



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
LUONNONVARA- JA YMPÄRISTÖALA

SÄILÖREHUHÄVIKKIEN SELVITTÄMINEN HAASTAVAA - MUTTA PALKITSEVAA

Case-tutkimukset pohjoissavolaisilla maatiloilla

TEKIJÄ: Herta Puustinen

Koulutusala Luonnonvara- ja ympäristöala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Agrologin tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä(t) Hertta Puustinen			
Työn nimi Säilörehuhävikkien selvittäminen haastavaa – mutta palkitsevaa			
Päiväys	19.5.2020	Sivumäärä/Liitteet	82/3
Ohjaaja(t) Hannu Viitala ja Heli Wahlroos			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Tuotantovarmuutta nurmesta -hanke / Kirsi Mäkinieniemi			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Säilörehussa esiintyy hävikkiä korjuussa, varastoinnissa, rehusäilön syöttövaiheessa sekä ruokinnassa. Osa hävikistä on näkymätöntä ja osa näkyvää. Kaikkea syntyvää hävikkiä ei voida välttää, mutta osa voidaan. Korkeankin satotason tuomat hyödyt voidaan menettää ja säilörehun laatu kärsiä, mikäli säilörehussa pääsee syntymään runsaasti vältettävissä olevia hävikkejä. Säilörehuhävikit aiheuttavat nautakarjatilaille suoria ja epäsuoria kustannuksia. Todellinen säilörehun tuotantokustannus olisi mahdollista selvittää rehuhävikkejä seuraamalla.</p> <p>Työn tavoitteena oli selvittää kuiva-ainehävikkejä säilörehun varastoinnin, syöttövaiheen sekä ruokinnan aikana. Työssä selvitettiin lypsykarjatilalla vuoden aikana syntyneet säilörehun kuiva-ainehävikki sekä laakasiiloon säilötyn säilörehun varastoinnin ja syöttövaiheen aikana syntyvä kuiva-ainehävikki. Lisäksi selvitettiin navetasta syntyneiden rehutähteiden määrä laakasiilon syötön aikana. Suomessa maatiloilla syntyvistä säilörehun kuiva-ainehävikkeistä ei juurikaan ole tietoa. Lisäksi työssä tavoitteena oli koostaa selkeä ohje tietokortin muodossa säilörehun kuiva-ainenäytteen ottamiseksi rehunteon yhteydessä aumalta tai siilolta. Edustava ja oikein tehty kuiva-ainenäytteenotto on edellytys rehusadon määrittämiseksi kuiva-aineena punnitus- tai kuormakirjanpitomenetelmällä. Säilörehun satomittaukset todennäköisesti lisääntyvät tulevaisuudessa, kun tiloilla panostetaan nurmentuotantoon yhä enemmän. Opinnäytetyön toimeksiantaja on Tuotantovarmuutta nurmesta -hanke.</p> <p>Maatilalla vuoden aikana syntyneen kuiva-ainehävikin määrä selvitettiin vertaamalla karjan säilörehunkulutusta punnittuun säilörehusaattoon. Karjan säilörehunkulutus laskettiin ruokintavuodelta 2018–2019 eläinten rehunkäyttöön ja -tarpeeseen perustuvalla Tilamallilaskentapohjalla. Säilörehusato oli punnittu tilalla vuonna 2018 EuroMaito -hankkeessa. Punnitusta säilörehusta vähennettiin vuoden tarkastelujakson päättyessä tilalla syöttämättömien säilörehujen määrä, jolloin punnitun sadon ja karjan säilörehunkulutuksen erotuksena saatiin syntyneet kuiva-ainehävikki. Mahdollisia vältettävissä olevia rehuhävikkejä ja niiden syntymissyitä selvitettiin tilan yrittäjälle suunnattujen kysymysten avulla. Laakasiilossa syntyneet kuiva-ainehävikki selvitettiin punnitsemalla laakasiiloon menneet rehu, sieltä syöttöön ja poistettavaksi otettu rehu. Myös navetasta syntyneet rehutähteet punnittiin. Tietokortti kuiva-ainenäytteenottamiseksi rehunteon yhteydessä koostettiin kirjallisuuden ja satopunnitusten perusteella. Opinnäytetyössä osallistuttiin säilörehun satotason määrittämiseen punnitusmenetelmällä kasvukaudella 2019 pohjoissavolaisella lypsykarjatilalla.</p> <p>Vuoden aikana säilörehun kuiva-ainehävikkiä lypsykarjatilalla syntyi 11 prosenttia. Laakasiilossa varastoinnin ja syöttövaiheen aikana kuiva-ainehävikkiä syntyi yhteensä 8 prosenttia. Navetasta syntyneiden rehutähteiden määrä laakasiilon syötön aikana oli 3,7 prosenttia tuoresadosta. Opinnäytetyössä laadittu tietokortti on saatavissa opinnäytetyön liitteenä.</p> <p>Kuiva-ainehävikit molemmissa tapauksissa ulkomaisiin tutkimustuloksiin verrattuna olivat tavanomaiset. Maatiloilla rehuhävikkien selvittäminen on haasteellista hävikkien monimuotoisuudesta johtuen. Säilörehun tuotantokustannuslaskelmassa olisi kuitenkin mahdollista huomioida tavanomaisesti syntyvä rehuhävikki, jolloin laskettu tuotantokustannus vastaisi paremmin todellisuutta, kuin laskettuna alkuperäiselle säilörehun tuotantomäärälle. Onnistuneen rehunsäilönnän ja syöttövaiheen tavoitteena voidaan pitää 6–16 prosentin kuiva-ainehävikkiä. Tehokkain keino minimoida säilörehuhävikki on tehdä säilörehu huolellisesti ja hallita rehun syöttövaihe hyvin. Navetasta syntyvien rehutähteiden määrä vaihtelee tilakohtaisesti muun muassa ruokintastrategian mukaan, mutta lypsyylehmillä tähteettömyys ei ole suositeltavaa syönnin maksimoimiseksi. Opinnäytetyön toimeksiantaja voi hyödyntää tuloksia sekä kirjallisuuskatsausta tilakohtaisissa tuotantokustannuslaskelmissa.</p>			
Avainsanat säilörehu, hävikki, kuiva-aine, satotaso			

Field of Study Natural Resources and the Environment			
Degree Programme Degree Programme in Agriculture and rural Industries			
Author(s) Hertta Puustinen			
Title of Thesis Determining Silage Dry Matter losses in Farm Scale			
Date	19.5.2020	Pages/Appendices	82/3
Supervisor(s) Hannu Viitala and Heli Wahlroos			
Client Organisation /Partners Production Certainty from Grass / Kirsi Mäkinieniemi			
<p>Abstract</p> <p>The aim of the thesis was to solve silage dry matter losses in Finland in farm scale. In the first case DM losses were defined on one dairy farm within one year and in the other case from one bunker silo. Residues from cowshed were also measured in the bunker silo case. The results are significant, because there is very little research data about DM losses in Finland. Also the aim of the thesis was to make a report card about taking a DM sample from a silo or a silage stack when filling. Correct DM sampling is a prerequisite when determining grass yield by weighing or calculating grass yield by counting loads. A guide about taking DM samples is needed, because in future grass yield measurements probably multiply. The client organisation of thesis was the project Production Certainty from Grass.</p> <p>On the dairy farm DM losses were defined by comparing the calculated herd's silage DM consumption to weighed silage yield. The bunker silo DM losses were calculated by total-in total-out method and weighing all spoiled materials from the silo. Also residues from the cowshed were weighed. The functional part of the thesis was a report card for taking a DM sample from a silo or a silage stack during silage making.</p> <p>DM loss on the dairy farm was 11 percent. DM storage and feed out losses in the bunker silo were 8 percent in total. Residues from the cowshed were 3,7 percent. The report card is available in the thesis appendix. DM losses in both cases were conventional when comparing to foreign researches. DM losses are challenging to solve on farms because of the versatility of losses. Conventional silage DM loss could be observed in silage production cost calculations so the costs would be closer to reality. In successful silage preservation and feed out phase the DM losses are 6–16 percent. Good silage management in packing, covering and removing the feed from the storage are the most effective ways to minimize DM losses. The amount of residues varies between farms for example by feeding strategy. To maximize dairy cows feed intake it is recommendable to have residues. The client of the thesis can utilize results and literature review in farm production cost calculations.</p>			
<p>Keywords grass silage, dry matter loss, silage yield</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	SÄILÖREHU.....	8
2.1	Säilörehun historiaa	8
2.2	Säilörehun koostumus	9
2.3	Säilörehun laatuvaatimukset lypsylehmille	10
2.3.1	D-arvo.....	10
2.3.2	Säilörehun käymislaatu.....	11
2.3.3	Syönti-indeksi	11
2.4	Rikkakasvien vaikutus säilörehun rehuarvoihin	12
2.5	Kokoviljasäilörehu	12
3	SÄILÖREHUN SATOTASON MÄÄRITTÄMINEN	13
3.1	Satotason määrittäminen punnitusmenetelmällä rehunkorjuun yhteydessä	14
3.2	Säilörehun satotason määrittäminen Tilamalli-laskentapohjalla.....	15
3.2.1	Lypsylehmien energiatarpeen määrittäminen	16
3.2.2	Hiehojen energiatarpeen määrittäminen	17
3.3	Rikkakasvien vaikutusten huomioiminen Tilamalli-laskentapohjassa.....	18
4	SÄILÖREHUN SÄILÖNTÄ	19
4.1	Säilöntäprosessi	19
4.2	Rehun esikuivauksen vaikutus säilöntään.....	20
4.3	Rehumassan hapettomuus	21
4.4	Rehumassan happamuus ja säilöntäaineet.....	22
4.5	Rehumassan puhtaus.....	24
4.6	Säilörehun säilöntäprosessi kokonaisuudessaan niitosta syöttövaiheeseen	25
5	SÄILÖREHUN KUIVA-AINEHÄVIKIT	26
5.1	Korjuussa tapahtuvat kuiva-ainehävikit.....	27
5.2	Säilörehun varastoinnin aikana tapahtuvat kuiva-ainehävikit.....	28
5.3	Rehusäilön syöttövaihe.....	30
5.3.1	Rehun syöttönopeuden ja rehumassan tiheyden vaikutus syntyviin kuiva-ainehävikkeihin	31
5.3.2	Rehun aerobinen stabiilius	32
5.3.3	Aerobisen pilaantumisen aiheuttamat kuiva-ainehävikit rehusäilön syöttövaiheessa	33
5.4	Ruokinnan yhteydessä syntyvät hävikit.....	34

