinta. Sen jälkeen syötetään ruokintalaitteiden tietoja, käyntimääriä ja kertoja. Excel laskee, kuinka paljon kyseisillä arvoilla energiaa kuluu ja kuinka paljon se maksaa. Laskurilla pystyy tekemään myös hyvin paljon erilaisia kaavoja ja yhteenvetoja, joilla voi vertailla eri vaihtoehtoja. Kaiken kaikkiaan laskuri vaikuttaa erittäin hyvältä työkalulta energiankulutuksen vertailuun vertailuun. Haittapuolena mielestäni kuitenkin on, ettei Erkkä-hankkeen sivuilta löydy minkäänlaisia raportteja kyseisestä aiheesta.

3 SEOSREHURUOKINTAJÄRJESTELMÄT

Tutkittaviksi vaihtoehtoisiksi valikoitui neljä eri ruokintajärjestelmää: kolme automatisoitua (matto- ja kiskoruokkija, sekoitus- ja ruokintarobotti) ja yksi, jossa työntekijä jakaa rehun (hinattava apevau- nu). Kyseiset ruokintajärjestelmät on otettu mukaan tutkimukseen, koska ne ovat yleisimmät vaihto- ehdot uusissa navetoissa. Niiden laitteistot ja toimintaperiaatteet eroavat toisistaan, jolloin myös käyttö- ja huoltokohteet ja työajan tarve ovat erilaiset.

3.1 Automaattinen matoruokkija

Automaattinen matoruokkija koostuu erilaisista rehua siirtävistä- ja sekoittavista laitteista ja ohjaus- laitteesta, eli tietokoneesta, joka ohjaa kaikkia toimintoja. Järjestelmä vaatii rehuhuoneen, jonne laitteet sijoitetaan, ja rehuhuone on navetan yhteyteen. Rehuhuoneessa on täyttöpöytä, matoruok- jettimia ja kiinteä apesekoitin. Yleensä järjestelmän ohjauskeskus on samassa tilassa.

Täyttöpöytiä on vähintään yksi, riippuen navetan koosta ja seokseen tulevien eri säilörehulaatujen määrästä. Seoksen laadun mukaan ohjauskeskus määrittää, mitä rehuja järjestelmä ottaa, jolloin saadaan sopiva seos. Täyttöpöytä toimii rehun välivarastona, ja se täytetään kerran päivässä tai harvemmin. Täyttöpöytään voidaan asentaa repijät, jotka sallivat erilaisten rehutyyppeiden käytön. Täyttöpöydältä rehu kuljetetaan apesekoittajaan tai erillisruokinnassa suoraan matoruokkijalle. Täyttöpöytiä myy useampi eri toimija, esimerkkinä DeLaval ja Pellon Group. Täyttöpöytä täytetään edestä kuormaajalla. Ketjukuljetin taas siirtää rehua pöydällä (Kuva 1.) Täyttöpöytä toimii sähkö- moottoreilla, jotka pyörittävät ketjukuljetinta ja mahdollisia repijöitä.



KUVA 1. Täyttöpöytä, Pellon Group (Partanen 2015-10-01.)

Täyttöpöydältä rehu siirtyy joko mattokuljetinta pitkin tai suoraan apesekoittimeen. Tässä esimerkissä rehu putoaa täyttöpöydältä suoraan kiinteään apesekoittimeen (kuva 2).



KUVA 2. Täyttöpöytä siirtää rehua apesekoittimeen (Partanen 2018-04-20.)

Kuljetinta käytetään myös rehunjaossa ruokintapöydälle. Mattokuljetin on kuminen matto, joka on pingotettu rullien ympärille. Kuljettimen toisessa päässä on sähkömoottori, joka pyörittää mattoa. (kuva 3.) Mattokuljetin on keskeltä tyhjän päällä, jolloin siihen muodostuu pieni v-kuvio, jolloin rehu pysyy hyvin maton päällä. Myös mattokuljettimia ja -ruokkijoita tekevät useat eri valmistajat, esimerkiksi GEA.



KUVA 3. Mattoruokkijan sähkömoottori (Partanen 2018-04-20.)

Kiinteän apesekoittimen tarkoitus on sekoittaa korsirehu ja väkirehu keskenään tasaiseksi massaksi, silloin eläimet saavat syödä tasa- ja hyvälaatuista seosrehua, joka ei jaotu ja on tarpeeksi pienijakoista. Apesekoittimissa on sekoitusruuveja pysty- tai vaaka-asennossa, esimerkissä on kaksi pystyruuvia (kuva 4.) Pienimmissä laitteissa ruuvit ovat yleensä pystyasennossa. Kiinteän apesekoittimen käyttövoima tulee sähkömoottorista.



KUVA 4. Apesekoitin kahdella pystyruuvilla (Partanen 2018-04-20.)

Apesekoittimen jälkeen matoruokija kuljettaa rehumassan lehmien eteen ruokintapöydälle. Matoruokija on paljon pidempi kuin kuljetin (kuva 5). Matoruokija voi koostua useammasta eri matosta, ja yksittäinen laite voi olla kymmeniä metrejä pitkä. Matoruokijalla on aura, joka työntää rehun alas ruokintapöydälle (kuva 6). Matoruokija ei vaadi leveää ruokintapöytää, minkä vuoksi navetan koko pysyy hieman pienempänä.



KUVA 5. Matoruokija (Partanen 2018-04-20.)



KUVA 6. Mattoruokkijan aura (Partanen 2018-04-20.)

Järjestelmä vaatii toimiakseen myös traktorin tai jonkun vastaavan, jolla täyttöpöydälle lastataan karkearehu. Lisäksi väkirehun täyttöön vaaditaan koneet ja laitteet, mutta ne ovat joka järjestelmässä melko samanlaiset. En ota niitä huomioon laskelmassa, koska väkirehun täyttö voidaan toteuttaa samalla tavalla kaikissa vaihtoehdoissa.

3.2 Automaattinen kiskoruokkija

Kiskoruokkijan koneistus on samanlainen kuin matoruokkijan. Ainostaan rehunjakolaite on erilainen. Tässä vaihtoehdossa seosrehu jaetaan kattokiskoa pitkin kulkevalla kiskoruokkijalla (kuva 7). Rehun kulku kiskoruokkijaan on täysin samanlainen kuin matoruokkijalla. Apesekoittimesta seosrehu kulkee matoruokkijaa pitkin jakovaunuun (kuva 8).



KUVA 7. Kiskoruokkija (Partanen 2018-04-20.)

Tässä järjestelmässä mattokuljetin tuli seinän läpi navetan puolelle. Kiskoruokkija ajoi täyttöpaikka kohdalle. Kiskoruokkijan ollessa täyttöpaikalla, mattokuljetin täytti vaunun. (kuva 7.)



KUVA 8. Kiskoruokkijan täyttöpaikka (Partanen 2018-04-20.)

Vaunu kulkee kiskoa pitkin eläinten ruokintapöydille ja jakaa rehun. Vaunussa on yleensä jonkinlainen sekoitin, joka tyhjentää vaunun. Kiskoruokkija käyttää voimanlähteenään sähköakkuja ja joissakin malleissa kiskossa kulkee virtakaapeli, josta laite saa sähköä. Joissakin malleissa on myös virtakisko (Kuva 9).



KUVA 9. Virtakisko on vasemmalla ja vaunun kisko oikealla puolella (Partanen 2018-04-20.)

Järjestelmä vaatii kutakuinkin saman verran työtä kuin mattoruokintajärjestelmä eikä eroavaisuuksia ole kuin jakolaitteessa. Myös tämä järjestelmä pystyy liikkumaan kapealla ruokintapöydällä, joten kustannukset ja laitteet ovat jakovaunua vaille samat.

3.3 Automaattinen sekoitus- ja ruokintarobotti

Yksi ruokinnan vaihtoehto on robotti, joka sekoittaa komponentit ja jakaa rehun. Automaattinen sekoitus- ja ruokintarobotti hoitaa seosrehun tekemisen ja jakamisen navettaan. Robotti myös työntää samalla pöydällä olevan rehun lähemmäs lehmiä ja mittaa onko tarvetta jakaa rehua lisää. Laite siis määrittää myös rehunjaon tarpeen. Ihmistyötä vaaditaan vain, kun rehukeittiöön lisätään rehua. Suomessa tällaisia järjestelmiä on vain Lelyn Vector. Tälle järjestelmälle ominainen rehukeittiö on erillinen tila, jossa sijaitsee välivarastoitu rehu, rehukahmari ja robotin lastausalue. Rehukahmari on nosturirakenteinen laite, joka lisää robottiin rehut (kuva 10). Rehukeittiö voi sijaita navetan yhteydessä tai aivan omassa rakennuksessaan. Rehukeittiön koosta riippuen sinne voi varastoida jopa kolmen päivän rehuntarpeen. Rehukeittiöön siirretään korsirehu traktorilla. Siellä joka rehulaadulla on oma alueensa, jonne ne varastoidaan. Rehukahmarille on ohjelmoitu jokaisen rehun sijainti, josta se poimii rehun robottiin. Näin voidaan valmistaa erilaisia reseptejä eri eläinryhmille. Robotin toimintaa seuraa ja ohjaa Lelyn T4C-ohjelma, joka kerää yhteen ruokinnan tietoja. Rehukeittiössä tapahtuu myös väkirehunannostelu, samassa paikassa karkearehun täytön kanssa. (Lely s.a.b.)



KUVA 10. Rehukahmari (Jokinen 2018-04-26.)

Robotissa on vaaka, joka punnitsee eri komponentit ja pystyy tekemään sopivan seoksen. Robotti keskustelee langattomasti Vectori-järjestelmän eri laitteiden kanssa. Ilman tätä ominaisuutta tarkkojen seoksien teko olisi mahdotonta. Robotti on ohjelmoitu liikkumaan itsenäisesti navetan ja rehukeittiön välillä, ja se pystyy ruokkimaan useampaan navettaan. Robotti voi esimerkiksi ruokkia yhteen navettaan lypsylehmät ja toiseen navettaan umpilehmät sekä hiehot. Ohjelmoinnin mukaan robotti tekee eri eläinryhmille seoksen eri reseptillä. Navetassa robotti suunnistaa ultraäänisensorin avulla. Sen avulla robotti pysyy oikeassa suunnassa ruokinta-aidan vierellä. Samalla kun laite jakaa rehun ruokintapöydälle, se mittaa rehun korkeuden ruokintapöydällä ja arvioi, tarvitseeko eläinryhmälle jakaa rehua enemmän vai vähemmän. Samalla järjestelmä seuraa rehunkulutusta eläinryhmillä, jolloin ruokintaa on helppo säätää. Aina kun robotti ajaa ruokintapöydällä, se työntää entisiä rehuja lehmien ulottuville. Robotti toimii akulla, jota ladataan aina sen ajaessa itsensä laturiin varastointipaikalla (kuva 11). Robotti ei vaadi täysleveää ruokintapöytää, neljä- tai viisimetristä, mutta kuitenkin yli kolmemetrinen. (Lely s.a.a.)



KUVA 11. Sekoitus- ja ruokintarobotti (Jokinen 2018-04-26.)

3.4 Hinattava apevaunu

Kaksi viimeistä vaihtoehtoa ovat järjestelmiä, joissa työntekijän on itse tehtävä seos ja ruokkiminen. Tässä järjestelmässä ruokinta tehdään hinattavalla apevaunulla, jota vetää traktori (kuva 12). Tilasta riippuen ruokintakertojen määrä vaihtelee. Vaunun koko riippuu myös ruokintakertojen määrästä. Tässä vaihtoehdossa tarvitaan usein traktorille ja apevaunulle varastotilat, joista kertyy kuluja.



KUVA 12. Apevaunu ottamassa väkirehua (Rönkkö 2018-02-21.)

Apevaunu hinataan lähelle korsirehujen säilöntäpaikkaa ja toisella traktorilla lastataan reseptiin sopiva määrä karkearehua vaunuun. Seosta täytyy myös sekoittaa, jotta siihen saadaan sopiva koostumus. Apevaunussa on vaaka, jolla saadaan punnittua oikea määrä rehuja. Väkirehua voidaan lastata spiraalilla siilosta tai kauhalla varastosta. Kun seosta on sekoitettu tarpeeksi, ja koostumus on sopiva, jaetaan rehu ruokintapöydille. Ajettaessa navettaan traktorilla ja apevaunulla, ruokintapöydän pitää olla korkeampi ja leveämpi, kuin automaattisia rehunjakolaitteita käytettäessä. Apevaunun etuna on, että sillä voi jakaa rehua useampaan navettaan. Navetan koossa voi tietenkin säästää, jos

ruokinta tehdään visiirin läpi. Tällöin traktori ei aja navettaan vaan rehunjako tapahtuu visiiriseinän läpi. Järjestelmä saa voimansa traktorin ulosotosta, eli käyttövoimana on polttoöljy.

4 TYÖN KUVAUS

Tutkin erilaisten seosrehuruokintajärjestelmien energiankulutusta ja työajankäyttöä. Etsimme yhteistyössä toimeksiantajan kanssa tilat, joilla on noin 120 lypsylehmää ja umpilehmät. Tavoitteena oli saada tiloja tutkimukseen, joilla on automaattinen matoruokkija, automaattinen kiskoruokkija, automaattinen sekoitus- ja ruokintarobotti, hinattava apevaunu tai ajettava apevaunu, ja tutkia niiden energiankulutusta ja työajankäyttöä. Opinnäytetyö on tutkimus. Tietoa aiheesta olen etsinyt Erkka-hankkeesta ja Energia-akatemiasta. En saanut ajettavaa apevaunua mukaan tutkimukseen, koska tiloja joilla, on sellainen, on vähän eivätkä ne olleet halukkaita tulemaan mukaan tutkimukseen.

Työssä käyttämäni tunnusluku, jolla vertaan energian kulutusta, on kilowattitunti. Energia-akatemian tutkimuksessa todetaan, että energiankulutusta mitataan kilowattitunneilla, joka on lyhenteeltään kWh (Turunen 2013, 50). Omassa työssäni aion käyttää samaa mittayksikköä, koska sitä on helppoa verrata muihin tutkimuksiin. Esimerkiksi Erkka-hankkeessa tehty laskuri käyttää kWh:a yksikkönä ilmaistaessa energian kulutusta (Savonia-amk s.a.a.) Sitä myös käytetään yleisesti yksikköhintana sähkönhinnoittelussa ja myös polttoöljyn määrä on helppo muuttaa kilowattitunneiksi. On tärkeää pystyä vertailemaan eri järjestelmien energiankulutusta, kun laitteet käyttävät sähköä tai polttoöljyä energianlähteenä.

Lisäksi toinen tutkimuksen kohde on työajankäyttö. Työaikaa mittaan tunneissa, jotka muunsin euroiksi. Työssä käytän Luken ilmoittamaa maatalousyrittäjän tuntipalkkavaatimusta, joka on 15,90 euroa tunnissa (Luke s.a.a). Tehdyt työtunnit sai helposti muutettua euroiksi, jolloin kaikista vaihtoehtoista pystyi tekemään vertailun.

4.1 Työn toteutus

Käytännössä tutkimus toteutettiin niin, että kävin tiloilla tutkimassa, millaisia koneita ja laitteita niillä on. Samalla mittasin, kuinka kauan koneet ja laitteet pyörivät ruokinnan ja rehun valmistuksen yhteydessä. Haastatteleamalla selvitin, kuinka usein eläimet ruokitetaan ja samalla kysyin laitteiden huoltokustannuksia ja hankintahintoja.

Työajankäyttöä seurasin ensisijaisesti koulun kirjastolta lainatulla GoPro-kameralla. Asensin kameran esimerkiksi traktoriin, jossa se asetettiin ottamaan kuva tietyin välein. Kuvia selailemalla sain laskettu käytetyn työajan. Kuvia tarkasteli vain opinnäytetyön tekijä. Kuitenkin kameraa ei saatu kaikilla tiloilla toimimaan, jolloin työaikaa kellotti ruokintalaitteen käyttäjä.

Energiankulutuksen laskin syöttämällä tiedot Erkka-hankkeen laskuriin, jolla sain tulokset energiankulutuksesta. Lähtötietoja olivat koneiden käyntiaika ja sähkömoottorin teho. Vector-laitteiston osalta minun täytyi käyttää erikseen NHK:n mittaamia energiankulutustietoja. Toimeksiantajalta sain myös tiedon tilasta, jolla on sähkömittari Vector-laitteistossa.