5.5	Säilörehun varastoinnin, syöttövaiheen ja ruokinnan aikana syntyvät kuiva-ainehävikit.....	35
6	TYÖN TAVOITTEET, TARKOITUS JA TOTEUTUS	38
6.1	Tutkimuskohde: case-tila.....	39
6.2	Tutkimuskohde: case-siilo	40
6.3	Tutkimusmenetelmät	41
6.3.1	Case-tilan tutkimusmenetelmät	41
6.3.2	Case-siilon tutkimusmenetelmät ja tutkimussuunnitelma.....	42
6.4	Tutkimusten luotettavuus ja eettisyys	42
6.4.1	Case-tilan tutkimuksen luotettavuus	43
6.4.2	Case-siilon tutkimuksen luotettavuus.....	44
6.5	Case-tilan tutkimuksen toteutus.....	45
6.6	Case-siilon tutkimuksen toteutus.....	46
6.7	Satopunnitukset.....	48
6.7.1	Satopunnitukset case-tilalla	49
6.7.2	Tietokortin aihe ja laadinta	52
7	TULOKSET	54
7.1	Case-siilo.....	56
7.2	Satopunnitukset.....	58
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	60
8.1	Case-siilo.....	63
8.2	Satopunnitukset.....	66
8.3	Yhteenveto.....	67
9	PÄÄTÄNTÖ.....	72
9.1	Case-siilo.....	73
9.2	Satopunnitukset.....	73
9.3	Yhteenveto.....	74
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	75
	LIITE 1: KYSYMYPATTERISTO	83
	LIITE 2: REHUHÄVIKKISEURANTA	86
	LIITE 3: TIETOKORTTI	87

1 JOHDANTO

Suomessa säilörehu on maidontuotantotilojen tärkein perusrehu (FARMIT s.a.f.) Tilojen kannattavuuden kannalta on taloudellista tuottaa hyvälaatuista säilörehua tehokkaasti ja minimoida säilörehun korjuussa, varastoinnissa ja syöttövaiheessa syntyvät säilörehuhävikit. Lypsylehmän kannalta hyvälaatuinen säilörehu tarkoittaa niin sulavuudeltaan kuin käymislaadultaan riittävän hyvää rehua. (Jaakkola 2010, 63.) Tehokkaassa nurmituotannossa rehua tuotetaan yli 6 000 kuiva-ainekiloa hehtaarilta. Nurmentuotannon tehostamisen etuna ovat säilörehun tuotantokustannuksen pieneneminen sekä viljelyalan vapautuminen muiden viljelykasvien käyttöön, kun pienemmällä alalla voidaan tuottaa yhtä suuri sato. (Peltonen ja Sairanen 2010, 11.)

Säilörehun satomäärän tunteminen on edellytys tilan nurmentuotannon kehittämiseksi ja tuotantokustannuksen laskemiseksi. Tuotantokustannus ilmoitetaan yleensä senttiä per tuotettu kuiva-ainekilo (snt/ kg ka). Tuotantokustannus lasketaan jakamalla säilörehun tekokustannukset satomäärällä. Säilörehun sato voidaan määrittää esimerkiksi kasvustosta tai rehunteon yhteydessä eri menetelmillä. (Sairanen 2017; 2018a.)

Huomattavaa kuitenkin on, että hyväkin säilörehusato voidaan menettää, jos rehuntekoa, säilöntää ja syöttövaihetta ei hallita hyvin ja rehuhävikkejä ja laatutappioita syntyy kohtuuttomasti. Säilörehun todellinen tuotantokustannus olisikin mahdollista selvittää seuraamalla rehuhävikkejä. Osa rehuhävikistä on kuitenkin väistämätöntä ja säilörehun varastointihävikit ovatkin normaalisti 5–15 prosenttia (Nousiainen, Niskanen, Kainulainen ja Toivakka. 2010, 73). Vältettävissä olevia rehuhävikkejä syntyy esimerkiksi rehun virhekäymisestä sekä rehun aerobisesta pilaantumisesta (Nousiainen 2010, 94). Vältettävissä olevat rehuhävikit aiheuttavat tiloille suoria ja epäsuoria kustannuksia. Suorat kustannukset muodostuvat esimerkiksi lisätyöstä, jota eroteltava rehu aiheuttaa. Epäsuoria kustannuksia puolestaan syntyy rehun määrä- ja laatutappioista, esimerkiksi kun säilörehun maittavuus heikkenee tai säilörehua paikataan muilla rehuilla.

Suomen olosuhteissa säilörehuhävikkien määrää ei ole juurikaan tutkittu. NurmiArtturi-hankkeessa seurattiin näkyvien säilörehuhävikkien määrää rehusäilöitä ja navetasta viiden vuorokauden seurantaajaksojen ajan vuosina 2011–2012. Ulkomailla säilörehuhävikkien määrää on tutkittu jonkin verran maatilaolosuhteissa. Esimerkiksi Yhdysvalloissa (Ruppel, Pitt, Chase ja Galton 1995) tehdyn tutkimuksen mukaan kuiva-ainehävikkiä syntyi varastoinnin aikana laakasiiloissa keskimäärin 8 prosenttia, vaihdellen 0–43 prosentin välillä. Köhler, Dielpolder, Ostertag, Thurner ja Spieker (2013) tutkivat laakasiilon säilöttyjen nurmirehujen varastoinnin ja syöttövaiheen aikana syntyneen kuiva-ainehävikin määrää Saksassa. Tutkimuksessaan he saivat nurmirehujen keskimääräiseksi kuiva-aineen hävikiksi 9 prosenttia, mutta ehdottivat tutkimuksena pohjalta laakasiilossa väistämättä syntyväksi kuiva-ainehävikiksi 8 prosenttia. Ruppel ym. (1995) toteavat McDonalda ja Hendersonia (1991) lainaten, että Euroopan olosuhteissa normaalisti rehuhävikit varastoinnin aikana ovat 3–25 prosenttia.

Opinnäytetyön tarkoitus on selvittää säilörehun kuiva-ainehävikkejä kirjallisuuteen perustuen sekä maatilaympäristössä Suomessa. Tavoitteena on saada tietoa rehuhävikkeistä suomalaisilta maataloilta. Lisäksi opinnäytetyössä tarkoituksena on perehtyä säilörehun satomittaukseen punnitusmenetelmällä. Tavoitteena on koostaa ohje säilörehun kuiva-ainenäytteenotosta rehunteon yhteydessä. Opinnäytetyön toimeksiantaja on VarmaNurmi- eli Tuotantovarmuutta Nurmesta -hanke, joka on Luonnonvarakeskuksen, Savonia-ammattikorkeakoulun ja ProAgria Pohjois-Savon yhteistyöhanke. VarmaNurmi -hankkeen toiminta-aika on 1.4.2019–31.12.2021. Hankkeen tavoitteena on lisätä nautakarjalouden tuotantovarmuutta sään ääri-ilmiöiden yleistyessä. (ProAgria s.a.)

Opinnäytetyön säilörehuhävikkitutkimukset ovat merkittäviä, sillä Suomessa säilörehuhävikkejä ei juurikaan ole tutkittu. Suomen olosuhteet poikkeavat Keski-Euroopasta ja Yhdysvalloista, joissa säilörehuhävikkejä on tutkittu maatilaympäristöissä. Opinnäytetyön tutkimusten perusteella saadaan tietoa Suomessa maatilaympäristössä syntyvistä säilörehuhävikkeistä. Opinnäytetyön toimeksiantaja voi hyödyntää tuloksia ja kirjallisuuskatsausta tilakohtaisissa tuotantokustannuslaskelmissa. Opinnäytetyössä määritettävä pohjoissavolaisen maidontuotantotilan säilörehun satotaso on erittäin merkittävä tieto tilalle muun muassa nurmituotannon kehittämiseksi sekä muille tiloille vertailuaineistoksi. Todennäköisesti satomittaukset maataloilla lisääntyvät tulevaisuudessa, kun nurmentuotantoa pyritään kehittämään. Epäonnistunut kuiva-ainenäytteenotto voi olla yksi merkittävimmistä virhelähteistä satomittauksissa. Edustava ja oikein tehty kuiva-ainenäytteenotto on siis edellytys säilörehusaadon määrittämiseksi kuiva-aineena punnitus- tai kuormakirjanpitoimenetelmällä. Tarvitaan ohje kuiva-ainenäytteen ottamiseksi, sillä selkeää ja tiivistettyä ohjetta ennen opinnäytetyötä ei ole saatavilla.

Opinnäytetyössä tarkastellaan säilörehun laatua lypsylehmille optimirehun näkökulmasta. Säilörehun säilöntää ja säilönnän onnistumiseen vaikuttavia tekijöitä selvitetään opinnäytetyössä laakasiiloihin ja aumoihin varastoiduilla rehuilla. Muita varastointitapoja ei käsitellä opinnäytetyössä. Säilörehun kuiva-ainehävikkeihin opinnäytetyössä perehdytään matkalla pellolta lehmän ruokintapöydälle, keskittyen erityisesti laakasiiloon ja aumaan varastoidun säilörehun varastoinnin ja syöttövaiheen aikana syntyviin kuiva-ainehävikkeihin. Korjuuhävikit tapahtuvat pellolla, eivätkä näy rehukorjuun yhteydessä tehtävässä punnitusmenetelmällä tehtävässä satomittauksessa. Tämän vuoksi korjuuhävikkejä ei käsitellä laajasti opinnäytetyössä. Lisäksi opinnäytetyössä tarkastellaan navetasta syntyneiden rehutähteiden määrää. Rehuhävikkien taloudellisia vaikutuksia ei käsitellä opinnäytetyössä.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää säilörehun kuiva-ainehävikkejä suomalaisissa olosuhteissa. Työssä selvitetään yhden laakasiilon varastoinnin ja syöttövaiheen aikana syntyvä kuiva-ainehävikki sekä navetasta rehutähteinä syntyvä rehuhävikki laakasiilon syötön aikana. Lisäksi työssä selvitetään eräällä pohjoissavolaisella maidontuotantotilalla vuoden ajanjaksolla syntynyt säilörehun kuiva-ainehävikki. Mahdollisia vältettävissä olevia rehuhävikkejä ja niiden syntymissyitä selvitetään tilan yrittäjälle suunnattujen kysymysten avulla. Opinnäytetyön toiminnallisena osana kyseisellä maidontuotantotilalla määritetään säilörehun satotaso punnitusmenetelmällä kasvukaudella 2019. Opinnäytetyön toiminnallisen osan ja kirjallisuuden perusteella koostetaan tietokortti säilörehun kuiva-ainenäytteen ottamisesta aumalta tai siilolta rehunteon yhteydessä.

2 SÄILÖREHU

Säilörehu on Suomessa maidon- ja naudanlihatuotantotilojen tärkein perusrehu. Säilörehu on fermentoitua rehua, jota tehdään nurmesta säilöntäainetta käyttäen. Vuonna 2018 säilörehua tuotettiin Suomessa yhteensä 7 259 miljoonaa kiloa (Luke 2018b) 570 100 hehtaarin korjuualalta. Nurmen viljely onkin Suomen yleisin pellonkäyttömuoto (noin 30 % maatalousmaan pinta-alasta) (Luke s.a.)

Suomessa säilörehunurmista käytettävät yleisimmät nurmiheinät ovat timotei, nurmi- ja ruokonata. Muita vähemmän käytettyjä nurmikasveja ovat esimerkiksi koiranheinä, englanninraiheinä ja niitty-nurmikka. Myös yksivuotisia raiheiniä voidaan käyttää. Nurmiseoksissa voidaan käyttää lisäksi nurmi-palkokasveja, joista yleisimmin käytetty on puna-apila. (Niskanen ja Niemeläinen 2010, 31–35.) Nurmikasveja viljellään useimmiten kahden tai kolmen kasvilajin seoksina (Niskanen ja Nykänen 2010, 37).

Säilörehua on tavoitteena tuottaa karjalle sisäruokintakauden (myös ympärivuotisen) ajaksi. Tarkoituksenmukaista voi olla tuottaa rehua niin paljon, että kuluvan vuoden sadon syöttöön otto tapahtuu vasta syksyllä. Tällainen niin sanottu varmuusvarasto tasapainottaa mahdollisia heikkoja rehuvuosia. (Sairanen 2018b, 17.)

Säilörehusta saadaan Suomessa tavallisesti 2–3 satoa kasvukauden aikana. Säilörehu voidaan korjata tuoreena tai esikuivattuna säilörehuna. Nykyisin pääosa säilörehusta korjataan esikuivattuna säilörehuna tarkkuussilppurilla, paalaimella tai noukinvaunulla (Suokannas, Nysand ja Niskanen 2010, 77). Pääsyy esikuivauksen yleistymiseen on esikuivauksen tuomat työtekniset edut rehunkorjuun tehostuessa, kun osa vedestä haihdutetaan pellolla (FARMIT s.a.e.). Säilörehu voidaan varastoida esimerkiksi silloihin, aumoihin tai pyöröpaaleihin.

Esikuivauksessa rehu niitetään ja jätetään kuivumaan pellolle ennen korjuuta. Korjuu suositellaan aloittamaan 24 tunnin sisällä niitosta, sillä pidempi esikuivausaika lisää hengitystappioita sekä heikentää rehun laatua. (FARMIT s.a.e.) Tuorerehun kuiva-ainepitoisuus on alle 25 %. Esikuivatun rehun kuiva-ainepitoisuus on 25–45 %. Kuiva-aineella tarkoitetaan sitä osaa rehusta, joka jää jäljelle, kun kaikki vesi rehusta otetaan pois. Tavoiteltu esikuivatun säilörehun kuiva-ainepitoisuus riippuu rehun korjuu- ja varastointitavasta. (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 89.)

2.1 Säilörehun historiaa

Painorehun, eli rehunvalmistus maitohappokäymisellä on jo vanhaa osaamista. Taito kuitenkin unohdettiin keskiajalla. 1800-luvulla painorehua alettiin taas valmistaa eläinten rehuksi muun muassa Euroopassa. Myös Pohjois-Euroopassa kiinnostuttiin painorehun valmistuksesta. 1900-luvun alkupuolella kehoitettiin valmistamaan painorehua lehmille. (Moisio ja Heikonen 1992, 15.)

Painorehussa oli kuitenkin omat ongelmansa säilönnän epävakaisuuden vuoksi, joten lehmillä syötettiin huonolaatuisia rehuja, pilaantuneita soijakakkuja sekä sokerijuurikasnaatteja ja -leikkeitä. Mikrobiologiset ongelmat kärjistyivät emmentaljuustonvalmistuksessa. (Moisio ja Heikonen 1992, 15.)

Valion toivomuksesta säilörehun valmistukseen tulikin keksiä kelvollinen ratkaisu. Valio on suomalainen elintarvikeyritys, joka on perustettu vuonna 1905. Valio jalostaa tuotteita pääosin maidosta. (Valio s.a.) Valion johto kääntyi silloisen laboratorionsa johtajan, A. I. Virtasen puoleen. Näin Virtanen ryhtyi selvittämään rehujen ja juustonvalmistuksen mikrobiologiaa. (Moisio ja Heikonen 1992, 15.) 1920-luvulla A. I. Virtanen ja Henning Karström kehittivät AIV-rehunsäilöntämenetelmän Biokemiallisessa Tutkimuslaitoksessa, eli Valion laboratoriossa (AIV s.a.) Virtanen päätyi tutkimuksissaan siihen, että ensisijaisesti kyse rehun säilymisessä oli happamuudesta, ei varsinaisesti maitohaposta. Riittävän matala pH oli keino estää säilörehun virhehäyminen, proteiinien hajoaminen ja kasvisolujen hengitys. (Moisio ja Heikonen 1992, 16.) AIV-liuos patentoitiin ja kaupallistettiin vuonna 1929. Virtanen palkittiin biokemian Nobel-palkinnolla vuonna 1945, erityisesti rehun säilöntämenetelmien kehitystyöstään. (AIV s.a.)

1950-luvulla AIV-rehunsäilöntä yleistyi vauhdilla, kun tieto menetelmästä levisi. Tähän päivään mennessä AIV-liuos on läpikäynyt tuotekehitystä, esimerkiksi alkuperäisen liuoksen epäorgaaniset hapot korvattiin orgaanisella muurahaishapolla. (AIV s.a.) Tällä hetkellä markkinoilla on muun muassa happopohjaisia säilöntäaineita, biologisia säilöntäaineita ja aerobista pilaantumista estäviä säilöntäaineita. Tarkemmin rehunsäilöntäaineista kerrotaan opinnäytetyön luvussa 4.

2.2 Säilörehun koostumus

Säilörehu sisältää kasvien kortta ja/tai lehtiä sekä osaksi siemeniä. Säilörehun kuiva-aine koostuu sekä epäorgaanisesta, että orgaanisesta aineksestä. Epäorgaanista ainesta ovat makro- ja mikrokivennäiset. Orgaanista ainesta ovat pääravintoaineita olevat hiilihydraatit, valkuaisaineet sekä rasvat ja muut lipidit. Nämä muodostuvat hiilestä (C), hapestä (O₂), vedystä (H) sekä typestä (N). (Jaakkola 2010, 52–60.)

Säilörehun hiilihydraatit jaetaan solunsisällyys- ja soluseinähiilihydraatteihin eli kuituun. Säilörehu sisältää runsaasti soluseinäainesta. Solunsisällyysaineet ovat helposti ruoansulatuskanavassa hajoavia. Nopeasti sulavia solunsisällyshiilihydraatteja ovat esimerkiksi sokerit, hitaasti hajoavia puolestaan kuidut. Kuitujen hajotus tapahtuu märehittijöillä mikrobien toimesta pötsissä ja paksusuolella, yksimahaisilla kuten hevosilla paksusuolella. (Jaakkola 2010, 52–60; Autio 2015, 6.) Nurmikasveissa yleisimmät rasvahapot ovat alfa-linoleeni-, linoli- ja palmitiinihapot. Muita orgaanisia rehun ainesosia ovat ligniini, NPN eli ei-valkuaisyyppi (*non-protein-nitrogen*), vitamiinit, orgaaniset hapot ja etanoli sekä muut yhdisteet, esimerkiksi haitta-aineet. (Jaakkola 2010, 52–60.)

Hiilihydraateista märehittäjät saavat energiaa. Valkuaisaineita käytetään elintoimintoihin ja elinten ja kudosten rakennusaineina. Lisäksi elintoimintoihin tarvitaan rasvoja, kivennäis- ja hivenaineita sekä vitamiineja. NPN- yhdisteitä ovat muun muassa urea ja ammoniakki, joita märehittäjät voivat käyttää

ravintoaineinaan. Kuitenkin useat NPN-yhdisteistä ovat haitallisia. (Jaakkola 2010, 52–57.) Etanoli voidaan käyttää energian lähteenä (Rinne ja Sairanen 2010, 20).

2.3 Säilörehun laatuvaatimukset lypsylehmille

Lypsylehmän ruokinta perustuu hyvälaatuiseen säilörehuun. Säilörehun osuus lypsylehmän rehustuksesta, kuiva-aineessa mitattuna, on useimmiten yli puolet (Nokka 2019). Lypsylehmä syö noin kolmen prosentin verran kuiva-ainetta vuorokaudessa elopainostaan (Hulsen ja Aerden 2014, 12), mikä tarkoittaa noin 20–25 kg ka/pv (Kyntäjä ym. 2010, 46). Säilörehuruokintaa täydennetään tarpeen mukaan viljoilla, väki-, kivennäis- ja erikoisrehuilla.