Käytän sähkönhintana 11,48 senttiä kilowattituntia kohti. Se koostuu Savon Voiman nettisivuilta hankituista tiedoista. Siirtohintana on kausisähköllä kesällä 1,78 senttiä/kilowattia ja talvella 5,89 senttiä/kilowattituntia (Savon Voima s.a.b). Energian hinta on kesto-voiman kausisähköllä kesällä 5,04 senttiä/kilowattituntia ja talvella 6,02 senttiä/kilowattituntia (Savon Voima s.a.a). Hinnoissa ei ole mukana arvonnäkövero. Lisäksi sähköstä joutuu maksamaan 2,79 euroa/kilowattituntia sähkövero. Talvisähkön hinta on 14,14 senttiä/kilowattituntia ja Kesäsähkön hinta on 9,61 senttiä/kilowattituntia. Talvihinta on voimassa viisi kuukautta ja oletuksena on, että sähköä kuluu saman verran kesä ja talvipäivinä. Vuoden sähkökulutuksesta 41,4 % lasketaan siis talvisähköllä. Polttoaineen hintana käytän 0,728 senttiä/litra. Hinnat etsin Teboilin hintalaskurilla 3000 litran eräkoossa. Kesälaadun hintana käytän 0,72 euroa/litra ilman arvonnäköveroä Iisalmeen toimitettuna (Teboil 2018). Talvilaadun hintana käytän 0,74 euroa/litra ilman arvonnäköveroä ja Iisalmeen toimitettuna (Teboil 2018). Vuodesta käytetään samaan tapaan viisi kuukautta talvilaatua ja loput kesälaatua. Työajan hintana käytän aiemmin mainitsemani 15,90 euroa/tunti. Laitteiden hankintahinnat on jaettu kymmenelle vuodelle. Liitteestä 1 käy selville kuinka laskin polttoaineen ja sähkön hinnan keskiarvon.

Taulukko 1. Polttoaineen ja sähkön hinnat (alv 0 %) sentteinä.

	Hinta kesällä	Hinta talvella	Sähkön siir- to kesällä	Sähkön siir- to talvella	Sähkövero	Keskihinta
Sähkö snt/kWh	5,04	6,02	1,78	5,89	2,79	11,69
Polttoaine snt/litra	0,72	0,74				0,728

Hallin neliöhinta on teetettynä 150 – 200 euroa/m², Hännisen (2018-04-20) mukaan. Lisäksi maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa on asetettu varastotilan hyväksyttäviksi kustannuksiksi kylmän varaston osalta 280 euroa/m² ja eristetyn varaston osalta 350 euroa/m² (Maa- ja metsätalousministeriön asetus... 77/2018). Käytän rehuhuoneiden neliöhintana 300 euroa.

Kevyen polttoöljyn tiheys on 0,8 – 0,9, kun veden tiheys on 1 (TTL 2017). Kevyen polttoöljyn energiasisältö on 43 megajoulea/kilogramma (Kervinen, Parkkila ja Konttinen 2014, 85). Yksi kilowattitunti vastaa 3,6 megajoulea (Kervinen 2014, 69). Litra polttoöljyä painaa siis noin 850 grammaa ja sisältää 36,55 megajoulea energiaa. Litra kevyt polttoöljyä sisältää siis noin 10 kWh energiaa.

4.2 Avainsanat

Erillisruokinnassa eläimelle jaetaan sen tarpeen mukaan suunniteltu väkirehun määrä. Lehmä täydentää ruokintaansa vapaasti syömällä karkearehua, rehun saatavuuden ja syöntikykyänsä mukaan. (Kyntäjä, Toivakka, Rinne, Nokka KYNTÄJÄ, Juho, TOIVAKKA, Minna, RINNE, Marketta, NOKKA, Sanna ym. 2010, 91.)

Kiskoruokkija voi jakaa seosrehua tai pelkää korsirehua. Kiskoruokkija pystyy liikkumaan kapealla käytävällä, jo kaksi metriä on tarpeeksi leveä joillekin ruokkijoille. Käännöksissä kone tarvitsee hie-
man enemmän tilaa. Nimensä mukaan laite kulkee katossa kiinni olevaa kiskoa pitkin. (Karttunen 2010, 100.)

W = watt on yksikkö, joka kuvaa tehoa. Yksikkö kertoo kuinka paljon kone tarvitsee sähköä, jotta se toimisi. (Suomen sähköopas s.a.)

KW = kilowatti on watin kerrannainen, $1000\text{ W} = 1\text{ kW}$. (Suomen sähköopas, s.a.)

KWh = kilowattitunti on yksikkö, joka kuvaa energian kulutusta tunnin aikana. Laite joka on te-
holtan 1kW, kuluttaa yhden kilowattitunnin energiaa. (Suomen sähköopas, s.a.)

Mattoruokkija on yksinkertainen ja kevyt rehunsiirtoon tarkoitettu laite. Ruokintapöydän tarvitsee
olla vain puolitoistametriä leveä, tai leveämpi. Rehun täytyy tulla matolle tasaisesti, jotta laite toimii
hyvin. (Karttunen 2010, 101.)

Sekoitus- ja ruokintarobotti on laite joka sekoittaa, mittaa, työntää ja jakaa seosrehun. Laite on
ohjelmoitu liikkumaan navetan ja rehukeittiön väliä ja jakamaan rehun automaattisesti tarpeen mu-
kaan. Laite toimii sähköllä, sillä on oma erillinen lautaspisteensä. Rehukeittiössä rehukahmari täyt-
tää robotin, joka punnitsee komponentit ja sekoittaa rehut keskenään. (Lely s.a.c.)

Seosrehuruokinnassa eläin syö valmista väki- ja karkearehuseosta sen verran kuin kykenee. Täl-
löin eri komponentteja tulee samassa suhteessa. Seosrehun resepti määrittää kuinka paljon väki- ja
karkearehua seoksessa on ja missä suhteessa. (Kyntäjä ym. 2010, 91.)

4.3 Eettisyys- ja luotettavuuskysymykset

Jotta opinnäytetyö olisi hyvä ja laadukas, tulee työ tehdä eettisesti ja luotettavasti. Luotettavuuteen
liittyvät hyvät tieteelliset käytännöt. Näitä käytäntöjä ovat tutkimuksen huolellinen suorittaminen.
Tutkimus pitää siis tehdä niin, että sen voi toistaa. Lisäksi tähän liittyy tulosten huolellinen raportoin-
ti. Työn lähdeviitteiden tulee myös olla huolella laadittu, jotta tiedon alkuperä voidaan löytää. Tiedon
lähteen on oltava selkeästi merkitty, eikä toisen käden tietoa tule käyttää. Mikäli lähteitä ei ole mer-
kitty, katsotaan tämä plagioinniksi. Jo näillä elementeillä saadaan uskottava ja luotettava työ. (Poh-
jola 2007, 14.)

Tiloilla mitatut tulokset ovat tarkkoja ja huolella otettuja. Kuitenkin tilojen määrä ei ole kovin suuri.
Tutkimuksessa vaadittavaan tarkkuuteen tutkimustilojen määrä on kohtalaisen hyvä. Suurempi mää-
rä vertailutiloja ja vertailumittauksia parantaa kuitenkin aina tuloksia. Erkkä-hankkeen laskurissa
moottorien kokoa ei aina pystynyt valitsemaan riittävän tarkasti, kymmeniä ja satoja watteja jäi jois-
sakin tapauksissa laskennan ulkopuolelle.

Pohjola (2007, 13) toteaa kirjoituksessaan että tutkimukseen liittyvä rahoitus tai muut sidonnaisuudet tulisi tuoda suoraan ilmi, mikä liittyy työn eettisyyteen. Tämä tarkoittaa työssäni sitä, että tuon suoraan esille, että toimeksiantaja on NHKdairy OY. Mikäli työlle tulisi rahoitusta kyseisestä yrityksestä, sekin tulisi ilmi. Myöskään omat mielipiteeni eivät saa vaikuttaa tutkimukseen tai sen raportointiin. Tutkimus ja tulosten analysointi on tehtävä luotettavasti ja totuudenmukaisesti.

Osa eettisyyttä on, että tilojen nimiä ei mainita työssä ollenkaan. Vain työn tekijä on tietoinen, mitä tiloilta tutkimukset ovat. Vaikka osa tiloista oli sitä mieltä, että heidän tietonsa saa julkaista, on helpompi toimia niin, että yhdenkään tilan tietoja ei kerrota eteenpäin.

5 TUTKIMUSTILAT JA TULOKSET

Tutkimuksessa käyttämäni tilat on jaettu niiden käyttämien neljän erilaisen ruokintalaitteiden mukaan. Lisäksi esittelen tiloilla tehtyt tutkimukset ja niiden tulokset. Tutkimusteni aikana olen tutkinut kahdeksaa eri tilaa. Tein seitsemän eri tilavierailua ja yhden puhelinhaastattelun.

5.1 Tila 1: automaattinen matoruokkija

Tilalla on vuonna 2010 rakennettu navetta ja matoruokkijalaitteet. Kaikki tilan rehut säilötään paaleihin. Paalit nostellaan täyttöpöydälle, joita tilalla on yksi. Pöytä kuljettaa paalit suoraan kiinteään apesekoitimeen. Paalit nostellaan täyttöpöydälle järjestyksessä, jolloin voidaan määrittää, milloin minkäkin laatuinen paali menee sekoitimeen. Tällöin voidaan ruokkia umpilehmät erilaatuisella rehulla, kuin umpilehmät. Täyttöpöydässä ei ole repijöitä ja paalit menevät kokonaisina apesekoitimeen. Apesekoittimessa on yksi ruuvisekoitin, jota pyörittää yksi sähkömoottori. Sama järjestelmä tyhjentää sekoittimen. Apesekoittimesta rehumassa siirtyy matoruokkijalle, joka siirtää rehumassan toiselle, pitemmälle matoruokkijalle, reilun kahden metrin korkeuteen. Toinen matoruokkija on muutamia kymmeniä metrejä pitkä, se siirtää rehun matoruokkijalle, joka jakaa rehun lehmille navetassa, tämä matto on reilut 50 metriä pitkä. Rehun pudottaa matoruokkijan päältä kiila-aura, joka liikkuu ruokintapöydällä vaijerin ja sähkömoottorin avulla. Aura siirtyy aina sille kohtaa ruokintapöytää, missä rehua jaetaan. Aura myös liikkuu koko ajan, jolloin rehu jakaantuu tasaisesti ruokintapöydälle. Rehuhuone on kooltaan 143 m², mutta ruokintakäytössä tästä on vain noin puolet, eli 72 neliömetriä. Täyttöpöytä täytetään kerran päivässä. Muutoin laite toimii täysin itsenäisesti. Laite jakaa lypsäville lehmille rehua 13 kertaa ja umpilehmille kerran.

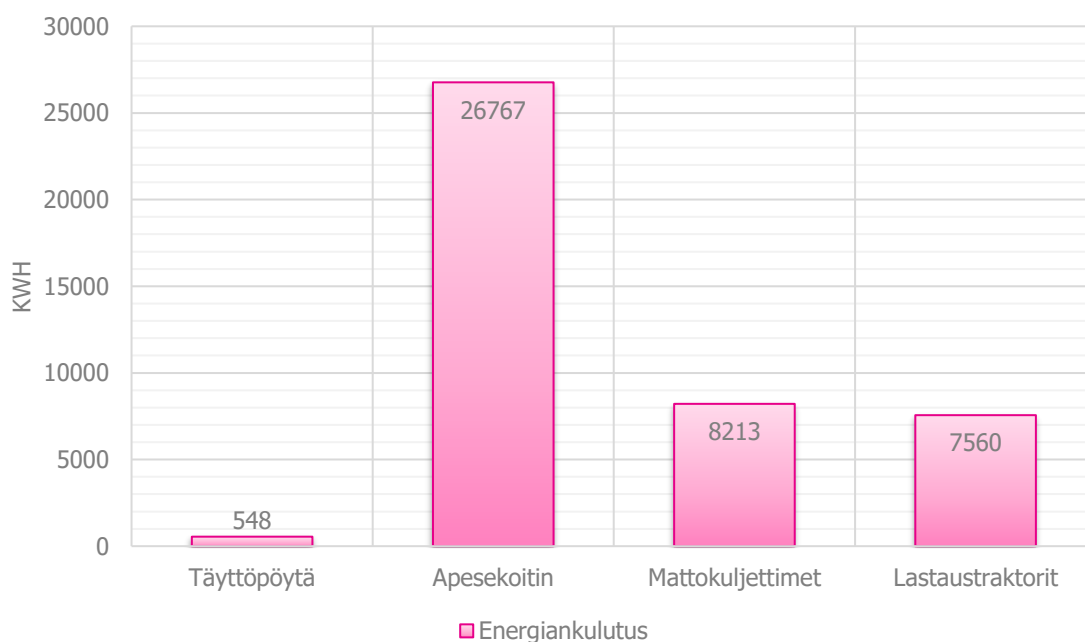
Tilalle hankitut laitteet ovat maksaneet kokonaisuudessaan 70 000 euroa. Laitteiden hankintahinta on ollut hyvinkin edullinen ja siihen on ollut syynä vähäinen rakentaminen navetan suunnittelun aikaan. Rehuhuoneen pinta-alaksi lasken 72 neliömetriä (leveys 5,5 metriä ja pituus 13 metriä). Neliöhinta on 300 euroa ja kokonaishinta 21 600 €. Huoltokustannuksiksi arvioitiin 6 000 € vuodessa. Syynä suureen huoltohintaan näkisin sen, että laitteet ovat olleet käytössä jo seitsemän vuotta. Siihen mennessä laitteisiin on tullut jo suuriakin remontteja.

Energiankulutuksen arvioimiseksi selvitin laitteiden sähkömoottorien koon. Täyttöpöydän kuljettimen moottori on teholtaan 7,5 kilowattia. Muita moottoreita täyttöpöydässä ei ole. Kiinteässä apesekoittimessa on järjestelmän suurin 22 kilowatin sähkömoottori, joka pyörittää ruuvisekoitinta. Sama moottori purkaa ja sekoittaa rehun. Matoruokkijalla järjestelmässä on kolme ja kaikissa on kolmen kilowatin moottorit. Lisäksi matoruokkijan kiila-auran moottori on kooltaan yhden kilowatin. Traktori, jota käytetään paalien nostamiseen on teholtaan 105 kilowattia.

Työajankäyttö oli tarkoitus mitata GoPro-kameralla, se ei kuitenkaan onnistunut. Nyt isäntä itse mitasi rehun lastaukseen menevän ajan ja ilmoitti sen minulle. Täyttöpöytä täytetään kerran päivässä, ja siihen kuluu aikaa 14 minuuttia. Paalien nostelu vie 4 minuuttia ja verkkojen poisto käsin 5 minuuttia. Paalien nostelu täyttöpöydälle kestää 5 minuuttia. Lyhyen työajan selittää paaliruokinta.

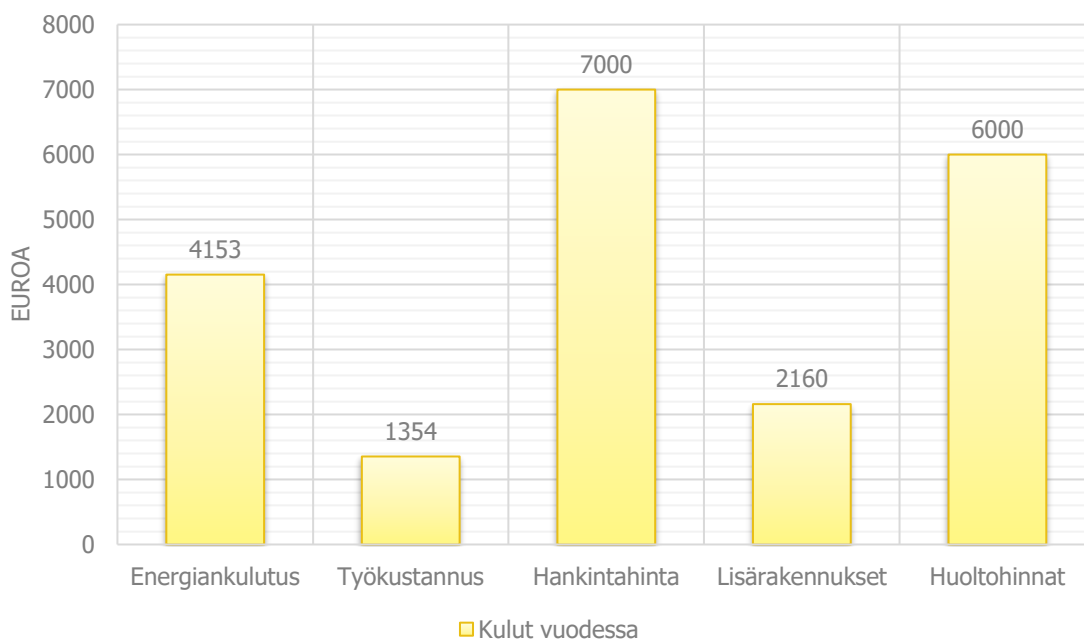
Paalit tuodaan aina lähelle rehuhuonetta. Paalien käyttö ruokinnassa ei vaikuta ruokintajärjestelmään, mutta muuttaa oleellisesti työaikaa. Tämän takia käytän Tilan 2: automaattinen matoruokkija työajankäyttöä vertaillessani järjestelmiä keskenään.