Säilörehun ravitsemuksellinen laatu riippuu pitkälti korjuuajankohdasta, eli kasvimassan koostumuksesta korjuuhetkellä sekä säilönnän aikana tapahtuvista muutoksista. Korjuuajankohdalla vaikutaan merkittävästi rehun ravitsemukselliseen laatuun. Rehun onnistunut säilöntä puolestaan minimoi tehokkaasti säilönnän aikana väistämättä tapahtuvia rehuarvon tappioita. (Rinne ja Sairanen 2010, 16).

Säilörehun tulee olla riittävän hyvää sulavuudeltaan, että käymislaadultaan. (Jaakkola 2010, 63). Säilörehun sulavuus ilmaistaan D-arvona. D-arvo kuvaa sulavan orgaanisen aineksen pitoisuutta rehun kuiva-aineessa. Toisin sanoen D-arvo kuvaa rehun energia- ja valkuaisarvojen sulavuutta. Orgaanisen aineksen sulava osa jää eläimen käyttöön, sulamaton osa päätyy sontaan. Näin ollen mitä sulavampaa rehu on, sitä enemmän eläin saa siitä käyttöönsä ravintoaineita. (Rinne ja Nousiainen 2010, 76–81.) Säilörehun käymislaatu puolestaan vaikuttaa lypsylehmien kuiva-aineen syöntimäärään, maitotuotokseen sekä imeytyviin ravintoaineisiin (Huhtanen, Nousiainen, Khalili, Jaakkola ja Heikkilä 2003). Käymishappojen kokonaispitoisuuden kasvaessa säilörehun vapaaehtoinen syönti vähenee (Jaakkola 2010, 63).

2.3.1 D-arvo

D-arvon tavoitteena lypsylehmille pidetään 680–700 g/ kg kuiva-ainetta (Rinne ja Nousiainen 2010, 76–81). Nurmirehujen D-arvo riippuu nurmikasvin korjuuajankohdasta. D-arvo on korkeampi, mitä aikaisemmassa vaiheessa se korjataan. Nurmikasvuston vanhetessa kasvuston hyvin sulavien solunsisällysaineiden määrä vähenee ja vastaavasti soluseinän määrä lisääntyy ja sen sulavuus huononee. Toisin sanoen, nurmen D-arvo heikkenee. (Nousiainen, Niskanen, Kainulainen ja Toivakka 2010, 72.) Säilörehun energia-arvo määritetään suoraan D-arvon perusteella. D-arvon pienentyessä rehun energia-arvo pienenee (Maff 1975; 1981 ja 1984) ja rehun syönti vähenee (Rinne ja Nousiainen 2010, 77).

2.3.2 Säilörehun käymislaatu

Säilörehun käymislaatua voidaan arvioida rehuanalyysin perusteella. Rehun happamuus (pH), ammoniakkitypen osuus kokonaistypestä sekä haihtuvien rasvahappojen (tärkeimmät voi-, etikka- ja propionihappo) pitoisuudet kertovat säilörehun käymistyyppistä ja mahdollisista säilöntäongelmista. (Jaakkola 2010, 52–59; Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 92–93.)

Rehun tärkeimpänä rehun säilönnällisen laadun mittarina voidaan pitää pH-arvoa. Tavoitteena pH -arvolle pidetään alle 4,0 (Moisio ja Heikonen 1992, 130). Esikuivatulla rehulla pH -arvo voi olla hie-man korkeampi, mutta kuitenkin alle 4,5. Ammoniakkitypen osuus kokonaistypestä kertoo valkuai-sen hajoamisesta mikrobien vaikutuksesta. Tavoitearvona pidetään hyvälle rehulle alle 7 %. Haihtu-vien rasvahappojen määrä rehussa kuvaa rehun virhekäymisten määrää. Tavoitearvona pidetään hyvin säilyneelle rehulle alle 20 g/kg ka. Rehun sokeripitoisuuden tavoitearvona pidetään 50–150 g/kg ka. Sokereista voidaan päätellä niin ikään rehun säilönnän onnistumista. Alhainen sokerin määrä voi olla merkinä siitä, että sokerit ovat loppuneet kesken ja puute on rajoittanut vaadittavaa maitohappokäymistä. (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 92–93.) Taulukossa 1 on esi-tetty kolmen eri lähteen perusteella koostettu taulukko säilörehun säilönnällisen laadun arvioimi-sesta. Säilörehun rehuanalyysin perusteella ei voida kuitenkaan päätellä rehun alttiutta jälkilämpene-miselle (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 87).

TAULUKKO 1. Säilörehun säilönnällisen laadun arvioiminen (NurmiArtturi 2011–2014; Jaakkola, Sai-ranen, Nousiainen ja Rinne 2010, 92–93; TTS s. a.)

SÄILÖREHUN SÄILÖNNÄLLISEN LAADUN ARVIOIMINEN					
laatu	HYVÄ			RISKI	HUONO
lähde	lähde 1	lähde 2	lähde 3	lähde 1	lähde 1
pH	< 4,0	< 4,0	3,8-4,0	4,0-4,5	> 4,5
ammoniakkitypen osuus kokonaistypestä g/kg N	< 60	< 70	< 40	60-80	> 80
maito- ja muurahaishappo g/kg ka	35-80	-	35-80	80-100	> 100
haihtuvat rasvahapot g/kg ka	< 20	< 20	< 10	20-25	> 25
liukoisen typen osuus kokonaistypestä g/kg N	< 400	-	< 400	400-600	> 600
sokerit g/ kg ka	-	50-150	50-150	-	-

2.3.3 Syönti-indeksi

Säilörehun syöntipotentialia voidaan arvioida syönti-indeksin perusteella. Syönti-indeksin muodos-tumiseen vaikuttavat rehun kuiva-ainepitoisuus, D-arvo, NDF-kuitupitoisuus, kokonaishappopitoisuus (käymislaatu), onko rehu ykkös- vai kakkossatoa sekä apilan- tai kokoviljasäilörehun osuus. (MTT s. a.c.) Syönti-indeksi on suhdeluku, joka kertoo paljonko lehmät pystyvät syömään kyseessä olevaa rehua keskimääräiseen hyvälaatuisen säilörehuun verrattuna (Viinikainen 2013). Keskiarvoisella rehulla pistemäärä on 100 ja yhden indeksipisteen muutos vastaa noin 0,1 kuiva-ainekilon syönnin muutosta. Tavoitearvo syönti-indeksille on 100–115 pistettä (Kyntäjä ym. 2010, 46).

2.4 Rikkakasvien vaikutus säilörehun rehuarvoihin

Nurmissa rikkakasvit kerryttävät satoa. Usein rikkakasvien sadontuotantopotentiaali ja rehuarvot ovat kuitenkin heikompia, kuin itse nurmikasvien. Poikkeuksena tästä ovat voikukka ja leinikki, joiden sulavuus korkea, > 700 g/kg ka. (Virkajärvi, Pakarinen, Hyrkäs ja Suomela 2012, 26–29.). Säilörehussa ensimmäisenä satovuonna esiintyy yleensä valvattia, saunakukkaa ja mataraa. Myöhemmin yleisiä ovat hierakka, rönsyleinikki ja voikukka (kuva 1). (Saarinen s.a, 25–27.)



KUVA 1. Rikkakasvipitoisilla lohkoilla voi sadon määrä ja laatu heikentyä. Lisäksi rikkakasvit voivat vaikuttaa rehun säilöntään (Puustinen 2019-05-30).

2.5 Kokoviljasäilörehu

Kokoviljasäilörehulla tarkoitetaan säilörehua, joka tehdään viljakasvustosta (tähtä ja korret). Vilja voi olla esimerkiksi ohraa, kauraa tai kevätvehnää. Viljan sekaan voidaan lisätä palkokasveja parantamaan rehun rehuarvoa. Kokoviljasäilörehu säilötään kuten säilörehu. (Huuskonen, Sairanen ja Nykänen 2010, 40–41.)

3 SÄILÖREHUN SATOTASON MÄÄRITTÄMINEN

Olennaista nurmisadon määrän mittaamisessa on kyetä määrittelemään sadon määrä kuiva-aineena. Nurmisadon määrän määrittäminen luo perustan tilan sisäruokintakauden suunnittelulle. Lisäksi nurmisadon määrän tunteminen on edellytys tilan nurmituotannon kehittämisessä sekä säilörehun tuotantokustannuksen laskemisessa.

Vuonna 2018 Suomen koko maan esikuivatun säilörehun tuoesato keskimäärin oli 13 110 kg/ha (Luke 2018). Kuiva-aineprosentilla 28–35 tämä tekee 3 670–4 589 kg ka/ha. Suhteellisen matalaa satotasoa selittää osaltaan tarpeesen nähden suuri peltoala, rehua ei ole tarpeen tuottaa ylimäärin. Lypsylehmien taloudellisessa ruokinnassa tavoitteena on kuitenkin hyödyntää oman säilörehuntuotannon tuotospotentiaali tehokkaasti (Mero ja Kyntäjä 2010, 4). Säilörehuntuotannon satotasotavoitteen tulisi olla yli 6 000 kg ka/ha (Peltonen ja Sairanen 2010, 11; FARMIT s.a.f.) Parhaimmillaan päästään jopa 10 000 kuiva-ainekilon hehtaarisatoihin. Hyvien satojen etuna yksikkökohtaisen tuotantokustannuksen alenemisen lisäksi on se, että nurmentuotannon tehostuessa säilörehualaa tarvitaan vähemmän, jolloin vapautunutta pinta-alaa voidaan hyödyntää esimerkiksi rehuviljan tai valkuaiskasvien viljelyyn (Peltonen ja Sairanen 2010, 11.)

Nurmisadon määrää voidaan mitata ja arvioida usealla eri menetelmällä ja eri vaiheissa säilörehun huntekoa. Sadon määrää voidaan mitata ennen säilörehunkorjuuta, korjuuvaiheessa sekä (ruokintavaiheessa) säilönnän jälkeen. (Mäkinie mi 2019-05-12). Nurmen satotaso voidaan määrittää lohko-kohtaisesti tai keskisatotasona (Nousiainen, Niskanen, Kainulainen ja Toivakka 2010, 71-75.) Lohko-kohtaisia satotietoja voidaan hyödyntää viljelytoimenpiteiden suunnittelussa.