Energiankulutuksen laskin Erkka-hankkeen laskurilla. Syötin tiedot laskuriin ja laskin energiankäytön. Täyttöpöytä käy päivässä 12 minuuttia: 6 minuuttia, kun sitä täytetään ja toiset 6, kun se syöttää paalit apesekoittimeen. Täyttöpöytä kuluttaa vuodessa 548 kilowattituntia, vuodessa täyttöpöytä tekee sähkölaskua 64 euroa. Apesekoitin pyörii vuodessa 1217 tuntia ja kuluttaa 26 767 kilowattituntia, joten apesekoittimen kuluttama sähkö maksaa 3 129 €. Järjestelmän ylivoimaisesti suurin energiankuluttaja on apesekoitin. Apesekoitin on eniten käynnissä ja siinä on suurin sähkömoottori. Matokuljettimet pyörivät vuodessa 821 tuntia ja kuluttavat 8213 kilowattituntia, joten niiden sähkönkäytöstä tulee kuluja 960 euroa. Ruokintalaitteisiin kuluu vuodessa sähköä yhteensä 35 527 kilowattituntia ja niiden sähkölasku on 4153 euroa. Lisäksi traktoria käytetään täyttöpöydän lastauksessa 9 minuuttia, mistä kertyy vuodessa 55 käyttötuntia. Traktori kuluttaa vuodessa 756 litraa polttoainetta, eli energiaa kuluu polttoaineena 7 560 kilowattituntia. Kuvioon 1 olen sijoittanut laitteiden energiankulutuksen, ja siitä näkee hyvin laitteiden sähkönkulutuksen. Traktorin energinkulutusta en huomio vertailussa, koska se rehun säilöminen paaleihin vaikutta merkittävästi energiankulutukseen. Käytän vertailussa vain tilan 2 polttoaineen kulutusta.



KUVIO 1. Tilan 1 automaattinen matoruokkija energiankulutus

Työaikaa kertyy päivässä 14 minuuttia ja vuodessa 85 tuntia. Työtunnin hinta on 15,90 euroa ja työajan palkka vuodessa on 1354 euroa. Huomioon on otettava, että tilalla rehu on paaleissa, jolloin aikaa kuluu paalien avaukseen. Mutta paalit ovat aina rehuhuoneen lähellä, jolloin ylimääräistä kuljetusmatkaa ei tule. Keskiarvoiseen työaikaan en ota tämän tilan tunteja, koska rehun säilöntä paaleihin vaikuttaa muuten työtunteihin liikaa.



KUVIO 2. Tilan 1 automaattisen mattoruokkijan kustannukset

Suurin kulu järjestelmässä on hankintahinta. Toiseksi suurimmaksi kuluksi nousee laitteiston huolto. Huoltokustannukset ovat lähes hankintahinnan tasolla. Kaikkein pienin kustannus on työajankäyttö, joka johtuu paaliruokinnasta. (kuvio 2.)

5.2 Tila 2: automaattinen mattoruokkija

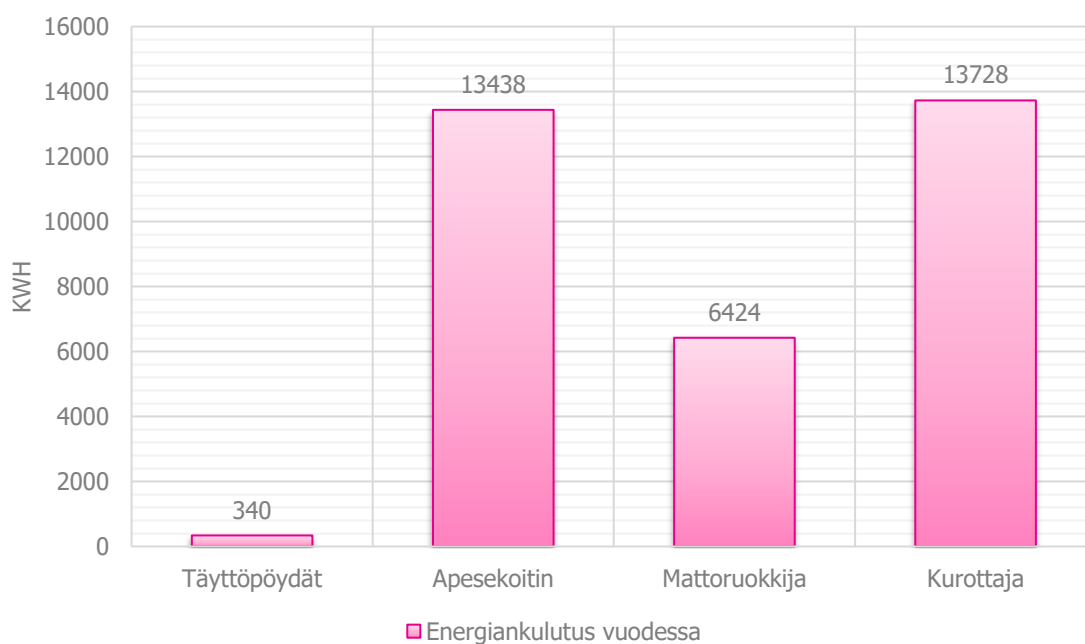
Tilan navetta on rakennettu vuonna 2005, ja se on alunperin suunniteltu kahdelle lypsyrobotille. Myöhemmin tilalle on tullut kolmas robotti, ja tällä hetkellä lypsyssä on noin 150 lehmää. Tilan karkearehu säilötään laakasiiloihin ja aumaan. Täyttöpöytiä tilalla on kaksi, toiseen kuormataan karkearehu ja toiseen litistevilja. Ape tehdään tilalla kaksi kertaa päivässä. Täyttöpöytä täytetään kaksi kertaa päivässä, aina appeen teon yhteydessä. Lisäksi joka kolmas päivä tehdään umpilehmien ja hiehojen ape. Apesekoitin on 20 kuution kokoinen, ja siinä on kaksi pystyruuvisekoitinta. Pystyruuvia pyörittää 50 kWh:n sähkömoottori. Siinä on kuitenkin taajuusmuuntaja. Sama moottori ja ruuvit tyhjentävät apesekoittimen. Järjestelmä jakaa apetta lypsylehmille 18 kertaa päivässä. Hiehoille ja umpilehmille jaetaan rehua joka kolmas päivä. Navetan päädyssä on rehuhuone, joka on kooltaan 72 m². Apesekoittimesta rehun kuljettaa mattokuljetin, joka nostaa rehumassan mattoruokkijalle. Mattoruokkija jakaa rehun lehmien eteen. Työaikaa kuluu rehujen lastaukseen.

Hankintakustannukset tarkistettiin kirjanpidosta. Kokonaisuudessa ruokintajärjestelmä on maksanut 110 000 euroa. Rehuhuone on kooltaan 72 neliometriä, joten rehuhuoneelle tulee 21 600 euroa hankintakustannusta. Järjestelmä on asennettu 2009, ja siihen on tehty jo isompiakin remontteja, esimerkiksi ruuvit on uusittu ja apesekoittimen kylkiin on hitsattu vahvikkeita. Kuitenkin vuositasolla huoltokustannukset ovat vain 1400 €. Tätä selittää se, että laitteet ovat toimineet hyvin eikä niitä ole tarvinnut juurikaan huoltaa.

Energiankulutusta varten selvitin sähkömoottorien koon. Täyttöpöytiä pyörittää kaksi 1,5 kilowattia moottoria. Apesekoittimessa on 50 kilowattia moottori, mutta taajuusmuuttajan ansiosta moottori kuluttaa sähköä noin 22 kilowattia sähkömoottorin edestä. Tämän selvitin taajuusmuuttajan näytöstä, joka kertoo hetkellisen kulutuksen. Kulutuksen tarkastin, kun apesekoitin oli lähes täynnä, jotta kulutus ei menisi ainakaan alakanttiin. Ensimmäisessä mattokuljettimessa on 1,5 kilowattia moottori. Mattoruokkijassa on molemmissa päissä sähkömoottorit, jotka ovat teholtaan 4 kilowattia. Rehua siirretään kurottajalla, joka on teholtaan noin 80 kilowattia.

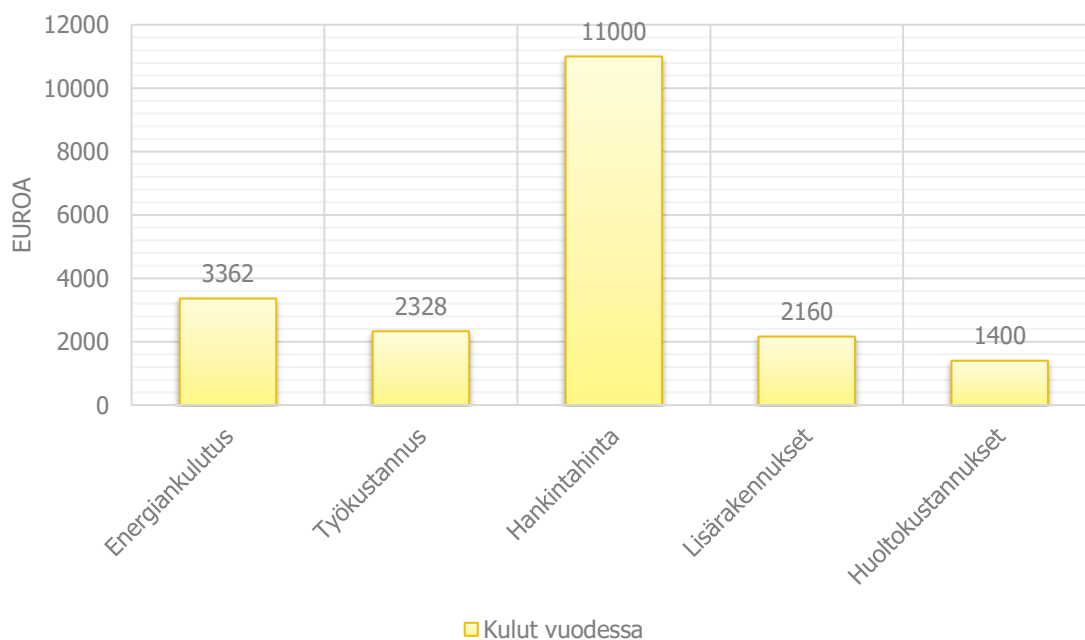
Työajankäyttö tilalla mitattiin tarkastelemalla tallentavan valvontakameran nauhoja, joista näkyy miten rehua on lastattu. Vuorokaudessa karkearehua ja litisteviljaa kuormattiin noin 20 minuutin ajan. Tähän lisättiin vielä umpilehmien rehujen lastaus. Yhteensä työaikaa kului noin 30 minuuttia.

Energiankulutuksen laskin Erkka-hankkeen laskurilla. Täyttöpöytiä käytettiin lypsylehmien appeen teon yhteydessä kerralla 10 minuuttia. Päivässä pöydät pyörivät siis 20 minuuttia ja vuodessa 122 tuntia. Lisäksi pöytää käytetään umpilehmien ruokinnassa vielä 20 tuntia. Täyttöpöytä kuluttaa 425 kilowattituntia energiaa vuodessa. Kiinteä apesekoitin pyörii 23 minuuttia molemmilla appeen sekoituskeroilla. Rehun jaon yhteydessä apesekoitin on käynnissä 67,5 minuuttia päivässä. Vuodessa apesekoitin pyörii lehmien ruokinnassa 694 tuntia. Hiehoille ja umpilehmille tehdään samankokoinen ape joka kolmas päivä. Umpilehmien osuus on 30 % tästä. Laitteet käyttävät 70 tuntia vuodessa umpilehmien ruokintaan. Apesekoitin kuluttaa energiaa yhteensä 16 797 kilowattituntia. Mattokuljettimet pyörivät yhden ruokinnan aikana 7 minuuttia. Päivässä matot pyörivät 120 minuuttia ja vuodessa 730 tuntia. Lisäksi umpilehmien ruokinnassa matot pyörivät 73 tuntia. Vuodessa mattoruokkijat kuluttavat 8030 kilowattituntia. Lisäksi kurottajalla ajetaan keskimäärin 183 tuntia vuodessa. Kurottaja kuluttaa vuodessa 1716 litraa polttoainetta, mikä vastaa 17 160 kilowattituntia. Ruokintaan kuluu vuodessa 25 252 kilowattituntia sähköenergia, joka maksaa 2952 euroa. Polttoaine kustannus on 1249 euroa. Ottaen huomioon isomman lehmämäärän vähennän energiankulutusta 20 %. Tämä johtuu siitä, että muut tilat ovat olleet kahden robotin tiloja, eli noin 120 lehmän tiloja. Kyseisellä tilalla oli siis 30 lehmää enemmän muihin tiloihin nähden. Prosentuaalisesti $30/150 \cdot 100\% = 20\%$. Suhteutettuna kustannus sähköön osalta on 2362 euroa ja polttoaineen 1000 euroa. Kuvioon 3 olen sijoittanut suhteutetut energiankulutukset.



KUVIO 3. Tilan 2 automaattisen matoruokkijan energiankulutus

Työaikaa ruokintaan kuluu 30 minuuttia päivässä. Tähän kuuluu litisteviljan ja karkearehun lastaus täyttöpöydille, johon kuluu aikaa vuodessa 183 tuntia. Työajan palkka on 2910 euroa. Suhteutettuna eläinmäärään palkka on 2328 euroa.



KUVIO 4: Tilan 2 automaattisen matoruokkijan kustannukset

Hankintahinta on selvästi suurin kustannus järjestelmässä. Huoltokustannukset olivat tilalla erittäin alhaiset. Vaikka tilan laitteet eivät ole enää uusia ja isojakin remontteja on tehty, eivät huoltokustannukset nouse kovin suuriksi. Myöskin energiankulutus ja työajankäyttö olivat tällä tilalla maltillisella tasolla. (Taulukko 4.)

5.3 Tila 3: automaattinen kiskoruokkija

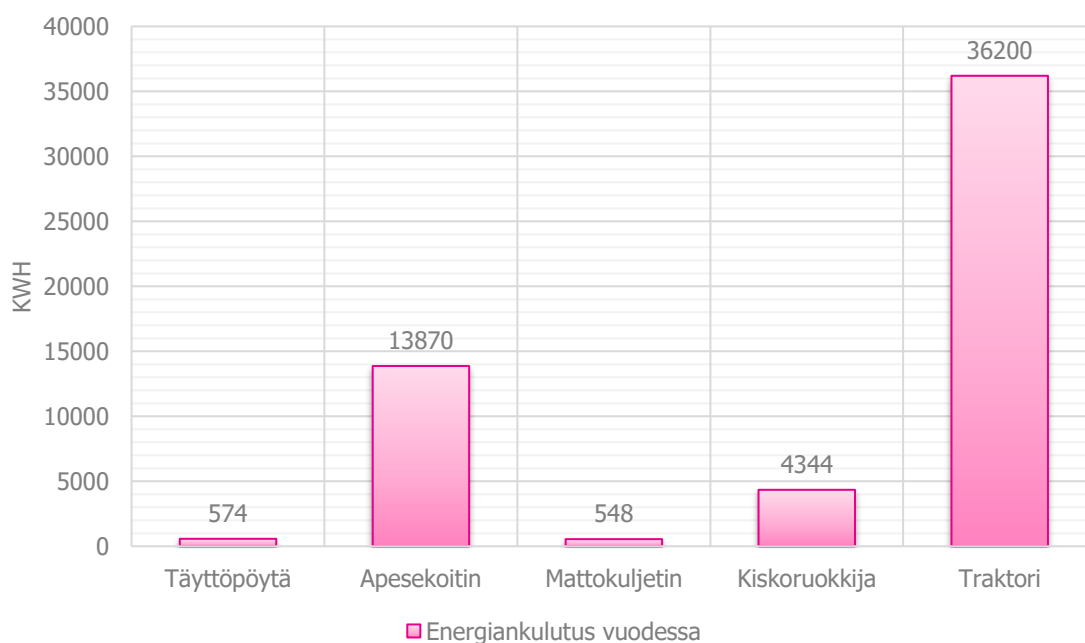
Tilalla on vuosi sitten rakennettu navetta ja kiskoruokkijalaitteet. Rehu säilötään laakasiiloihin. Ruokkijan laitteisiin kuuluu yksi täyttöpöytä. Täyttöpöydässä on repijät, joiden kautta rehu syötetään suoraan kiinteään apesekoitimeen. Apesekoitin on kymmenen kuution kokoinen, ja siinä on yksi pystyruuvisekoitin. Pystyruuvia pyörittää yksi sähkömoottori ja sama kokoonpano sekoittaa rehun ja tyhjentää säiliön. Apesekoitimesta rehu tyhjennetään mattokuljettimelle, joka on noin 10 metriä pitkä. Matolta rehumassa kulkee rehuhuoneen seinässä olevan aukon läpi suoraan kiskoruokkijaan. Kiskoruokkija täyttyy jokaisen jakokierroksen alussa. Kiskoruokkijalla on kaksi eri ohjelmointia: toinen lypsäville lehmillä ja toinen niin sanotulle takakierrolle, jolla ruokitaan umpilehmiä ja hiehoja. Navetan päädyssä on rehuhuone, jonne laitteet sijoittuvat. Paitsi kiskoruokkija, joka ei poistu navetan puolelta. Rehuhuone on kooltaan 72 neliömetriä. Täyttöpöytä täytetään kerran päivässä. Toistaiseksi myös murskevilja lastataan etukuormaajalla, koska sille sopivaa automaattista laitetta ei ole vielä hankittu. Murskeviljaa kuormataan aina appeen teon yhteydessä. Työaikaa kuluu karkearehun ja murskeviljan lastauksen yhteydessä.

Tilalla oli hyvin tiedossa laitteistojen hinnat, koska investointi on vielä uusi. Kokonaisuudessaan ruokintalaitteiden hinta oli 113 000 euroa. Täyttöpöytä ja mattokuljetin maksoivat 29 000 euroa ja apesekoitin kiskoruokkijan kanssa 81 000 euroa sekä virtakisko 3000 euroa. Rehuhuone on leveydeltään 12 metriä ja pituudeltaan kuusi metriä. Kooltaan se on 72 neliömetriä. Rehuhuoneen hinnaksi tulee siis 21 600 euroa. Huoltokustannuksia isäntä ei osannut vielä juuri arvella, koska laitteisiin ei ole tarvinnut tehdä vielä huoltoja tai korjauksia, johtuen niiden vähäisestä käyttöajasta. Kuluiksi arveltiin kerran kuussa nippojen rasvaus. En ota tilan huoltohintoja huomioon vertailua tehdessäni, koska se ei anna todellista kuvaa huoltohinnoista.

Energiankulutuksen laskemiseksi selvitin laitteiston sähkömoottorien koon ja pyörimisajan. Täyttöpöydässä on kaksi sähkömoottoria, kuljetinmoottori ja repijän moottori. Kuljetinmoottori on kooltaan 1,3 kilowattituntia ja repijän moottori 4,6 kilowattituntia. Apesekoitimessa on vain yksi moottori, joka on kooltaan suurin koko järjestelmässä, 30 kilowattituntia. Mattokuljettimen moottori on kooltaan 1,5 kilowattituntia. Kiskoruokkijassa on vetomoottoreja kaksi kappaletta, joiden yhteisteho on 0,74 kilowattituntia. Poikittaiskuljettimen moottori on kooltaan 0,43 kilowattituntia ja repijän moottori on 4 kilowattituntia. Lisäksi rehun siirtoon käytettävän traktorin teho on 150 kilowattituntia. On huomioitavaa, että teholtaan traktori on huomattavasti isompi kuin lastaukseen tarvitaan. Tämä nostaa energiankulutusta turhaan.

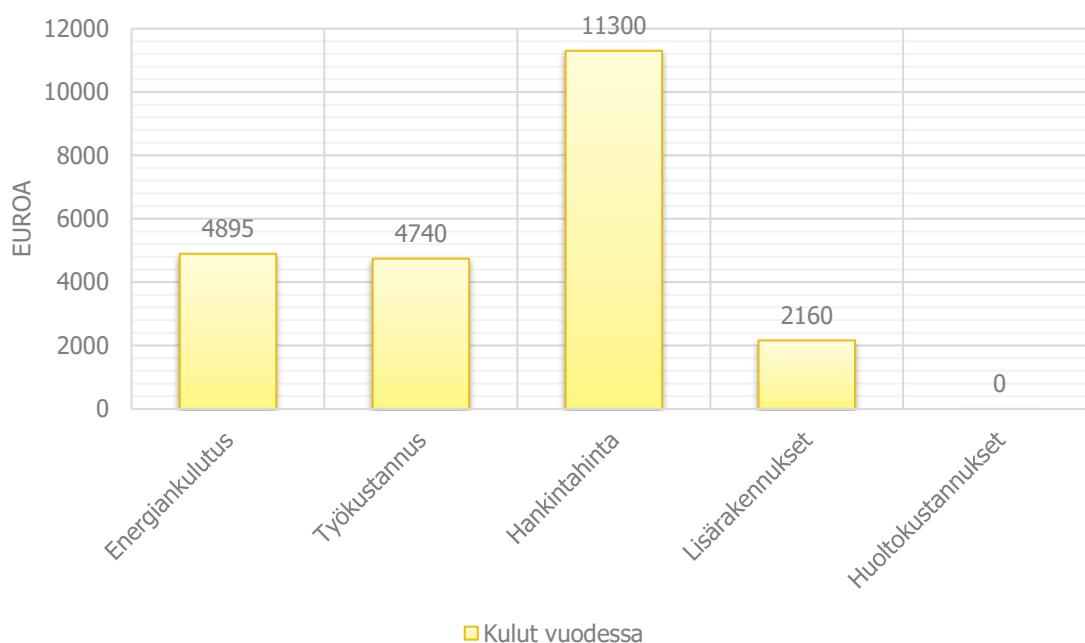
Työajan käytön tarkistin GoPro kameralta. Kamera oli kuvaamassa tilalla kahden päivän ajan. Kahdesta eri kerrasta sain keskiarvon, jolla laskin työajan. Kameralta mitattuna rehua ajetaan traktorilla 35 minuuttia päivässä. Lisäksi muuta aikaa rehunjakoon käytettiin 14 minuutin verran. Yhteensä työaikaa ruokintalaitteiden käyttöön kului päivässä 49 minuuttia. Kuitenkin on otettava huomioon, että tilalla litisteviljan lastaus appeeseen ei ollut automaattista. Sen lisääminen traktorilla nostaa energiankulutusta ja lisää työaikaa.

Energiankulutuksen kustannukset laskin Erkka-hankkeen laskurilla. Laskurilla sain laskettua energiankulutuksen, kokonaishinnat ja erillisten laitteiden hinnat. Tulee ottaa huomioon että jotkin sähkömoottorit olivat kooltaan niin pieniä, että laskurissa moottorin minimiteho oli isompi kuin moottorin oikea teho. Täyttöpöytä käy päivässä 16 minuuttia, 8 minuuttia sekä täytettäessä että lastattaessa rehua apesekoittimeen. Vuodessa täyttöpöytä käy 97 tuntia ja kuluttaa 574 kWh. Eniten sähköä kuluttava laite on apesekoitin: vuodessa se käy 462 tuntia ja kuluttaa sähköä 13 870 kilowattituntia. Vähiten sähköä kuluttaa mattokuljetin, se käy 274 tuntia ja kuluttaa 548 kilowattituntia vuodessa. Kiskoruukkija kuluttaa sähköä eniten apesekoittimen jälkeen, se käy vuodessa 1551 tuntia ja kuluttaa 4344 kilowattituntia. Lisäksi lastastraktori pyörii vuodessa 213 tuntia ajaen rehua ja kuluttaa samalla 3620 litraa polttoöljyä. Eniten energiaa kuluu traktorin pyörittämiseen, koska litra polttoöljyä vastaa 10 kilowattituntia, tulee kokonaiskulutukseksi 36 200 kilowattituntia. Erot eri laitteiden energiankulutuksessa ovat suuria (kuvio 5). Sähkölaitteet kuluttavat energiaa 19 335 kilowattituntia ja traktori 36 200 kilowattituntia vuodessa. Yhteensä energiaa kuluu ruokintaan 55 535 kilowattituntia. Sähkö maksaa yhteensä 2 260 euroa ja polttoöljy 2 635 euroa, yhteensä kustannuksia energiankulutuksesta kertyy 4 855 euroa.



KUVIO 5. Tilan 3 automattisen kiskoruukkijan energiankulutus

Työaikaa ruokintaan kuluu tilalla 49 minuuttia päivässä. Tähän kuuluu litisteviljan lastaus apesekoittimeen ja karkearehun lastaus täyttöpöydälle. Vuodessa päiviä on 365, joten vuoden aikana työaikaa kuluu ruukkijan käyttöön 298 tuntia. Työtunnin hinta on 15,90 euroa. Näin ollen ruokintaan käytetyn ajan palkka vuodessa on pyöristettynä 4 740 euroa.



KUVIO 6. Tilan 3 automaattinen kiskoruokkija kustannukset

Selvästi suurin kustannus on järjestelmän hankinta. Energiankulutus ja työajankäyttö ovat lähes yhtä suuret, ollen toisiksi suurimmat kustannukset. Huoltokustannuksia ei juurikaan ole päässyt kertymään uudelle laitteelle, koska laite on vasta hankittu. Vaihtoehdon pienin kustannus on rehuhuone, mikäli ei oteta huoltokustannuksia huomioon. (kuvio 4.)

5.4 Tila 4: automaattinen kiskoruokkija

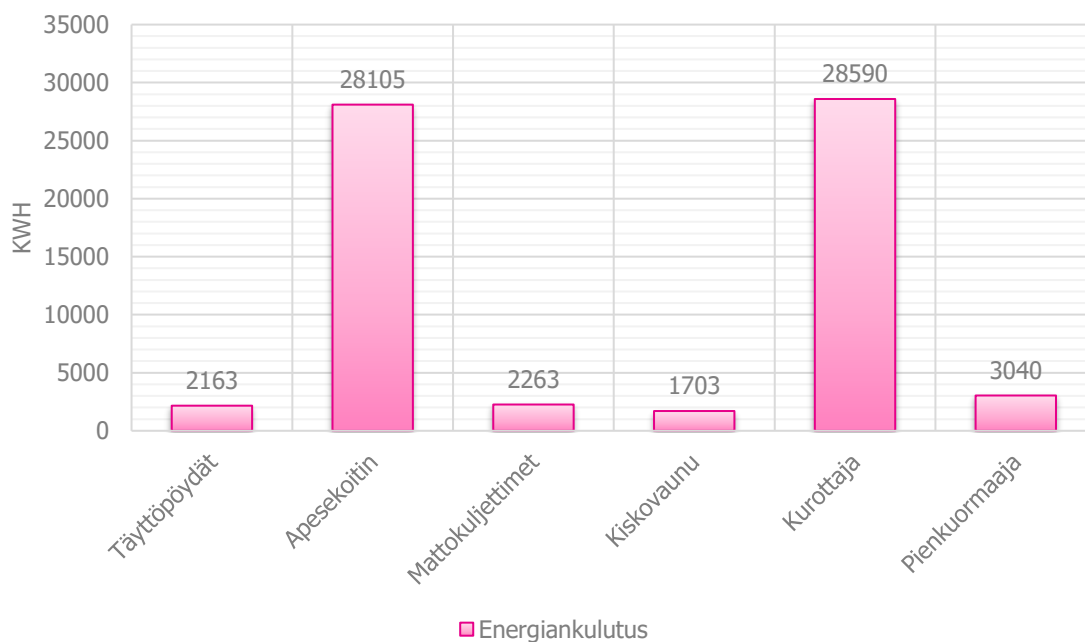
Tilan navetta eroaa muista tutkimuskohteista, sillä sitä on laajennettu hiljalleen vanhasta navetasta. Tällä hetkellä tilalla lypsää kuitenkin kaksi robottia ja ruokinnan hoitaa kiskoruokkija. Rehut lastataan kurottajalla ja täyttöpöytiä on kolme. Yhdellä on lehmien rehu, toisella umpilehmien ja kolmannessa on litisteviljaa. Mattokuljetin kuljettaa rehumassankiskoruokkijaan. Toinen mattokuljetin siirtää karkearehua lehmien täyttöpöydältä apesekoittajaan. Apesekoittimessa on yksi moottori ja ape tehdään kaksi kertaa päivässä. Kiskoruokkija on ohjelmoitu ruokkimaan kuusi kertaa päivässä. Vuorokaudessa ruokkija kulkee kiskoradan 14 kertaa. Yhdellä ruokintakerralla ruokkija käy täyttämässä vaunun useamman kerran. Yhteensä apetta jaetaan lehmille 8 000 kiloa päivässä. Kiskoruokkija on hieman erilainen kuin tilalla 3. Ruokkija on akkukäyttöinen ja sen sähkömoottorit ovat hyvin pieniä. Rehuhuone on kooltaan 180 neliömetriä. Työaikaa kuluu rehujen lastaukseen täyttöpöydälle.

Hankintahinnat tilan isäntä muisti hyvin. Täyttöpöydät ovat maksaneet yhteensä 34 280 euroa. Apesekoitin on maksanut 65 000 euroa ja kiskovaunu 28 000 euroa. Mattokuljettimet ovat maksaneet 6 000 euroa. Yhteensä laitteiden hankintakustannukset ovat olleet 133 280 €. Laitteiden huoltokustannuksiksi arvioitiin 5 000 euroa. Rehuhuoneen koko on 180 neliömetriä ja varasto on puurakenteinen sekä eristetty jälkepäin. Tämän takia käytän varaston neliöhintana 250 euroa/neliömetri. Rehuhuoneen hankintahinta on 45 000 euroa.

Jotta sain laskettua energiankulutuksen selvitin sähkömoottorien tehon laskuria varten. Karkearehun täyttöpöydissä on 2,2 kilowatin moottorit rehun kuljetukseen ja 6,3 kilowatin moottorit repijöissä. Viljan täyttöpöydässä on 1,1 kilowatin moottori ja repijässä 1,5 kilowatin. Apesekoittimen moottori taas on teholtaan 30 kilowattia ja mattokuljettimien moottorit ovat teholtaan 1,5 kilowattia. Kiskoruokkijan moottorit ovat teholtaan hyvin pieniä. Vetomoottorien yhteisteho on 0,3 kilowattia ja poikittaiskuljettimen 0,15 kilowattia. Sekoitinta pyöritti 1 kilowatin tehoinen moottori, sekoitin jakaa rehua. Kurottaja jolla rehut lastataan on teholtaan 80 kilowattia.

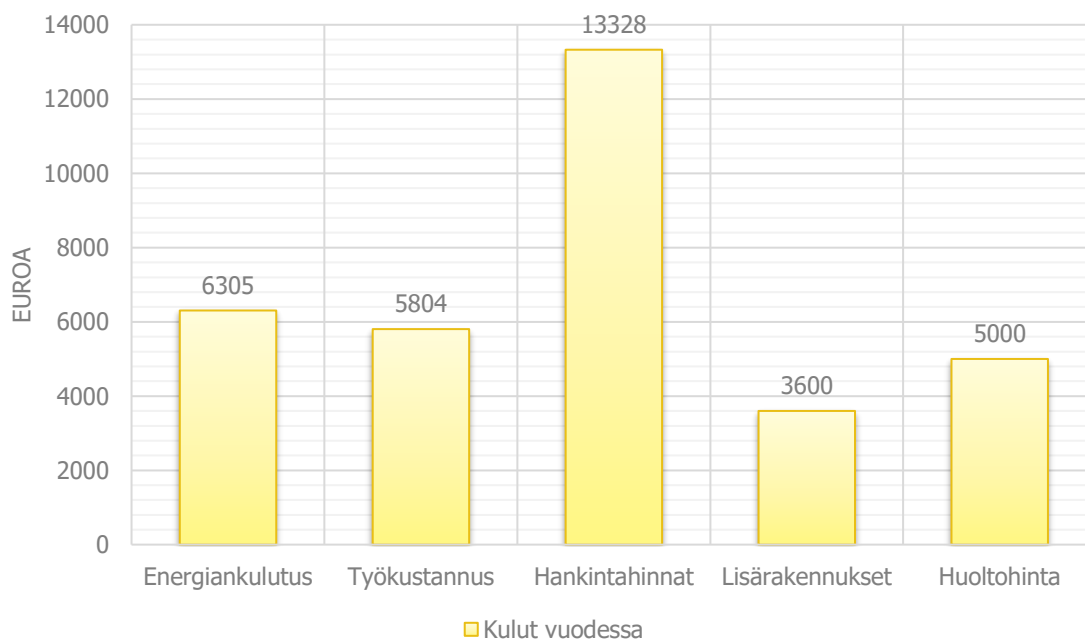
Työajankäytön isäntä kellotti itse, aikataulun puutteen vuoksi. Navetalla on kolme täyttöpöytää, kunkin pöydän täyttöön kuluu aikaa puoli tuntia. Umpi- ja viljatäyttöpöytä täytetään joka toinen päivä ja lehmien täyttöpöytä joka päivä. Jokaisen pöydän täyttöön kuluu aikaa 30 minuuttia. Päivässä se tekee 50 minuuttia. Tämän lisäksi umpilehmät ruokitaan joka kolmas päivä ja se tehdään pienkuormaajalla. Aikaa siihen kuluu 30 minuuttia kerralla.