Yleisiä menetelmiä ovat punnitseminen, paali- tai kuormakirjanpito, kasvuston pituus- ja tiheysmittaukset sekä rehuvarastojen arviointi (FARMIT s.a.a) Nykyaikaisempia ja yleistyviä menetelmiä ovat satotasomittarit, joita voidaan liittää esimerkiksi ajosilppuriin tai traktorin katolle, jotka mittaavat rehumassaa korjuuhetkellä. Myös pienkopterit, lennokit sekä satelliittikuvannuksella saatavat NDVI -kartat tekevät tuloaan satotasomittauksissa. Mittaukset perustuvat vaihtelevasti rehumassan ja/tai lehtivihreän määrään mittaukseen. (Maatilan Pellervo 2018; Mäkinie mi 2019-05-12).

Ennen säilörehunkorjuuta voidaan kasvustoa arvioida lohko-kohtaisesti kasvuston pituus- ja tiheysmittauksin ja määrittellä satotaso. Tähän on olemassa esimerkiksi erilaisia mittatikkuja ja satotasolautasia. Punnitusmenetelmiä voidaan käyttää rehunkorjuun yhteydessä tai myöhemmin rehua otettaessa säilörehusäilöstä, esimerkiksi punnitsemalla paaleja tai rehukakkuja syöttöön otettaessa. (Nousiainen, Niskanen, Kainulainen ja Toivakka 2010, 71-75.)

Kuorma- tai paalikirjanpito tehdään rehunkorjuun yhteydessä ja perustuu kuormien tilavuuden (m^3) ja kuormamäärän (kpl) perusteella määritettävään satotasoon (Nousiainen, Niskanen, Kainulainen ja Toivakka 2010, 71-75.) Punnitus-, kuormakirjanpito- tai rehuvarastojen arviointimenetelemää käytettäessä tulee rehusta aina tehdä edustavaan näytteenottoon perustuva kuiva-aineanalyysi, jotta sadon määrä kuiva-ainekiloina voidaan määrittää.

Kuiva-aineen määrittäminen voidaan tehdä lähettämällä rehunäyte rehulaboratorioon tai määrittämällä rehunäytteen kuiva-ainepitoisuus kotikonstein. Kotikonstein määrittäminen tapahtuu mikroaaltouunissa, höyrykuivurissa, sähköuunissa tai pikamittarilla (Suokannas 2017). Kuivausmenetelmät vaativat tarkkaa vaaka- (Juutinen, Hyrkäs, Pakarinen ja Suomela 2012, 34).

Kuorma- tai paalikirjanpitoa käytettäessä voidaan rehun kuutiopaino (kg/m^3) määrittää taulukosta kuiva-ainepitoisuuden mukaan, mikäli vaakaa rehukuorman punnitsemiseen ei ole käytettävissä. Taulukoita on saatavissa esimerkiksi Farmit.fi -sivustolla. Kuormamäärän, kuiva-ainepitoisuuden (%), kuutiopainon (kg/m^3) ja kuormatilavuuden (m^3) perusteella voidaan määrittää hehtaarikohdainen satotaso (kg ka/ha). (Nousiainen, Niskanen, Kainulainen ja Toivakka 2010, 71–75.)

Satotason määrittäminen varastoja arvioimalla tapahtuu määrittelemällä rehumassan tilavuus (m^3) rehuvarastossa. Tilavuuden (m^3), kuutiopainon (kg/m^3), kuiva-ainepitoisuuden (%) sekä rehunkorjuualan (ha) perusteella voidaan määrittää keskisatotaso (kg ka/ha). Kuutiopaino voidaan määrittää myös punnitsemalla rehuleikkurilla leikatun rehukakun paino (kg), teettämällä siitä kuiva-aineanalyysi ja laskemalla rehukakun tilavuus (m^3) rehun syöttövaiheessa. Kyseinen mittausmenetelmä on käytännössä käyttökelpoinen sadon mittausmenetelmä. (Nousiainen, Niskanen, Kainulainen ja Toivakka 2010, 71-75.)

Opinnäytetyössä selvitetään tarkemmin satotason määrittämistä punnitusmenetelmällä sekä tilamallilaskentapohjalla. Muita satotason määrittämismenetelmiä ei avata tarkemmin tässä opinnäytetyössä. Punnitusmenetelmä rehunkorjuun yhteydessä tapahtuvana käydään läpi luvussa 3.1. Satotason määrittäminen Tilamallilaskentapohjalla käydään läpi luvussa 3.2.

3.1 Satotason määrittäminen punnitusmenetelmällä rehunkorjuun yhteydessä

Punnitseminen on tarkoin säilörehusadon mittaustapa. Yleensä punnitus tapahtuu säilörehukorjuun yhteydessä. Myöhemmin punnittuna lohko kohtaista sadon määrää voi olla mahdotonta määrittää mikäli korjatut sadot sekoittuvat varastoinnin aikana. Lisäksi varastoinnin aikana voi tulla satotappioita. Perävaunujen punnitsemisessa voidaan käyttää ajoneuvo- tai akselivaakoja, kappale- tai paalitavaralle kuormain- tai lattiavaakoja. Automaattisesti punnitus tapahtuu perävaunuun asennettavilla vaakantureilla. Vaakanturit voivat olla valmiiksi asennettuina tehdasvalmisteisissa perävaunuissa tai ne voidaan jälkiasentaa. Vaakojen arvonlisäverottomat hinnat vaihtelevat noin 1500 eurosta 16 500 euroon. Halvimmat vaakanturit ovat lattia- ja kuormainvaakoja, täysimittaiset ajoneuvovaa'at kalleimpia. (Palva 2010.)

Säilörehun satotason mittaaminen punnitusmenetelmällä tapahtuu punnitsemalla rehunkorjuun yhteydessä siilille tai aumalle menevät rehukuormat. Punnita tulee myös rehunkorjuuyhdistelmien tyhjät painot. Rehukuormien punnituksessa käytetään ajoneuvo- ja akselivaakoja. Ajoneuvovaa'at ovat yleensä kiinteästi asennettavia punnitusasemia, jotka mittaavat koko rehunkorjuuyhdistelmän painon. Akselivaa'at mittaavat rehunkorjuuyhdistelmän akselipainot, jotka yhteenlaskemalla saadaan

koko rehunkorjuuyhdistelmän paino. Akselivaakoja on kiinteästi maahan upotettavia malleja sekä siirrettäviä punnitustasoja. Jotkin akselivaat tekevät mittauksen hitaasti yli ajaen, jotkin vaat edellyttävät pysähtymisen. Vaat laskevat automaattisesti punnitustuloksen ja rekisteröivät tuloksen. Siirrettäviä punnitustasoja käytettäessä tulee vaakatasot asentaa tasaiselle ja kiinteälle alustalle. (Palva 2010.)

Tarkin tulos säilörehun satotasosta saadaan punnitsemalla kaikki rehukuormat (Huuskonen ym. 2012), jolloin voidaan määrittää lohko kohtaiset sadon määrät (Palva 2010). Mikäli kaikkien rehukuormien punnitseminen ei ole mahdollista, voidaan lohkolta punnita muutama kuorma ja laskea kuormamäärien mukaan lohkon kokonaissato (Anttila, Niskanen, Palva, Puumala ja Vallinhovi 2014, 6). Jakamalla saatu sadon määrä kiloina lohkon hehtaarialalla saadaan lohkon hehtaari kohtainen satotaso. Kuiva-ainesadon määrittämiseksi tulee rehusta ottaa edustava rehunäyte kuiva-aineanalyysiä varten. Edustavuus tarkoittaa koko rehuerää kattavasti edustavaa näytettä (Rinne 2014), laakasiiloissa esimerkiksi kourallista jokaisesta rehukuormasta (Kivisaari 2016). Mikäli rehusatoa määritetään lohko kohtaisesti, tulisi jokaiselta lohkolta ottaa oma näyte. Pienistä samana päivänä korjatuista lohkoista voi kuitenkin lähettää yhteisnäytteen (Toivakka 2010, 74–75.) Olennaista kuiva-aineen näytteiden otossa on myös, että näytteitä käsitellään hyvin. Tämä tarkoittaa, että näytteitä ei saa päästää kuivamaan, näytepussi tulee säilyttää suljettuna näytteidenoton välissä sekä säilyttää kylmässä, jotta vältetään rehumassan lämpenemisestä johtuvilta kuiva-ainetappioilta. (Mäkinen 2019-05-12; Nousiainen, Niskanen, Kainulainen ja Toivakka 2010, 71-75.)

Rehupaaleja voidaan punnita lattiavaaoilla tai traktorin etukuormaimeen asennettavilla vaoilla (Palva 2010). Korjuuhetkellä kirjataan ylös lohkoittain pyöröpaalien lukumäärä. Kuiva-ainenäyte kerätään karholta juuri ennen paalausta. Kun tiedetään lohko kohtainen pyöröpaalien lukumäärä (kpl), niiden paino (kg) ja kuiva-ainepitoisuus (%) voidaan laskea lohko kohtainen sadon määrä (kg ka/ha). (Nousiainen, Niskanen, Kainulainen ja Toivakka 2010, 71-75.)

3.2 Säilörehun satotason määrittäminen Tilamalli-laskentapohjalla

Tilamalli-laskentapohjalla voidaan määrittää säilörehun nettosatotaso, toisien sanoen karjan kuluttama säilörehumäärä vuodessa. Tilamalli-laskentapohja on Hannu Viitalan Microsoft Excel -ohjelmistolla rakentama laskentapohja, joka alun perin on tehty säilörehun tuotantokustannuksen laskemiseen eri korjuumenetelmillä ja lannoitusmäärillä. Laskentapohjalla voidaan kuitenkin määrittää myös säilörehun satotaso eläinten rehunkäyttöön ja -tarpeeseen perustuen.

Rehunkäyttöön- ja tarpeeseen perustuva satomääritys (Tilamalli -laskentapohja) tapahtuu laskeamalla karjan tarvitsema energiamäärä vuoden ajalle ja vähentämällä siitä ostorehujen energiamäärä sekä tilan omasta tuotannosta rehukäyttöön menevä vilja- ja valkuaiskasvituotannon energiamäärä. Huomioon tulee ottaa lisäksi rehujen varastosaldot laskentakauden alussa sekä lopussa. Loput energiatarpeesta on tullut tilan säilörehuntuotannosta sekä laiduntamisesta, mikäli tilalla laidunnetaan. Säilörehun satotaso voidaan määrittää jäljelle jäävän energiamäärän perusteella säilörehun energiapitoisuuden (MJ ME/kg ka) sekä säilörehualan (ha) mukaan.