Energiankulutusta laskiessani syötin tiedot Erkka-hankkeen laskuriin. Karkearehun täyttöpöydissä on 2,2 kilowatin kuljetinmoottorit ja repijöissä 6,3 kilowatin moottorit. Lehmien täyttöpöytä pyörii kerralla 15 minuuttia ja umpilehmien täyttöpöytä 30 minuuttia. Päivässä lehmien ape tehdään kahdesti ja umpilehmien ape joka kolmas päivä, päivässä pöydät pyörivät siis 40 minuuttia. Vuodessa niitä käytetään 243 tuntia ja energiaa kuluu 2068 kilowattituntia. Viljan täyttöpöytä pyörii päivässä 6 minuuttia ja siinä on 1,1 kilowatin siirtomoottori ja 1,5 kilowatin repijä. Vuodessa se käy 37 tuntia ja kuluttaa energiaa 95 kilowattituntia. Apesekoitin pyörii lehmien rehua tehdessä 40 minuuttia päivässä ja kiskovaunua täyttäessä 84 minuuttia. Umpilehmien rehua sekoitin tekee keskimäärin 10 minuuttia ja tyhjentää 10 minuuttia. Yhteensä apesekoitin pyörii 937 tuntia ja kuluttaa 28 105 kilowattituntia. Mattokuljettimet pyörivät yhteensä 114 minuuttia päivässä ja vuodessa 754 tuntia. Mattokuljettimet kuluttavat yhteensä 2263 kilowattituntia. Kiskoruokkija ruokkii yhteensä 124 minuuttia päivässä ja vuodessa 852 tuntia. Energiaa kiskoruokkija kuluttaa 1703 kilowattituntia. Kurottajalla ajetaan vuodessa 304 tuntia ja kurottaja on teholtaan 80 kW. Polttoainetta kuluu kurottajaan 2859 litraa ja energiaa kurottaja kuluttaa 28 590 kilowattituntia. Pienkuormaajalla ajetaan vuodessa 61 tuntia ja se kuluttaa 304 litraa polttoainetta. Energiaa umpilehmien ruokintaan kurottajalla kuluu 3040 kilowattituntia. Sähköenergiaa kuluu yhteensä 34 234 kilowattituntia, kustannukset ovat 4 002 euroa. Polttoaineisiin kuluu 2303 euroa.



KUVIO 7. Tilan 4 automaattisen kiskoruokkijan energiankulutus

Työaikaa kuluu tilalla täyttöpöytien täyttöön ja umpilehmien appeen jakamiseen. Täyttöpöytiä täytetään vuodessa 304 tuntia. Umpilehmien ruokintaan kuluu aikaa 61 tuntia. Vuodessa työaikaa kertyy 365 tuntia ja työajanpalkka on 5 804 euroa.



KUVIO 8. Tilan 4 automaattisen kiskoruokkijan kustannukset

Järjestelmässä suurin kustannus on laitteiden hankintahinnat. Lisäksi työajankäyttö ja energiankulutus nousevat tilaan 3. verrattuna. Tämä johtuu pitkälti umpilehmien ruokinnasta pienkuormaajalla ja usean täyttöpöydän täytön. Järjestelmän halvin osuus on reuhuone. (kuvio 8).

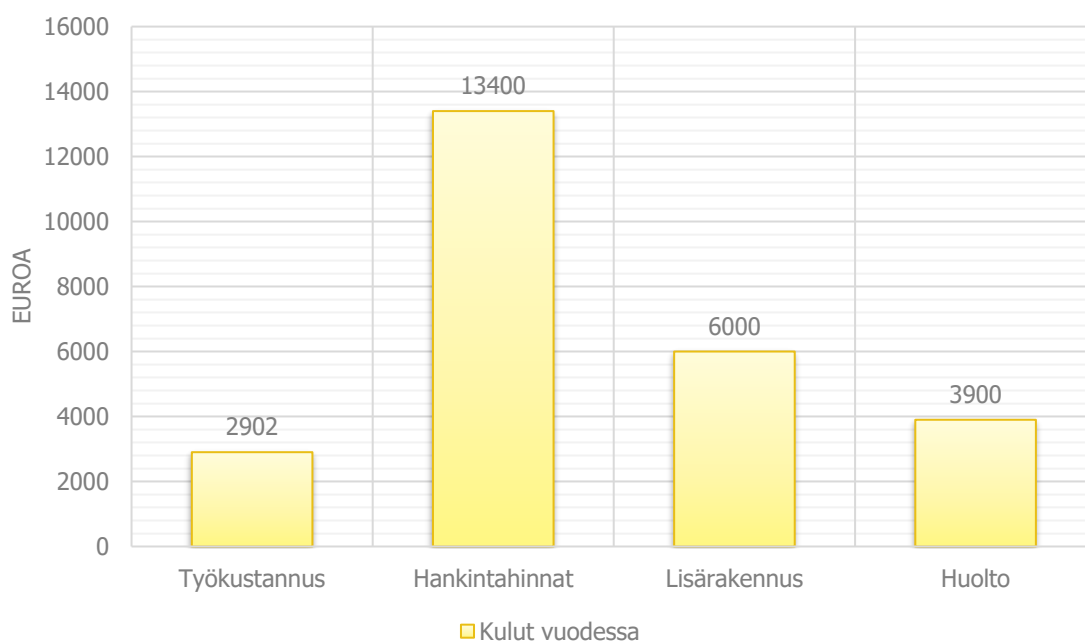
5.5 Tila 5: automaattinen sekoitus- ja ruokintarobotti

Tilalla on vuonna 2015 rakennettu navetta ja lehmät ruokkii automaattinen sekoitus- ja ruokintarobotti. Karkearehu säilötään laakasiiloihin. Karkearehu lastataan traktorilla rehukeittiön lattialle halutussa järjestyksessä. Rehukeittiössä on siltapalkki, joka liikkuu edestakaisin ja rehukahmari liikkuu siltapalkkia pitkin. Kahmari on ohjelmoitu noukkimaan rehuja lattialta 27 eri ruudusta. Periaatteessa rehukeittiöön voidaan varastoida 27 eri rehulaatua ja noukkia ne halutussa järjestyksessä. Kahmari nostelee rehut robottiin ja robotti sekoittaa rehut. Lopulta robotti ajaa navettaan ja mittaa, paljonko rehua ruokintapöydällä on. Mikäli rehua tarvitsee lisätä, robotti jakaa lisää rehua. Robotti tekee saman umpilehmien ruokintapöydällä. Tarpeen mukaan lehmät ruokitaan 10 – 15 kertaa. Robotti suunnistaa keittiöstä lattarautaa pitkin navetan puolelle. Ruokintapöydällä laite suunnistaa tunnistamalla etäisyyden ruokintapöydän reunaan. Navetan toisessa päässä lattiassa on myös lattarauta, mistä robotti tietää kääntyä. Rehukeittiö täytetään normaalisti joka toinen päivä, tarvittaessa rehua voi lastata jopa kolmeksi päiväksi. Kesällä on kuitenkin kolmen kuukauden jakso, jolloin rehua joudutaan lastaamaan joka päivä, ettei rehu pilaannu. Rehukeittiö on kooltaan 234 neliometriä. Kaikki laitteet säilytetään rehukeittiössä.

Laitteiston hankintahinta oli 134 000 euroa. En saanut tilalta rehukeittiön hankintakustannusta mutta oletan sen samansuuruiseksi kuin tilalla 6. Laitteistoa huolletaan kolme kertaa vuodessa. Vuosihuollon pakettihinta on 1800 euroa ja muuten huoltokäyntien hinta on noin 700 euroa. Vuodessa huoltokustannuksia kertyy 3900 euroa.

Työaikaa ruokintaan käytetään vain, kun rehukeittiötä täytyy täyttää. Muutoin laite ruokkii eläimet täysin automaattisesti. Tarkoitus oli seurata aikaa GoPro kameralla. Kameraa ei kuitenkaan saatu päälle, joten tilanväki kellotti työajan itse. Kuitenkin ajanoton aikaan syötettävä toinen sato oli jäässä, joten se on otettava huomioon. Aikaa kului noin 90 minuuttia. Tilanväki arvioi rehukeittiön täytössä kuluvan ajan noin tunniksi, kun rehu ei ole jäässä. Käytän tunnin työaikaa, koska pitempi työaika ei riipu ruokintajärjestelmästä. Lisäksi kesällä joka päivä täyttäminen vie ajasta vain puolet, koska rehuakin täytetään vain puolet normaalista määrästä. Näin ollen työaikaa kuluu vuodessa 183 tuntia.

Tämän vaihtoehdon energiankulutusta en voi laskea millään laskurilla, vaikka alun perin tarkoitus oli laskea se omalla laskurillaan. Huomasin että laskuri ei sovi energiankulutuksen laskemiseen, vaan pelkästään vertailuun. Tämän takia toimeksiantaja pyrki hankkimaan energiankulutustietoja Vector laitteista. Työajan palkka on 15,90 euroa ja vuodessa töitä ruokintalaitteen kanssa tehdään 183 tuntia, vuodessa työajan palkka on 2 902 euroa.



KUVIO 9. Tilan 5 automaattisen sekoitus- ja ruokintarobotti kustannukset

Kuluista pienin on työajankäyttö ja toiseksi pienin huolto. Kaaviosta on helppo todeta, että laitteiden hankintahinta ja rehukeittiö ovat suurimmat kulut. Muilta osiltaan järjestelmä on pienikuluinen.

5.6 Tila 6: automaattinen sekoitus- ja ruokintarobotti

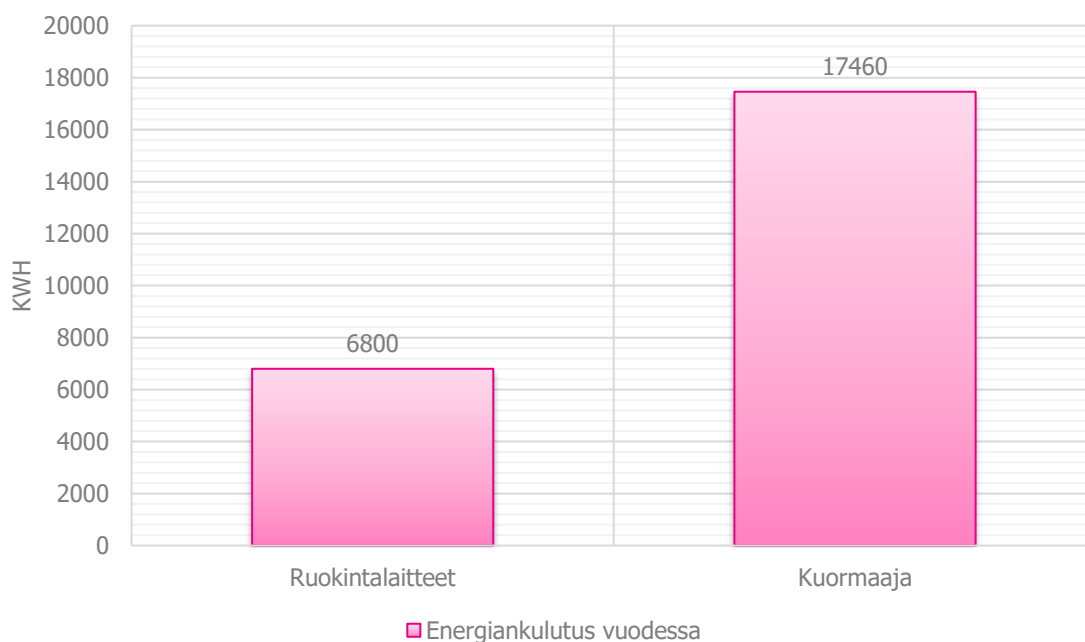
En päässyt vierailemaan tällä tutkimustilalla, mutta tein puhelinhaastattelun. Kyseinen tila valikoitui tutkimuskohteeksi ja tutkimus tehtiin vain haastattelemalla, koska tilalla mitataan ruokintajärjestelmän energiankulutusta jatkuvasti sähkömittarilla. Tilalla en päässyt käymään pitkän välimatkan takia. Kuitenkin kaikki tutkimuksen kohteet saatiin luotettavasti ja hyvin tutkittua haastattelemallakin. Tilalla on vuonna 2014 käyttöön otettu ruokintajärjestelmä. Laite ja järjestelmä on samanlainen kuin tilan 5: automaattinen sekoitus- ja ruokintarobotti. Rehukeittiön täyttö tehdään pienellä pyöräkuormaajalla. Rehukeittiö täytetään joka päivä, mikä johtuu siitä että tilalla on huono rehuleikkuri, jolla ei saa kunnollisia rehupaloja leikattua. Tämän takia rehukeittiötä ei voi täyttää useamman päivän ajaksi.

Ruokintajärjestelmä on maksanut 130 000 euroa. Lisäksi rehukeittiö on maksanut 60 000 euroa. Kaikkiaan järjestelmä lisärakennuksineen on maksanut 190 000 euroa. Laitteen perushuoltopaketti maksaa 2500 euroa. Lisäksi huoltokustannuksia kertyy työstä ja komponenteista mutta näitä tietoja en saanut. Käytän kokonaisuuden vertailussa tilan 5. huoltohintoja.

Työajan tilalla tiedettiin olevan 30 – 40 minuuttia päivässä. Rehujen lastausaikaa oli mitattu ja keskiarvoksi saatiin 35 minuuttia. Tätä tukee myös se, että toisella automaattisen järjestelmän tilalla työaika oli samaa luokkaa. Muuta työaikaa järjestelmään ei kuulunut.

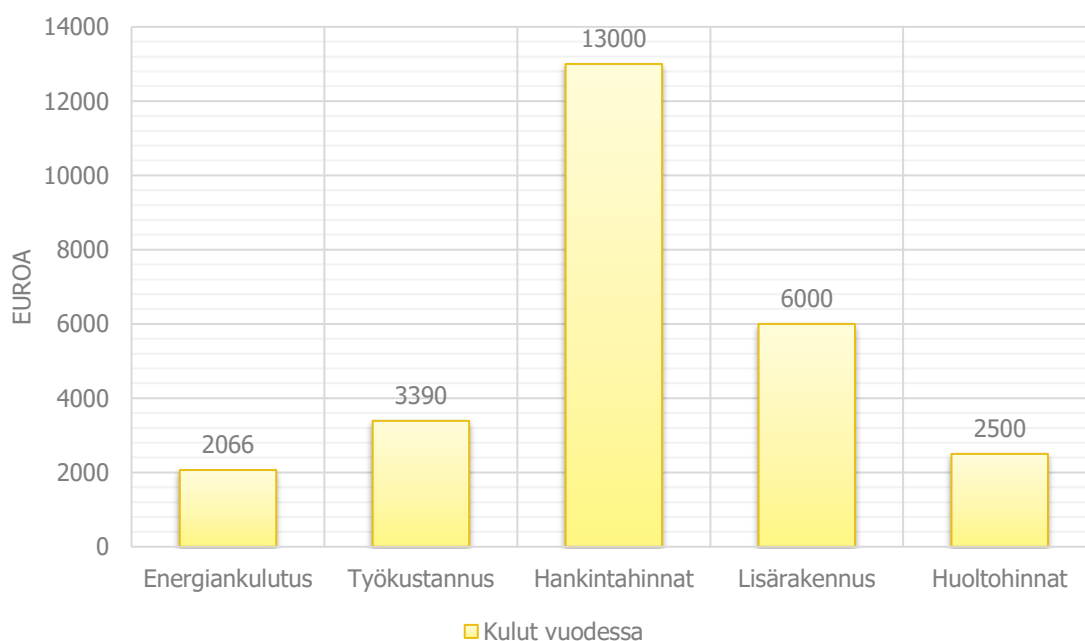
Energiankulutustiedot tilalta ovat hyvin tarkkoja, sillä laitteet ovat jatkuvasti energiamittarin takana. Laite on asennettu 2014 ja ja huhtikuuhun mennessä energiaa on kulunut 26 000 kilowattituntia.