Eläinten tarvitseman energiamäärän ja rehujen sisältämien energiamäärien laskennassa käytetään muuntokelpoista energiaa (ME). Muuntokelpoinen energia on rehujen sisältämää energiaa, joka lasketaan vähentämällä rehujen kokonaisenergiasta sonnan, virtsan ja käymiskaasujen muodossa menetetty energia. Jäljelle jäävä nettoenergia on käytettävissä eläimen ylläpitotoimintoihin, maidontuotantoon sekä kasvuun. (Jaakkola, Rinne ja Nousiainen 2010, 11–12.) Lypsylehmien energiantarve ilmoitetaan megajouleina (MJ) muuntokelpoista energiaa (ME) ja rehujen sisältämä energiamäärä muuntokelpoisena energiamääränä rehun kuiva-ainekilossa (MJ ME/ kg ka) (MTT). Nurmirehujen energia-arvo määritetään D-arvon perusteella laskentakaavan 1 mukaisesti (Maff 1975; 1981 ja 1984):

$$\text{nurmirehujen ME / kg ka} = 0,016 \times \text{D-arvo (g/kg ka)} \quad (1)$$

3.2.1 Lypsylehmien energiantarpeen määrittäminen

Lypsylehmien energiantarpeen määrittäminen perustuu energiantarpeen määrittelyyn (MJ ME/pv) ylläpidon, maidontuotannon ja tiineyden aikana (taulukko 2) (Jaakkola, Rinne ja Nousiainen 2010, 11–12.) Ylläpitoenergian määrään vaikuttaa eläimen elopaino. Vuoden energiantarve lypsylehmälle määritellään kertomalla ylläpitoenergiatarve 365 ruokintapäivällä, lisäämällä siihen lehmien energiakorjattuna maitona ilmoitetun keskituotoksen vaatima energiantarve sekä tiineytlisä. Tiineytlisän laskemisessa oletuksena on vuoden poikimaväli, jolloin tiineytlisä lasketaan kertomalla kolmen viimeisen tiineyskuukauden energiantarve 30,5 päivällä ja summaamalla energiantarpeet yhteen. Lypsylehmien energiantarpeen määrittely on viimeksi päivitetty vuonna 2010 (Luke rehutaulukot s.a.)

TAULUKKO 2. Lypsylehmän ylläpitoenergian määrän, maidontuotannon ja tiineyden aikana tarvitseman energiamäärän laskentakaavat (Luke Rehutaulukot s.a.)

Vaihe	Laskentakaava
Ylläpito (MJ/pv)	$\text{elopaino}^{0,75} \times 0,515$
Maidontuotanto (MJ/kg ekm)	$5,15 \times \text{ekm (kg)}$
Tiineytlisä (MJ/pv)	7. kk: 11 MJ 8. kk: 19 MJ 9. kk: 34 MJ
Elopainon lisäys (MJ/kg)	34 MJ/kg elopainon lisääntyminen
Elopainon vähentyminen (MJ/kg)	28 MJ/kg elopainon vähentyminen

Energiakorjatulla maidolla tarkoitetaan maitokilojen, maidon valkuais-, rasva- ja laktoosipitoisuuksien osalta vakioitua maitotuotosta. Energiakorjattu maitomäärä (EKM) lasketaan seuraavalla kaavalla (2) (Sjaunja, Baevre, Junkkarinen, Pedersen ja Setälä 1990):

$$\text{Energiakorjattu maitotuotos (kg)} = \text{maitotuotos (kg)} \times (383 \times \text{rasva-\%} \times \text{valkuais-\%} + 165,4 \times \text{laktoosi-\% (oletuksena 4,61 \%)} + 20,7) / 3 \quad 140 \quad (2)$$

3.2.2 Hiehojen energiatarpeen määrittäminen

Hiehojen energiantarpeen määrittely Tilamalli-laskentapohjassa tapahtuu määrittämällä energiantarve koko kasvatusajalle. Kasvatusaikana käytetään tilan keskipoikimaikää (kk). Laskelmassa hiehojen lukumääräksi katsotaan poikivien hiehojen lukumäärä vuodessa (kpl/v). Mikäli tilalla sonnivasikat kasvatetaan itse, myös niiden energiatarve määritetään kasvatusajan mukaisesti. Vasikoiden energiatarve määritetään Luken vasikoiden ruokintasuositusten mukaisesti. Hiehojen ja sonnien energiantarve määritetään Luken Kasvavien hiehojen energiansaantisuosituksien (MJ ME/pv) ja Kasvavien sonnien energiasuosituksien (MJ ME/pv) mukaisesti. Hiehoille lasketaan lisäksi tiineysoisä. Taulukot ovat saatavissa Luken palvelussa osoitteessa: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/Ruokintasuositukset/Marehtijat>.

Taulukossa 3 on esitetty holsteinrotuisen lehmävasikan energiantarve syntymästä 25 kuukauden ikään saakka. Päiväkasvuna on käytetty 700–800 g/päivä. Nykyään kasvatavoitteena suurikokoisille hiehoroduille pidetään 700–800 g/päivä (Palmio, Rinne ja Mäntysaari 2014).

TAULUKKO 3. Holsteinrotuisen lehmävasikan tarvitsema energiamäärä syntymästä 25 kuukauden ikään tiineysoisä huomioiden. Päiväkasvuna on käytetty 700–800 g/pv.

Paino (kg)	Ikä (kk)	MJ ME/pv	Tiineysoisä (MJ/pv)	MJ ME
50	0-1	15		458
70	1-2	25		763
90	2-3	30		915
100-150	3-4	38,5		1174
150-200	4-6	47,5		2898
200-250	6-8	56		3416
250-300	8-10	63,5		3874
300-350	10-12	70,5		4301
350-400	12-14	78		4758
400-450	14-15	85		2593
450-500	15-17	91,5		5582
500-550	17-20	91,5		8372
550-600	20-22	91,5		5582
550-600	22-23	91,5	11	3126
600-660	23-24	91,5	19	3370
660	24-25	91,5	34	3828
YHTEENSÄ				55007

3.3 Rikkakasvien vaikutusten huomioiminen Tilamalli-laskentapohjassa

Nurmien sisältäessä rikkakasveja runsaasti voisi säilörehun rehuarvot heikentyä, jolloin rehua kuluisi enemmän energiantarpeen tyydyttämiseen. Osa rikkakasveista rehuun joutuessaan vähentää kuitenkin syöntiä maittamattomuutensa takia, esimerkiksi hierakat, suokorte, nurmilauha ja saunakukka (Puurunen, Virkajärvi ja Nykänen 2010, 53). Osalla rikkakasveista puolestaan rehuarvot ovat heikot, joten ne pienentävät rehun D-arvoa. D-arvon pienentyessä rehun kuiva-aineen syönti vähenee (Rinne ja Sairanen 2010, 17). Oletettavasti rikkakasveja sisältävän rehun syönti näkyisi lypsylehmien maitotuotoksen alenemisena tai heikentyneen rehun vaikutus korvattaisiin väkirehuilla.

Tilamalli-laskentapohja ottaa huomioon eläinten tuotoksen sekä rehunkäytön, lisäksi tilamalli -laskentapohjassa tarkoituksena on käyttää tilojen säilörehuista tehtyjen säilörehuanalyyseiden säilörehun energia-arvoa laskentapohjassa käytettävänä säilörehun energia-arvona (MJ ME/ kg ka), joten osin rikkakasvien vaikutus tulee huomioiduksi tilamalli -laskentapohjassa. Rikkakasvien maittamattomuus voi johtaa kuitenkin ruokintapöydällä syntyvän rehutähteen lisääntyneeseen määrään.

Rikkakasvit voivat vaikuttaa myös säilörehun säilöntäprosessiin nurmiheiniä suuremman puskurikapasiteettinsa takia. Puskurikapasiteetti kuvaa kasvin kykyä vastustaa pH:n muutosta. Tämä tarkoittaa, että saman happamuuden saamiseksi tulisi käyttää runsaammin säilöntä/maitohappoa. (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 90.) Lisäksi rikkakasvit voivat vaikuttaa syntyvän puristeneen määrään. Esimerkiksi Theseuksessa julkaistussa (Rahkonen 2011) opinnäytetyössä tutkittiin voikukan vaikutusta säilörehun säilöntälaatuun ja rehuarvoihin. Voikukka lisää puristeneen erottumista timoteitä matalamman kuiva-ainepitoisuutensa takia. Opinnäytetyössä tehdyssä tutkimuksessa havaittiin myös, että voikukan korkea puskurikapasiteetti ei heikentänyt rehun käymislaatua. Yleensä rikkakasvien vaikutukset ovatkin mahdollisia vasta kun rikkakasvien pitoisuus säilörehun raaka-aineessa on merkittävä, eli noin 10–20 %. (Mäkinen 2019-05-12.) Rahkosen opinnäytetyössä todettiin, että voikukasta ei aiheudu rehun laadulle suuria haittoja vielä voikukkapitoisuuden ollessa 25 %, joskin rehun esikuivausaikaa täytyy pidentää.

4 SÄILÖREHUN SÄILÖNTÄ

Tässä opinnäytetyössä käsitellään säilörehun säilöntäprosessia ja säilöntää silloihin ja aumoihin. Opinnäytetyössä ei käsitellä tarkemmin säilörehuntekoa pyöröpaaleihin, tuubeihin taikka rehutorneihin, joskin säilörehun säilöntäprosessin periaatteet ovat samat varastointitavasta riippumatta.

Säilörehun säilönnän tavoitteena on säilöä rehu mahdollisimman hyvälaatuisena ja ravintoarvoltaan hyvänä. Rehunsäilöntä on onnistunut, kun rehu ei sisällä haitallisia mikrobeja tai virhekäymistä, siinä on tapahtunut maitohappokäyminen ja kasvientsyymien toiminta on estetty onnistuneesti (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 87). Säilörehun säilöntä perustuu happamuuteen, hapettomuuteen, rehumassan puhtauteen sekä sopivaan säilöntäaineeseen. Happamuuden ja hapettomuuden tarkoituksena on estää haitallisten mikrobien toiminta rehussa, lopettaa kasvihengitys ja kasvientsyymien toiminta sekä edistää maitohappokäymistä. (Sipilä ja Saarisalo 2006, 1; Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 87).

4.1 Säilöntäprosessi

Nurmessa esiintyy luontaisesti mikrobeita, joista osa on hyödyllisiä rehun säilönnän kannalta ja osa haitallisia. Säilöntäprosessissa edesautetaan hyödyllisten mikrobien toimintaa eli niiden käymisprosesseja ja estetään mahdollisimman tehokkaasti rehua pilaavien mikrobien käymisprosessit. Rehun säilyvyyden kannalta hyödyllisiä mikrobeja ovat maitohappobakteerit. Haitallisia mikrobeja ovat hiivat, homeet, listeria-, entero- ja klostridi -bakteerit. Lisäksi säilöntäprosessissa pyritään lopettamaan kasvihengitys ja kasvientsyymien toiminta mahdollisimman pikaisesti hävikkien välttämiseksi ja rehunsäilönnän onnistumisen varmistamiseksi.

Rehun käymisprosesseihin eli eri mikrobien aktiivisuuteen vaikuttavat kasvuympäristön vesiaktiivisuus, pH, happipitoisuus, lämpötila ja ravintoaineet (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 87), joista tärkeimmät käymisprosessien hallintakeinot rehun säilönnässä ovat happipitoisuus ja happamuus (Sipilä ja Saarisalo 2006, 1). Tavoitteena onkin saada rehusäilössä rehumassan pH-arvo laskemaan tasolle 3,8–4,0 sekä luoda hapettomat olosuhteet rehusäilössä mahdollisimman nopeasti rehusäilön täytön jälkeen rehun säilyvyyden takaamiseksi. Esikuivatulla säilörehulla pH arvo voi kuitenkin olla korkeampi sillä kuivempi rehu rajoittaa mikrobien kasvumahdollisuuksista. (Sipilä ja Saarisalo 2006, 1.)

Kasvientsyymit ylläpitävät kasvihengitystä nurmen niiton jälkeen hapettomien olosuhteiden saavuttamiseen saakka. Kasvihengityksessä kasvi kuluttaa omia sokेरivarastojaan. Rehun sokereita hajoaa hiilidioksidiksi (CO₂) ja vedeksi (H₂O). Reaktio tuottaa lämpöä ja kasvihengitys havaitaan rehumassan lämpenemisenä. (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 88.) Lisäksi kasvientsyymit pilkkovat rehun proteiineja NPN:ksi, eli ei-valkuaisarvoiksi (Jaakkola 2010, 64–65). Proteiinien hajoaminen heikentää rehun valkuaisarvoa ja vähentää syöntiä (Sipilä ja Saarisalo 2006, 1–2). Hapettomat ja happamat olosuhteet lopettavat kasvientsyymien toiminnan ja kasvihengityksen (Nousiainen ja Rinne 2010, 88).

Rehun laadulle tuhoisan vaikutuksensa takia kasvihengitys tulee pyrkiä pysäyttämään mahdollisimman tehokkaasti. Tästä syystä esimerkiksi rehun esikuivausaika tulee pitää mahdollisimman lyhyenä. Kasvihengityksen pysäyttämisen epäonnistuminen altistaa rehun myöhemmille virhekäymisille, sillä kasvihengityksessä syntynyt lämpö edistää haitallisten mikrobien kasvumahdollisuuksia. (Nousiainen ja Rinne 2010, 88.)

Maitohappokäyminen on säilörehun säilöntäprosessin kannalta tavoiteltu käymisreaktio, koska se lisää rehun happamuutta samalla estäen muiden haitallisten mikrobien toimintaa (Seppälä 2014). Maitohappobakteerit voidaan jakaa homo- ja heterofermentatiivisiin bakteereihin. Homofermentatiiviset maitohappobakteerit käyttävät ravintonaan rehun sokereita tuottaen maitohappoa. Heterofermentatiiviset maitohappobakteerit tuottavat maitohapon lisäksi etanolia tai etikkahappoa sekä hiilidioksidia (CO₂) (Seppälä 2014).

Haitallisten mikrobien toiminta rehussa aiheuttaa rehun virhekäymistä heikentäen säilörehun ravintoarvoa ja vähentäen rehun syöntiä. Myös rehun kuiva-ainetta ja energiaa kuluu enemmän rehun virhekäymisissä, kuin maitohappokäymisessä. (Sipilä ja Saarisalo 2006, 1.) Aerobisia rehunpilaajamikrobeja ovat hiivat, homeet, basillit ja listeriabakteerit (Sipilä ja Saarisalo. 2006, 1). Haitallisia anaerobisia mikrobeja ovat klostridit, enterobakteerit ja anaerobit hiivat (McDonald, Henderson ja Heron 1991).

Hapettomat, eli anaerobiset olosuhteet estävät aerobisten mikrobien toiminnan sekä edesauttavat anaerobisten maitohappobakteerien kasvua. Anaerobisten mikrobien kasvu puolestaan estyy riittävässä happamuudessa (McDonald ym. 1991). Mikäli riittävää happamuutta rehumassassa ei saavuteta tarpeeksi ajoissa, pystyvät klostridit tuottamaan rehuun sokerista ja maitohaposta voihappoa sekä proteiineista ammoniakkia (NH₃). Tätä kutsutaan voihappokäymiseksi. Enterobakteerit puolestaan pystyvät käyttämään rehun sokereita ravintonaan tuottaen rehuun etikkahappoa (CH₃COOH) ja etanolia (C₂H₅OH), sekä proteiineista ammoniakkia (NH₃). (Pahlow, Muck, Driehuis, Oude Elferink ja Spoelstra 2003.)

Säilöntä vaikuttaa väistämättä onnistuessaankin säilörehun ravintoarvoihin. Nurmikasvien sokeripitoisuus on tavallisesti 50–150 g /kg ka ja raakavalkuaispitoisuus 100–200 g /kg ka. NPN-yhdisteiden osuus on 10–15 % ja rasvapitoisuus 20–40 g /kg ka. Hiilihydraattien osalta rehun säilöntä vaikuttaa pääasiassa sokereihin. Säilötyssä rehussa sokeripitoisuus vaihtelee tavallisesti käymisreaktioista riippuen 0–150 g /kg ka. Kasvientsyymien valkuaisaineiden hajotustoiminnan takia säilörehun NPN-yhdisteiden osuus raakavalkuaispitoisuudesta kasvaa 30–70 %:iin. Lisäksi rehun kuivaus ja säilöntä pienentävät rehun rasva- ja rasvahappopitoisuutta. (Jaakkola 2010, 64–65.)

4.2 Rehun esikuivauksen vaikutus säilöntään

Säilöntähaasteet ovat erilaiset kosteilla (KA < 30 %) ja kuivilla säilörehuilla. Kosteilla rehuilla virhekäymisriskin aiheuttavat klostridit ja enterobakteerit, joita voi tulla rehumassaan maan, lannan ja

vanhan rehun mukana. Mitä märempää säilöttävä rehu on, sitä alhaisemmaksi sen pH on saatava, sillä vesipitoisuus ei rajoita anaerobisten mikrobin (klostridit ja enterobakteerit) kasvua, ainoastaan pH. (Sipilä ja Saarisalo 2006a, 1.)

Kuivan säilörehun (KA > 30 %) säilöntähaasteina ovat hiivat ja homeet. Esikuivaus vähentää mikrobin kasvuun välttämättömän vapaan veden määrää, joten esikuivaus rajoittaa käymisreaktioita ja bakteerien aiheuttama virhehäyminen pienenee. Hiivat ja homeet pystyvät kuitenkin toimimaan bakteereita kuivemmissä olosuhteissa. Lisäksi hiivojen ja homeiden itiöt säilyvät alhaisessakin pH:ssa. Rehun kuiva-ainepitoisuuden noustessa myös rehun tiivistäminen vaikeutuu, mikä lisää ennestään riskiä hiivojen ja homeiden kasvuun. (Sipilä ja Saarisalo 2006a, 1; 2006b, 1.)

4.3 Rehumassan hapettomuus

Hapettomuus rehusäilössä saavutetaan rehumassan riittävällä tiivistämisellä sekä ilmatiiviillä muovituksella ja painotuksella. (Niskanen ja Kainulainen 2010, 95). Usein säilörehu tiivistetään painavalla työkalulla, kuten traktorilla tai pyöräkuormaajalla, joita voi samassa siilossa olla yhtä aikaa useampiakin. Rehumassan levittämiseen käytetään esimerkiksi traktorin etukuormaajaa.

Tiivistymisen onnistumiseen vaikuttavat siilotyöskentely sekä rehun ominaisuudet. Siilotyöskentelyssä vaikuttavat tiivistyskoneen paino, tiivistämisaika rehutonnin kohden, rehukerroksen paksuus sekä sijainti siilossa. Rehun ominaisuuksista tiivistymiseen vaikuttavat kuiva-ainepitoisuus, kuitupitoisuus sekä rehusilpun pituus. (Palva s.a.) Kokoviljasäilörehun tiivistäminen voikin esimerkiksi olla hankalampaa, kuin nurmisäilörehun (Huuskonen ym. 2010, 40).

Säilöttävän rehun kuiva-ainepitoisuuden sekä kuitupitoisuuden noustessa rehun tiivistyminen heikenee. Lyhyempi säilörehusilppu tiivistyy helpommin, kuin pitkä silppu. (Palva s.a.) Noukinvaunu ei yleensä silppua rehua yhtä tehokkaasti, kuin tarkkuussilppurit. Tästä johtuen laakasiilon varastoitavan kaksoissilppuri- ja noukinvaunurehun kuiva-ainepitoisuuden tulisi olla alle 30 %, tarkkuussilputun puolestaan 30–35 %. Pyöröpaalauksessa tavoiteltu kuiva-ainepitoisuus on 30–45 %. (Suokannas ym. 2010, 81.)