Vuositasolla energiaa on kulunut siis noin 6800 kilowattituntia. Laitekohtainen erittely ei ollut mahdollista, koska sähkömittari laskee kaiken yhteen. Ruokkintalaitteen sähkö maksaa 795 euroa vuodessa. Lisäksi kuormaajaa käytetään 35 minuuttia päivässä ja vuodessa 213 tuntia. Teholtaan kuormaaja on noin 60 kilowattituntia. Kuormaajan kulutuksen laskin Erkka-hankkeen laskurilla, traktorin kaavalla. Kulutukseksi tuli 1746 litraa. Energiana se on 17 460 kilowattituntia. Yhteensä energiaa kuluu tilalla ruokintaan 24 260 kilowattituntia.



KUVIO 10. Tilan 6 automaattisen sekoitus- ja ruokintarobotti energiankulutus

Työaika kuluu rehujen lastauksessa rehukeittiöön. Tilalla käytetään kolmea eri rehulaatua. Niiden lastaukseen päivässä kuluu 35 minuuttia. Vuodessa työaika kuluu 213 tuntia. Työtunnin hinta on 15,90 euroa. Yhteensä vuodessa työajan hinta on 3390 euroa.



KUVIO 11. Tilan 6 automaattisen sekoitus- ja ruokintarobotti kustannukset

Kustannuksista kaikkein suurin osuus on laitteiden hankintahinta. Selvästi pienin kulu on energiankulutus. Sähköenergian kustannus onkin varsin pieni ja polttoaineen energiankustannus on huomattavasti suurempi. Työajan palkkakin on varsin pieni osuus kokonaiskustannuksista. (kuvio 11.)

5.7 Tila 7: hinattava apevaunu

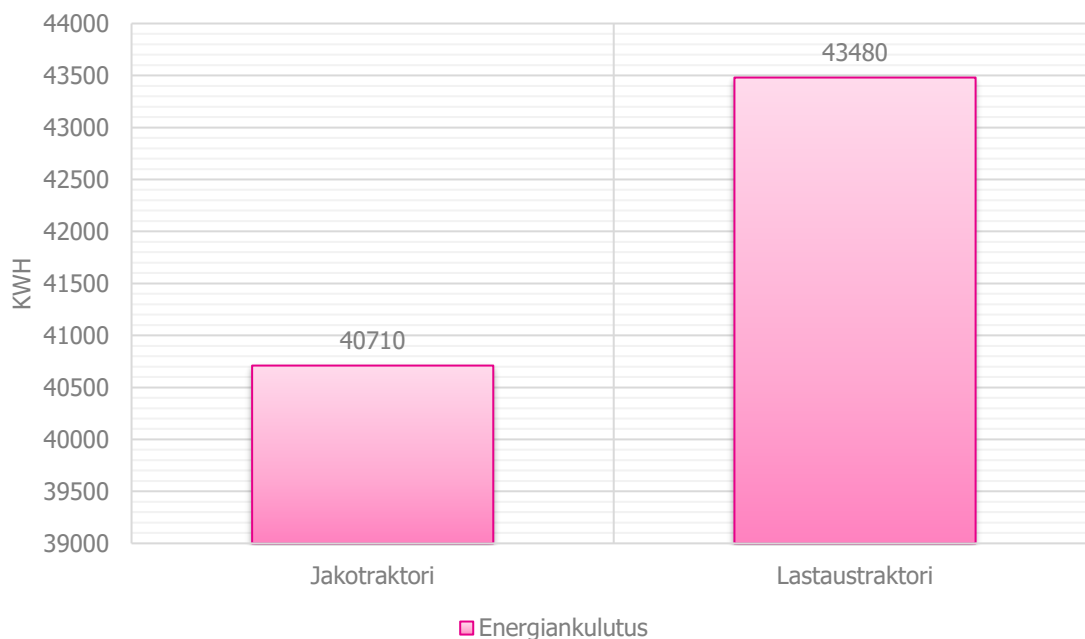
Tilalla on vuonna 2015 rakennettu navetta ja lehmät ruokitaan hinattavalla apevaunulla. Karkearehu säilötään laakasiiloihin. Apevaunua vedetään traktorilla jonka teho on 127 kilowattia. Apevaunu lastataan traktorilla joka on teholtaan 80 kilowattia. Apevaunu ajetaan siilojen lähelle, jossa lastaus ja sekoitus tapahtuu. Tämän jälkeen apevaunu ajetaan navetan ruokintapöydälle, jossa rehu jaetaan eläimille. Lypsylehmät ruokitaan kerran päivässä ja umpilehmät ruokitaan joka kolmas päivä. Apevaunua ja traktoria ei säilytetä missään varastossa, vaan niitä säilytetään ulkona.

Apevaunu on maksanut uutena ostettaessa 35 000 euroa, tämä kappale on kuitenkin ollut esittelykone ja on siksi ollut huomattavan edullinen. Uusi vaunu olisi maksanut isännän arvion mukaan noin 50 000 euroa. Jakotraktori on maksanut aikanaan 48 000 euroa ja sillä ajetaan keskimäärin 1 000 tuntia vuodessa. Traktorin arvon ruokintakäyttöön jaoi kulutettujen tuntien mukaan. Kyseisellä tilalla apevanulle ei ole varastoa, tulee kuitenkin ottaa huomioon, että apevaunun säilyttäminen ulkona laskee vaunun käyttöikää tai lisää ainakin huoltokustannuksia. Huoltokustannuksiksi tilalla arveltiin kuluvan 2 000 euroa vaunuun ja 2 000 euroa traktoriin, yhteensä 4 000 euroa.

Työajankäytön tarkistin GoPro-kameralla. Kamera kuvasi tilalla kahden päivän ajan. Työaikaa kului rehunlastaukseen ja –sekoitukseen 38 minuuttia vuorokaudessa. Rehua jaetaan 8 minuuttia päivässä. Yhteensä lehmien ruokintaan kuluu aikaa 46 minuuttia. Umpilehmien ruokintaan aikaa kuluu 46 minuuttia kerralla. Sekoitukseen ja lastaukseen 36 minuuttia ja ruokintaan 10 minuuttia.

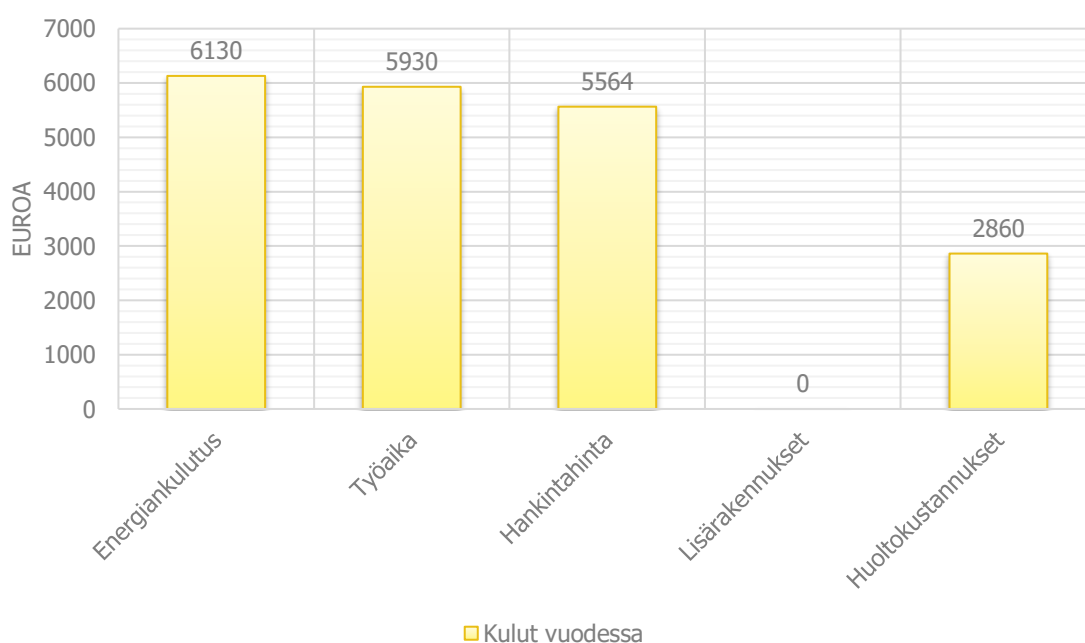
Energiankulutuksen laskin Erkkä-hankkeen laskurilla. Tässä tapauksessa minun ei tarvinnut laskea muuta, kuin jakotraktorin ja lastaustraktorin käyntiajat. Lisäksi ruokinnassa erotellaan sekoitus- ja jakoaika. Lastaustraktoria käytetään lehmien ruokinnan yhteydessä 32 minuuttia. Samaan aikaan sekoitetaan rehuseosta ja yhteensä sekoitusaikaa kertyy 38 minuuttia. Jakamiseen aikaan jakotraktori pyörii 8 minuuttia. Laskurin mukaan lastaustraktori pyörii vuodessa 195 tuntia. Sekoitukseen kuuluu vuodessa 231 tuntia ja rehunjakamiseen 110 tuntia. Vuodessa traktorit pyörivät lehtiä ruokittaessa 536 tuntia. Polttoainetta kuluu laskurin mukaan 6512 litraa. Energiaksi muunnettuna tämä tekee 65 120 kilowattituntia. Umpilehmien ruokinnan aikaan lastaustraktori pyörii 30 minuuttia ja sekoitus kestää 36 minuuttia. Rehun jakamiseen kuluu aikaa kymmenen minuuttia. Yhteensä vuodessa lastaukseen kuluu aikaa 61 tuntia, sekoitukseen 73 tuntia ja jakoon 20 tuntia. Yhteensä koneet pyörivät umpilehmiä ruokittaessa 154 tuntia vuodessa. Tämä kuluttaa vuodessa 1 908 litraa polttoöljyä ja energiaksi muunnettuna tämä tekee 19 080 kilowattituntia. Yhteensä vuodessa kuluu 8 420 litraa polttoainetta ja energiaa 84 200 kilowattituntia ruokintaan. Lastaustraktori kuluttaa 40 710 kilowatti-

tuntia ja jakotraktori 43 480 kilowattituntia. Polttoöljyn kustannukset ovat vuodessa 6 130 euroa. Energiankulutuksen jakauma näkyy hyvin kuviosta 12.



KUVIO 12. Tilan 7 hinattavan apevaunun energiankulutus

Vuodessa työaika kuluu lehmien ruokintaan pyöreästi 280 tuntia. Umpilehmien ruokintaan työaika kuluu pyöristettynä 93 tuntia vuodessa. Yhteensä työajankulutus on 373 tuntia. Kun työtunnin hinta on 15,90 euroa, vuodessa työhön käytetyn ajan palkka on 5 930 euroa.



KUVIO 13. Tilan 7 hinattavan apevaunun kustannukset

Jakotraktoria käytetään vuodessa 1 000 tuntia josta ruokinnan osuus on 434 tuntia vuodessa. Traktorin kuluista 43% kuuluu ruokinnan kustannuksiin, eli 860 euroa huoltokustannuksista ja 20 640

euroa hankintahinnasta. Kaaviosta voidaan todeta, että energiankulutus, työajanpalkka ja hankintahinnan lyhennys ovat lähes yhtä suuria. Huoltokustannukset ovat muihin kuluihin verrattuna noin puolet (kuvio 13).

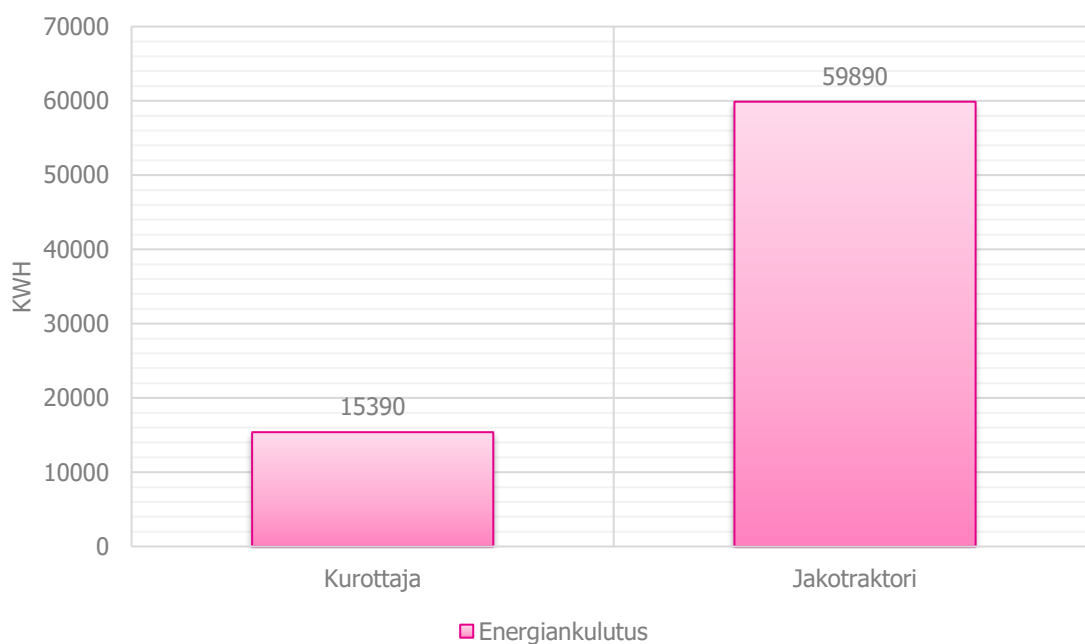
5.8 Tila 8: hinattava apevaunu

Tilalla on vuonna 2010 valmistunut navetta ja lehmät sekä umpilehmät ruokitaan hinattavalla apevaunulla. Karkearehu säilötään tilalla laakasiiloihin. Apevaunua vedetään traktorilla, joka on teholtaan 120 kilowattia. Apevaunu on kooltaan 25 kuutiometriä. Lastaus tilalla tehdään kurottajalla, joka on teholtaan 50 kilowattia. Apevaunu ajetaan siilojen lähelle, josta lastaus tehdään samalla, kun rehua sekoitetaan. Kun seos on valmis, ajetaan apevaunu navetan ruokintapöydälle, jossa ruokinta tapahtuu. Tilan lehmät ruokitaan kerran päivässä ja umpilehmät kerran puolestoista päivässä. Talvisin apevaunua säilytetään navetassa ruokintapöydällä. Tässäkään vaihtoehdossa laitteita ei säilytetä missään erillisessä varastossa.

Apevaunu on maksanut uutena 82 000 euroa ja jakotraktori 14 440 euroa. Jakotraktorilla tehdään noin 100 tuntia muuta työtä. Varastoinnista ei tule lisäkustannuksia, koska apevaunua säilytetään navetan ruokintapöydällä. Huoltokustannuksia tilalla tulee noin 3 000 euron verran.

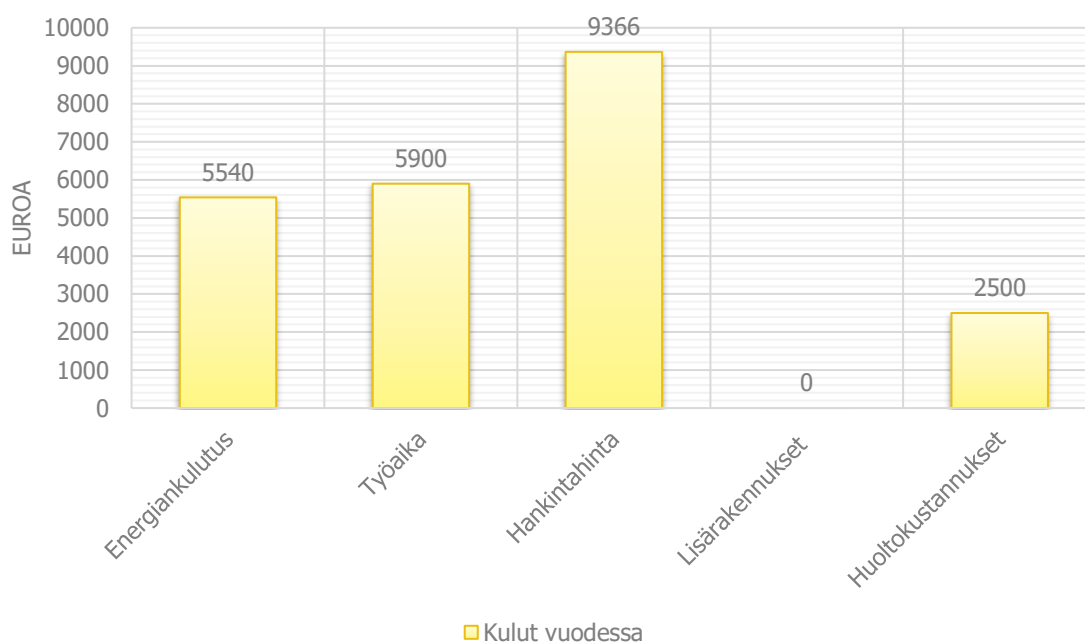
Työajankäytön tarkistin GoPro-kameralta, joka kuvasi appeen tekoa tilalla kaksi päivää. Työaikaa kuluu rehun lastaukseen, rehun sekoitukseen ja rehun jakoon. Lehmien rehun tekoon kuluu kokonaisuudessaan 52 minuuttia päivässä. Rehunlastaukseen käytetään päivittäin työaikaa 26 minuuttia ja sekoitukseen 43 minuuttia. Sekoitus- ja lastausaika menee päällekkäin. Rehua jaetaan 10 minuuttia. Umpilehmien ruokintaan käytetään aikaa 29 minuuttia kerralla. Rehu jaetaan umpilehmille kaksi kertaa kolmessa päivässä. Lastaukseen kuluu aikaa 16 minuuttia ja sekoitukseen 26 minuuttia. Rehua jaetaan kolme minuuttia. Työaikaa kuluu ruokintaa vuodessa 434 tuntia. Umpilehmien ruokintaan aikaa kuluu 118 tuntia ja lehmien ruokintaan 316 tuntia.

Energiankulutuksen laskin Erkkä-hankkeen laskurilla. Samaan tapaan tilan 7. kanssa energiankulutus laskettiin vain lastaustraktorille ja jakotraktorille. Tähän sain tulokset GoPro-kameralta, josta pystyin erottelemaan koneiden käytön lastaukseen, sekoitukseen ja jakamiseen. Lehmien rehujen lastaukseen kuluu traktorin aikaa 26 minuuttia ja sekoitukseen 43 minuuttia. Rehuseoksen jakoon käytetään aikaa kymmenen minuuttia. Vuodessa lastaustraktori pyörii 158 tuntia ja jakotraktori 316 tuntia. Kokonaiskäyntiaika on 481 tuntia ja koneet kuluttavat vuodessa 5 541 litraa polttoainetta, eli energiaa kuluu 55 410 kilowattituntia. Umpilehmien rehujen lastaukseen käytetään aikaa 16 minuuttia sekoitukseen 26 minuuttia ja jakoon kolme minuuttia. Vuodessa lastaustraktori pyörii 65 tuntia ja jakotraktori 118 tuntia. Yhteensä vuodessa koneet pyörivät 183 tuntia, kuluttavat 2 070 litraa polttoainetta ja kuluttavat energiaa 20 700 kilowattituntia. Kaikkiaan ruokintakäytössä koneet pyörivät 657 tuntia. Kuvioon 14. olen sijoittanut jakotraktorin ja kurottajan kuluttaman energian. Vuodessa polttoaineen kulut ovat 5 540 euroa.



KUVIO 14: Tilan 8 hinattavan apevaunun energiankulutus

Vuodessa lehmien ruokintaan kuluu työaika 316 tuntia ja umpilehmien ruokintaan 118 tuntia. Yhteensä työajankäyttö vuodessa on 434 tuntia. Kun työtunnin hinta 15,90 euroa saadaan vuodessa kulutetun työajan hinnaksi 6 900 euroa.

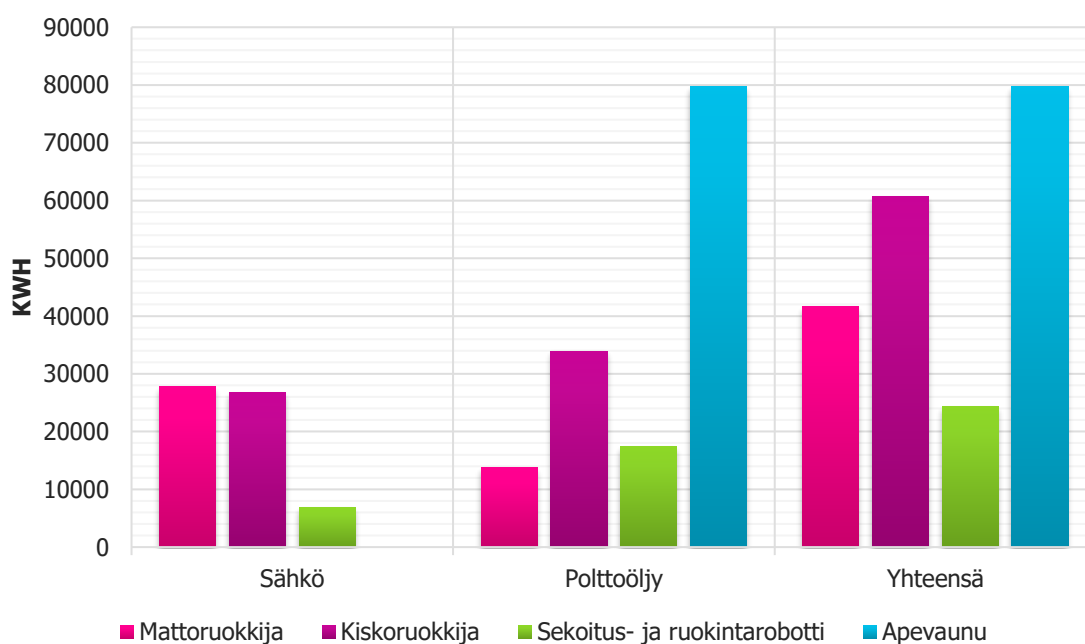


KUVIO 15: Tilan 8. hinattava apevaunu kustannukset.

Jakotraktorilla tehdään yhteensä 534 tuntia töitä, joista 434 tuntia on ruokintatöitä. Kustannuksista siis 19% on laskelman ulkopuolelle jäävää. Huoltokustannukset ovat noin 2 500 euron luokkaa. Muuta työtä on niin vähän, että ei ole perusteltua jakaa huoltokustannuksia ruokinnan ulkopuolelle. (kuvio 15.)

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Sähköenergiaa käyttää kolme eri ruokintajärjestelmää, matto- ja kiskoruokkija sekä sekoitus- ja ruokintarobotti. Niistä selvästi vähiten kuluttava järjestelmä on sekoitus- ja ruokintarobotti. Matto- ja kiskoruokkijajärjestelmät kuluttavat lähes yhtä paljon molemmat. Niiden sähkönkulutus on kuitenkin noin neljä kertaa enemmän kuin sekoitus- ja ruokintarobotin. Polttoainetta kuluu vähiten mattoruokkijajärjestelmässä. Polttoaineenkulutus ei kuitenkaan ole niinkään riippuvainen ruokintajärjestelmästä vaan tilojen konevalinnoista. Kiskoruokkijajärjestelmissä tehtiin paljon traktoritöitä ja tilan 3 (automaattinen kiskoruokkija) traktori oli reilusti ylimitoitettu. Lisäksi kiskoruokkijajärjestelmällä kului selvästi muita automaattisia järjestelmiä enemmän aikaa rehun lastaukseen, mikä selittää suuren polttoaineen kulutuksen. Oletetusti eniten polttoainetta kului hinattavalla apevaunulla. Yhteensä ruokintaan kului vähiten energiaa sekoitus- ja ruokintarobottia käyttävillä tiloilla ja eniten tiloilla joilla on käytössä hinattava apevaunu. Apevaunujärjestelmä kuluttaa yli kolme kertaa enemmän energiaa kuin sekoitus- ja ruokintarobottijärjestelmä. Mattoruokkija on kokonaisenergiankulutuksessa toiseksi energiatehokkain, kulutus on noin puolet apevaunusta. (taulukko 2, kuvio 16.)

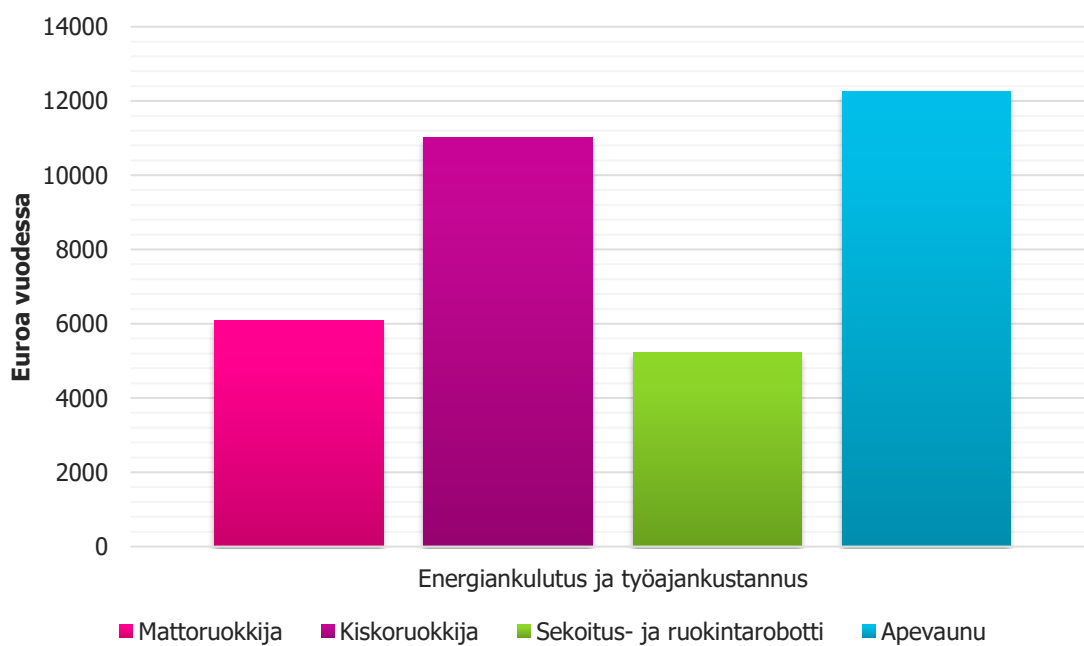


KUVIO 16. Järjestelmien energiankulutus ja -kustannus

Työaikaa kuluu ruokintaan kaikkein vähiten mattoruokkijajärjestelmällä ja eniten apevaunujärjestelmällä. Sekoitus- ja ruokintarobottin työntarve toiseksi pieni, ollen noin puolet apevaunun työntarpeesta. Kiskoruokkijajärjestelmä on näillä tiloilla huono vertailukohde, koska työajankäyttöä ei ollut oikein saatu optimoitua ja rehunajoa oli paljon. Sekoitus- ja ruokintarobotti on toiseksi tehokkain työajankäytössä. Työajan palkka on suoraan verrannollinen työtunteihin, joten halvin vaihtoehto on mattoruokkija ja kallein apevaunu. (taulukko 2.)

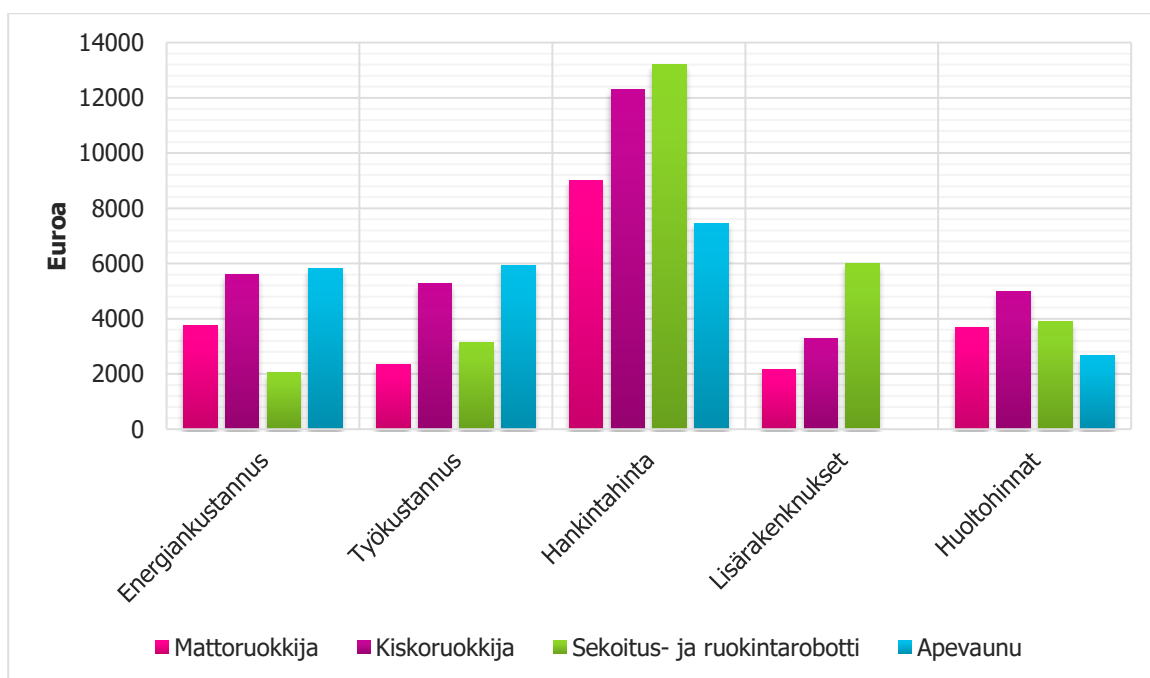
TAULUKKO 2. Ruokintajärjestelmien energiankulutus ja kustannukset, sekä työaika ja työajan palkka

	Säh- kö, kWh	Polttoai- ne, kWh	Yhteen- sä, kWh	Energiankustan- nus, €	Työajankäyt- tö, h	Työ- ajan palk- ka, €
Automaatti- nen matto- ruokkija	27 865	13 728	41 593	3 758	146	2 328
Automaatti- nen kisko- ruokkija	26 785	33 915	60 700	5 726	332	5 289
Sekoitus- ja ruokintaro- botti	6 800	17 460	24 260	2 066	198	3 148
Hinattava apevaunu		79 735	79 735	5 835	404	6 424



KUVIO 17. Ruokintajärjestelmien energiankustannus ja työajan palkka yhteensä

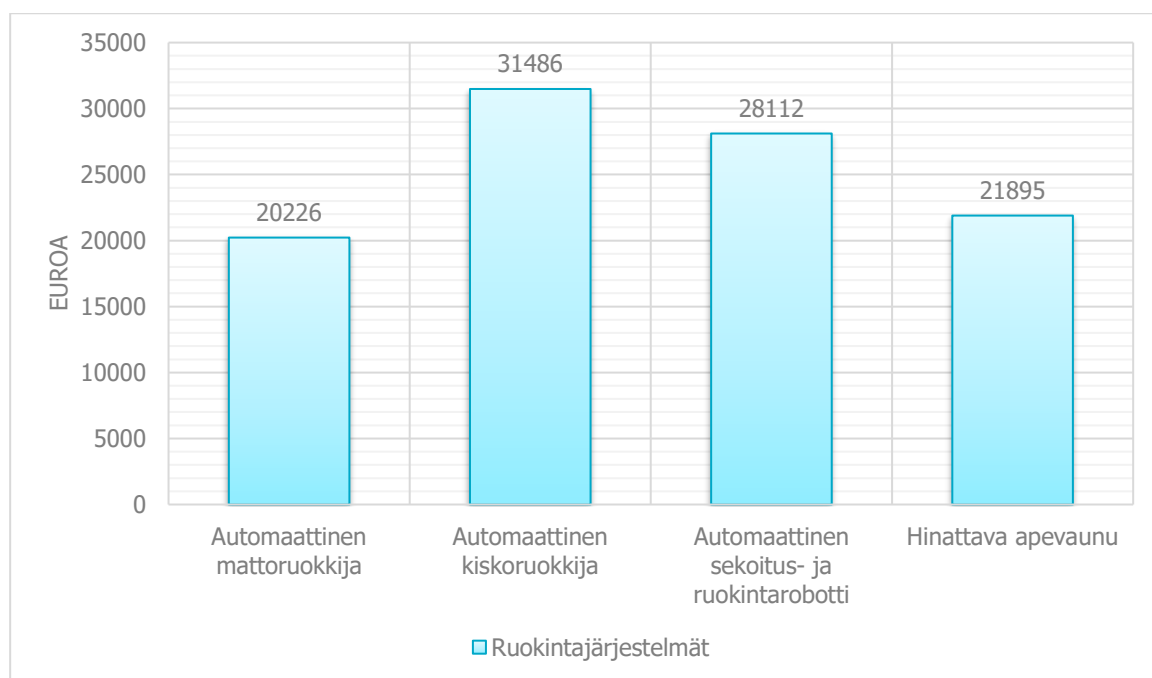
Energiankustannus ja työajan palkka yhteensä on kaikkein suurin apevaunujärjestelmässä. Kaikkein pienin kustannus on sekoitus- ja ruokintajärjestelmissä. Toiseksi pienin kustannus on mattoruokkijajärjestelmissä. Kiskoruokkijoiden kustannus on lähes yhtä paljon kuin apevaunujärjestelmissä. Vaihteluväli pienimmän ja suurimman kustannuksen välillä on jopa yli kaksinertainen. (kuvio 17.)



KUVIO 18. Ruokintajärjestelmien kustannusten vertailu eri osa-alueilla

Energiankustannuksen osalta kiskoruokkija ja apevaunu ovat kalleimpia. Halvin on sekoitus- ja ruokintarobotti ja näiden väliin asettuu mattoruokkija. Apevaunu on työkustannuksiltaan selvästi kallein ja kiskoruokkijan työkustannukset ovat vain hieman sitä pienemmät. Pienin työkustannus muodostuu mattoruokkija käytettäessä ja vain hieman suuremmat työkustannukset aiheuttaa sekoitus ja ruokintarobotti. (kuvio 18.)

Hankintahinnaltaan kaikkein kalleimmat ovat sekoitus- ja ruokintarobotti ja kiskoruokkija. Mattoruokkijajärjestelmät ovat yllättävän edullisia. Kaikkein halvin vaihtoehto on hinattava apevaunu. Vertailussa toinen vaunuista oli huomattavan halpa ja toinen selvästi kalliimpi. Apevaunujen hinaustraktorit ovat tutkimustiloilla hyvin edullisia. Lisärakennuksista kallein on sekoitus- ja ruokintarobottin rehukeittiö, ja seuraavaksi kallein kiskoruokkijan rehuhuone. Kiskoruokkijan ja mattoruokkijan rehuhuone voidaan periaatteessa toteuttaa täysin samalla tavalla. Mattoruokkijoiden rehuhuoneet ovat kohtalaisen pieniä ja hyvin tarkasti mitoitettuja. Ruokintajärjestelmien huoltohintojen erot ovat pieniä. Kallein on kiskoruokkija- ja halvin apevaunujärjestelmä. Huomioitavaa on, että kiskovaunujärjestelmän huoltohinta saatiin vain toiselta tutkimustilalta. (kuvio 18.)



KUVIO 19. Ruokintajärjestelmien kokonaiskustannusten vertailu

Kokonaiskustannuksiltaan kaikkein kallein ruokintajärjestelmä on automaattinen kiskoruokkija. Kaikkein halvimmaksi tulee automaattinen matoruokkija. Matoruokkija on noin kolmanneksen halvempi kuin kiskoruokkijajärjestelmä. Toiseksi halvin on hinattava apevaunu. Sekoitus- ja ruokintarobotti on toiseksi kallein järjestelmä. Huomioitavaa on kuitenkin, että tilat joilla apevaunujärjestelmää tutkittiin, ei ollut minkäänlaista varastoa apevaunulle. (kuvio 19.)

7 PÄÄTÄNTÖ

Opinnäytetyössäni vertailin ruokinta- järjestelmiä ja esittelin suuntaa antavia lukuja energiankulutuksesta, työajankäytöstä, hankintakustannuksista, lisärakennusten kustannuksista ja huoltokustannuksista. Työ oli kattava ja tuo hyvin esille eri järjestelmille ominaisia kuluja ja millaisilla ratkaisuilla olisi mahdollista säästää niin ruokintajärjestelmää valittaessa kuin vanhaa järjestelmää käytettäessä.

Työn heikko kohta on vähäinen otanta. Työn luotettavuus jäi hyvin suuntaa antavaksi, kun kaikki tutkimustilat eivät olleet kaikilta tutkimusalueiltaan sopivia vertailuun, eikä kaikilta tiloilta saatu joko kaiseen kysymykseen vastausta. Tutkimustiloja hankittaessa ei osattu ennakoida eikä kartoittaa tarpeeksi hyvin tilojen soveltuvuutta tutkimukseen. Tilojen otanta olisi myöskin voinut olla suurempi, mikä olisi tuonut luotettavuutta vertailuun. Harmittavaa oli etenkin, se että osalta tiloista jäi selkeitä tutkimustietoja pois. Tämä johtui siitä, että kun jokin tieto jäi tilalla arvailun varaan, sovittiin että asia tarkistetaan ja lähetetään tieto jälkeempään. Näissä tapauksissa tieto jäi usein saamatta kokonaan. Yhteistyö tilojen kanssa ja aikataulujen sovittelu oli yllättävän haastavaa. Monet tilat eivät halunneet tutkimukseen osallistua ja aikataulu venyi, kun useamman tilan tutkimisajankohta siirtyi useaan otteeseen. Tässä tuli haaste sovittaa GoPro-kameran kuvaukset, kun osa tilojen tutkimuksista meni samalle päivälle tai niin lähekkäin, että kamera ei ehtinyt kuvata joka tilalla. Pahimmillaan kamera oli jätetty tilalle, mutta sitä ei muistettu laittaa päälle ruokintatyön yhteydessä. Mikäli kaikkien tilojen työaika olisi haluttu tutkia kameralla, olisi tutkimuksiin pitänyt varata aikaa vähintään kaksin verroin. Hyvä asia oli kuitenkin, että kamera saatiin kuvaamaan molemmilla apevaunutiloilla. Tällä aikataululla työtä olisi myös pitänyt rajata tarkemmin.

Työssä huolto, hankintahinnat ja lisärakennukset ovat jääneet hieman taka-alalle. Osalla tiloista tiedot olivat hyvinkin tarkkoja ja osalla hieman liian suurpiirteisiä. Aikatauluun ja omaan ajankäyttöön nähden näissä oli turhan paljon lisätyötä, kun energiankulutus ja työaika pyrittiin tutkimaan hyvin ja luotettavasti. Usein muu jäi energiankulutuksen ja työajan varjoon. Mielestäni työ on kaikesta huolimatta hyvä ja huolellisuuteen on pyritty. Mielestäni riittävään tarkkuuteen ei päästy kiskoruokkijajärjestelmässä, mutta muiden vaihtoehtojen kohdalla tarkkuus on riittävä.

Lisäksi huomasimme toimeksiantajan kanssa jälkeempään, että osassa vaihtoehtoisissa oli asennushinta hankintahinnan sisällä ja osalla hankintahintaan kuului todennäköisesti pelkästään laitteiden hinta. Jälkeempään kyselin vielä tiloilta oliko asennushinta mukana vai ei. Selvisi että asennuksia oli tehty paljon omalla työllä, jolloin asennushinnan selvittäminen tuli mahdottomomaksi. Kuitenkin toimeksiantajan kanssa keskusteluissa tuli ilmi, että kiskoruokkijan ja matoruokkijan asennushinta on karkeasti 7 000 – 10 000 €. Tältä osa-alueelta tutkimukseen jäi myös epätarkkuutta.

Periaatteeni oli, että tutkimustilat käsitellään nimettömänä. Osa tiloista olisi ollut suostuvainen jakamaan tulokset omalla nimellään. Totesin, että on helpompaa hankkia tiloja tutkimukseen, pitämällä kaikki tilat anonyymeinä kuin käsitellä tiloja nimellä.

Oma ammattitaitoni kasvoi monella eri alueella työtä tehdessä. Tiloja tutkiessa opin, millä tavalla eri ruokintajärjestelmät toimivat ja mitä kaikkea ruokintaan kuuluu. Lisäksi monella tilalla opin paljon siitä millaista teknologiaa laitteet sisältävät. Monet tutkimustilan laitteet tekevät paljon muutakin kuin jakavat rehun. Esimerkiksi sekoitus- ja ruokintabotti, Vector, mittaa rehunkulusta ja jakaa vain tarpeen mukaan. Lisäksi robotti laskee missä määrin ruokinta on taloudellisesti kannattavaa. Käytännön opin lisäksi sain kokemusta tutkimisesta. Opin että tutkimisen tulee olla tarkoin suunniteltua ja pohjatöitä tiloja hankkiessa pitää tehdä paljon. Lisäksi tulosten merkitseminen tulee tehdä huolella ja tulosten kirjoittaminen ei ole aina helppoa. Kirjallisen työn myötä tulosten ja johtopäätösten analysointi opetti paljon. Uskon että tulevaisuudessa oppimastani on hyötyä.

Jatkokehitysideana työlle on tarkempi energiankulutuksen ja työajan tutkiminen. Energiankulutus olisi hyvä tehdä todellisen kulutuksen mukaan ja pitemmällä aikavälillä. Kulutuksen voisi mitata sähkömittarilla jopa viikon ajalta. Tällöin tuloksiin saisi pitkän ajan vertailun ja todellisen energiankulutuksen, jolloin voitaisiin päästä jo tarkkoihin vertailuihin vaihtoehtojen välillä. Työajankäyttö olisi hyvä saada tutkittua GoPro-kameralla jopa viikon ajalta. Myös tutkimustiloja olisi hyvä olla useampia. Tällöin saataisiin luotettavampaa tietoa työajankäytöstä ja vertailu olisi luotettavampi ja tarkempi. Tämä vaatisi kuitenkin useamman tekijän tutkimukseen ja paljon aikaa.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

ENERGIA-AKATEMIA s.a. Energia-akatemia. [Verkkajulkaisu]. Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Helsingin yliopisto ja Euroopa maaseudun kehittämisen maatalousrahoitus: Eurooppa investoi maaseutualueisiin. [Viitattu 2018-01-22.] Saatavissa: <http://www.energia-akatemia.fi>

SAVONIA-AMK s.a. Energiatietohakas tuotantorakennus [verkkajulkaisu]. Savonia ammattikorkeakoulu. [Viitattu 2018-01-22.] Saatavissa: <http://erkka.savonia.fi/>

SAVONIA-AMK s.a. Laskurit. [Verkkosivu]. Energiatietohakas tuotantorakennus. [Viitattu 2018-02-3.] Saatavissa: <http://erkka.savonia.fi/energiatietopankki/laskurit>

HÄNNINEN, Jarno 2018-04-20. Rakennusinsinööri. [Sähköinen haastattelu.] RP-Talot.

KARTTUNEN, Janne 2010. Rehunjakko tekniikka. Julkaisussa: KYNTÄJÄ, Juho, NOKKA, Sanna, HARMOINEN, Taina (toim.) Lypsylehmän ruokinta. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy 96–101.

KERVINEN, Martti, PARKKILA, Irma ja KONTTINEN, Pasi 2014. MAOL. 3. painos. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

KYNTÄJÄ, Juho, TOIVAKKA, Minna, RINNE, Marketta, NOKKA, Sanna 2010. Ruokinnan optimointi. Julkaisussa: KYNTÄJÄ, Juho, NOKKA, Sanna, HARMOINEN, Taina. (toim.) Lypsylehmän ruokinta. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy. 87 – 92.

LELY s.a.a. Lely maidontuotantolaitteet. Sivu 38.

LELY s.a.b. Lely maidontuotantolaitteet. Sivu 39.

LELY s.a.c. Lely vector automaattinen ruokintajärjestelmä. Sivu 23.

LUKE s.a.a Maa- ja puutarhatalous, tuloslaskelma. [verkkajulkaisu]. Luonnonvarakeskus. [Viitattu 2018-02-06.] Saatavissa: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/taloustohtori/kannattavuuskirjanpito/taustatiedot/Tuloslaskelma/Kasitteiden_selityksia

LUKE s.a.b Tilastotietokanta [verkkajulkaisu]. Luonnonvarakeskus. [Viitattu 2018-01-07.] Saatavissa: http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__02%20Maatalous__04%20Tuotanto__12%20Kotieläin__10%20Lukumaara/03_Lypsylehmien_lukumaara_karjakokoluokka.px/table/tableViewLayout1/?rxid=a71e7129-42ff-46e9-9738-e50b47927761

MAA- JA METSÄTALOUSHALLITUKSEN ASETUS MAATALOUDEN INVESTOINTIEN HYVÄKSYTTÄVISTÄ YKSIKKÖKUSTANNUKSISTA 77/2018. Finlex Suomen säädöskokoelma. [Viitattu 2018-04-21.] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180077>

MTK 2014. Maatilojen kehitysnäkymät 2020. MTK Varsinais-Suomi. [verkkajulkaisu] [Viitattu 2018-01-09.] Saatavissa: https://www.mtk.fi/liitot/varsinaissuomi/tilaisuuksien_materiaalit/Tukineuvot2015/fi_FI/Tukineuvot2015/_files/95571333874148900/default/Maatilojen%20kehitysn%C3%A4kym%C3%A4t_MTK-Varsinais-Suomi_infot.pptx

POHJOLA, Anneli 2007. Eettisyyden haaste tutkimuksessa. Julkaisussa: VIIINAMÄKI, Leena JA SAARI, Erkki (toim.) Polkuja soveltavaan yhteiskuntatieteelliseen tutkimukseen. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy 13-14.

SAVON VOIMA 2018a. Kestovoima. [Verkkosivu]. Savon Voima. [Viitattu 2018-3-25.] Saatavissa: <https://www.savonvoima.fi/sahkon-myynti/kotitaloudet-ja-pienyriytkset/kestovoima/#sopimuslomake>

SAVON VOIMA 2018b. Sähkönsiirtohinnot 1.4.2018 alkaen. [Verkkosivu]. Savon Voima. [Viitattu 2018-3-25.] Saatavissa: https://www.savonvoima.fi/globalassets/dokumentit/hinnat-ja-ehdot/svv/sahkonsiirtohinnot_01042018.pdf

SUOMEN SÄHKKÖOPAS S.a. Sähkötekniikan yksiköt. [verkojulkaisu]. Suomen sähköopas. [Viitattu: 2018-02-22.] Saatavissa:

http://www.sahkoopas.com/sahkotietoa/tarpeet/laitteiden_kulutus/yksikot/

TEBOIL. 2018. Hintalaskuri. [Verkkosivu]. Teboil. Lainattu: 25.3.2018. Saatavissa:

<https://tilaus.teboil.fi/>

TOIVONEN, Marika 2010. Seosrehuruokintakartoitus Suomessa: Lypsylehmien seosrehuruokinnassa käytettävät rehukomponentit. Hämeen ammattikorkeakoulu, maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 2018-01-09.] Saatavissa:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/16154/Toivonen_Marika.pdf?sequence=1&isAllowed=y

TTL 2017. OVA-ohje: kevyt polttoöljy. 1.2 Yleisiä fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia. [Verkojulkaisu]. Työterveyslaitos. [Viitattu: 2018-04-20.] Saatavissa: <http://www.ttl.fi/ova/kepoltto.html>

TURUNEN, Mika 2013. Energian käyttö ja säästö maidontuotannossa. [Verkkodokumentti]. Julkaisussa: AHOKAS, Jukka. (Toim.) Energian kulutus ja säästö karjataloudessa. 49 – 99. Saatavilla:

<http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/60/Karjatalousrakennukset%20ja%20-koneet.pdf>

LIITE 1: SÄHKÖN JA POLTTOAINEEN HINTOJEN LASKELMAT

Sähkön ja polttoaineen keskihintalaskelmat

Talvisähkö voimassa 1.11. - 31.3. → 151 pv

		alv 24%	alv 0%
		snt/kWh	snt/kWh
Talvi	Sähkö	7,92	6,02
	Siirto	7,67	5,83
Yhteensä		15,59	11,85
Sähkövero			2,79
			14,64

$$\frac{151 \cdot 14,64 + 214 \cdot 9,61}{365} = 11,69$$

		alv 24%	alv 0%
		snt/kWh	snt/kWh
Kesä	Sähkö	6,63	5,04
	Siirto	2,34	1,78
Yhteensä		8,97	6,82
Sähkövero			2,79
			9,61

Oletetaan sama 5kk talvilaadulle

		alv 24%	alv 0%
		snt/litra	snt/litra
Kesä	Polttoaine	0,72	0,89
Talvi	Polttoaine	0,74	0,92

$$\frac{151 \cdot 0,74 + 214 \cdot 0,72}{365} = 0,073$$