Tiivistyskoneen tulisi olla mahdollisimman painava, kuitenkin vähintään 6–10 tn. Tiivistämisaikaa tulisi olla 2–3 min/rehutonni. Ohjesääntönä on myös, että tiivistyskoneen painon tulee olla kolmasosan verran siilolle tunnistettavan tuorerehumäärän painosta. Siiloa täytettäessä rehu tulisi levittää ohuina kerroksina (15–20 cm) ja erityisesti siilon reunat tulisi tiivistää huolella. (Palva s.a.) Myös aumoissa etenkin reunarehun tiivistäminen vaatii tarkkuutta (Kainulainen 2010, 97). Siilon yläosan tiivistäminen vie myös enemmän aikaa, siiloa suositellaankin tiivistämään tunti viimeisen rehuokorman jälkeen. (Palva s.a.)

Säilörehun tiivistymisen onnistumista voidaan arvioida sen kuutiopainon perusteella. Kuiva-ainekuutiopainoksi esikuivatulle säilörehulle (KA 30–40 %) suositellaan 200–280 kg ka/m³, tuorekuutiopai-

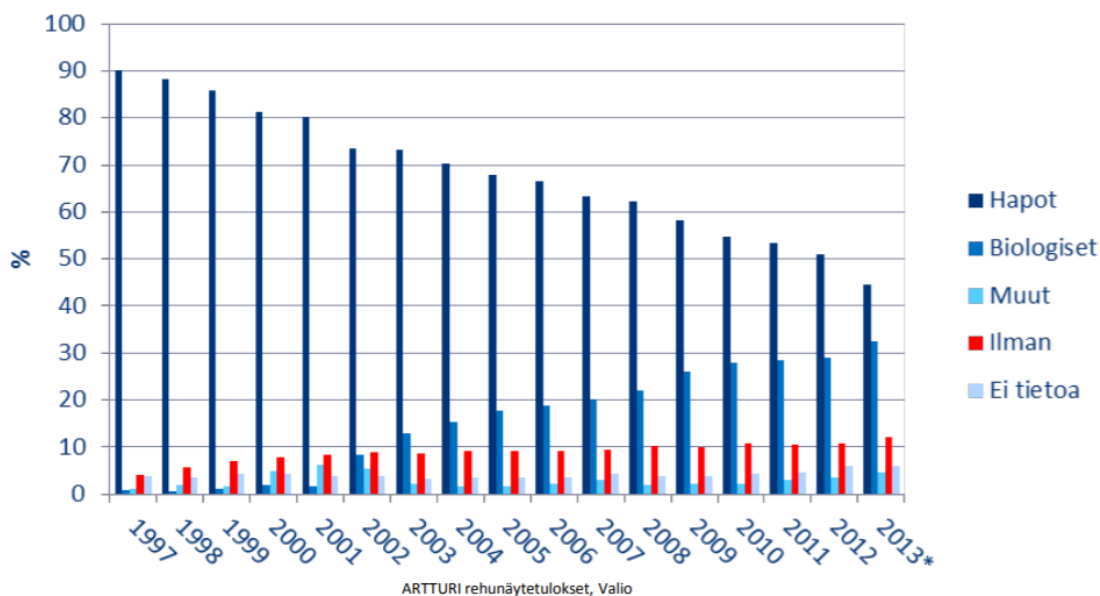
non ollessa vähintään 700 kg/m³. (Palva 2017.) Holmes ja Muck (2004) mukaan laakasiilossa ja aumassa kuiva-ainekuutiopainon tulisi olla vähintään 240 kg ka/m³ liiallisten kuiva-ainehävikkien minimoimiseksi.

Laakasiiloissa peitettävän alan suhde säilöttävään materiaaliin on suuri, joten säilörehun huolellinen peittäminen on erittäin tärkeää. Muovin tehtävä on estää hapen pääsy rehusäilöön. Siilon muovituksessa tuleekin käyttää hyvälaatuisia säilöntämuovia. Peittäminen tulee tehdä mahdollisimman pikaisesti rehusäilön täytön jälkeen. Siilo tulee myös muistaa painottaa riittävän hyvin, tämä varmistaa pintarehun paremman säilymisen. Rehun painotuksessa voidaan käyttää reunapainopusseja, autonrenkaita, sahanpurua taikka siilopeittoja. Rehusäilöihin on myös saatavilla peitteitä, jotka suojaavat varsinaista säilöntämuovia vahingoittumiselta esimerkiksi linnuilta. (Niskanen ja Kainulainen 2010, 96–97.)

4.4 Rehumassan happamuus ja säilöntäaineet

Riittävän happamuuden saavuttamiseksi rehussa käytetään yleensä säilöntäaineita (FARMIT s.a.b) Säilöntäaineiden käyttö vähentääkin rehun pilaantumisriskiä kaikissa rehutyypeissä. Painorehun valmistus, eli rehun tekeminen ilman säilöntäainetta, on erityisen riskialtista tuoreessa ja lievästi esikuivatussa rehussa. (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 87–91.) Voihappobakteerit, eli klostridit, voivat kuitenkin elää vielä 40 prosentin kuiva-ainepitoisuudessa, joten säilöntäaineiden käyttö myös esikuivatussa rehussa on aina tarpeen (Anttila ym. 2014, 13).

Säilöntäaineet voidaan jakaa käymistä rajoittaviin, käymistä edistäviin sekä aerobista pilaantumista estäviin säilöntäaineisiin. Käymistä rajoittavia säilöntäaineita ovat happopohjaiset säilöntäaineet sekä kemikaalit. Käymistä edistäviä säilöntäaineita ovat maitohappobakteerit ja entsyymit, joita käytetään yhdistelminä maitohappobakteerien kanssa sekä melassi. Aerobista pilaantumista estäviä säilöntäaineita ovat propionihappo, etikkahappo, bentsoehappo, sorbiinihappo sekä heterofermentatiiviset maitohappobakteerit sekä propionihappobakteerit. Säilöntäaine tulee valita oikein kasvilajin ja kuiva-ainepitoisuuden mukaan (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 87–91). Nykyään käytössä on pääasiassa happopohjaiset sekä biologiset säilöntäaineet (kuva 2).



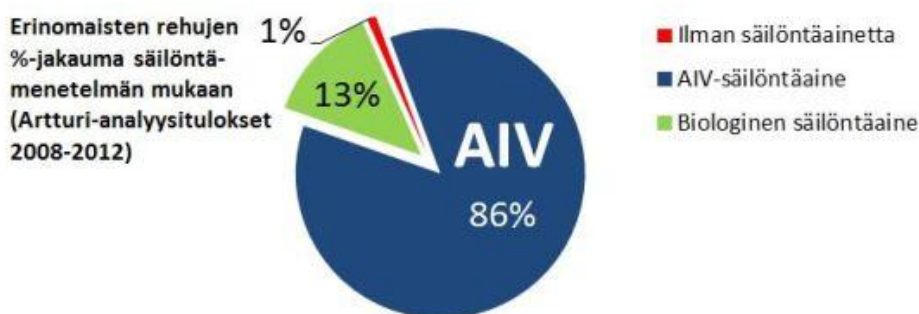
KUVA 2. Yleisimmin Suomessa käytetyt säilöntäaineet rehunäytteiden perusteella ovat happosäilöntäaineet. (Ellä 2014.)

Nykyään käytettävät happopohjaiset säilöntäaineet pohjautuvat muurahaishappoon. Happopohjaisten säilöntäaineiden toiminta perustuu rehun käymisen rajoittamiseen. Rehun pH laskee nopeasti lopettaen kasvihengityksen, kasvientsyymien toiminnan sekä haitallisten mikrobien toiminnan samalla kuitenkin luoden suotuisaa ympäristöä maitohappobakteereille. (Sipilä ja Saarisalo 2006b, 1; Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 91.) Happopohjaiset säilöntäaineet ovat toimintavarmoja varsinkin märille rehuille, sillä ne laskevat rehun pH:n tehokkaasti riittävän matalalle. Hyvin pitkälle esikuivatuille rehuille (> 45 %) happosäilöntäaineet eivät kuitenkaan ole enää paras mahdollinen vaihtoehto. (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 89–91.)

Biologisten säilöntäaineiden toiminta perustuu maitohappobakteeriymppeihin. Maitohappobakteerit edistävät rehun maitohappokäymistä. Maitohappobakteerien toiminta kuluttaa rehun sokereita tuottaen rehuun maitohappoa, joka laskee rehun pH:n tarvittavalle tasolle. (Sipilä ja Saarisalo 2006b, 1). Entsyymejä käytetään yhdistelminä maitohappobakteerien kanssa. Entsyymit lisäävät käymiskelpoisen sokerin määrää. (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 91).

Biologisia säilöntäaineita käytettäessä sekä säilöittäessä rehua ilman säilöntäainetta rehun säilönnän onnistuminen riippuu pitkälti kasvimateriaalin sokeripitoisuudesta. Riittävä sokeripitoisuus varmistaa riittävän maitohappokäymisen, mikä puolestaan varmistaa riittävän pH:n laskun. Rehun suhteellista osuutta tuorepainossa voi lisätä esikuivaamalla rehua. Tämä vuoksi säilörehun teko biologisilla säilöntäaineilla onnistuu parhaiten esikuivatulla rehuilla, joiden kuiva-ainepitoisuus on yli 30 %. (Sipilä ja Saarisalo 2006b, 1; Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 90–91.) Lisäksi biologisten säilöntäaineiden toimintavarmuudessa on tuotekohtaisia eroja, eivätkä maitohappobakteerit estä soluhengitystä ja lämpenemistä yhtä hyvin kuin muurahaishappo. (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 91).

Artturi-rehuanalyysien (2008–2012) perusteella happopohjaiset säilöntäaineet ovat toimintavarmimpia (kuva 3). Aineisto perustuu 56 370 rehunäytteeseen vuosina 2008–2012. (FARMIT s.a.g) Aineiston mukaan joka kolmas ilman säilöntäainetta tehty rehu oli laadultaan huonoa. Biologisilla säilöntäaineilla tehdystä rehusta puolestaan joka neljäs oli huonoa. AIV-rehuista 8 prosenttia oli huonolaa-tuisia.



KUVA 3. Happopohjaisilla säilöntäaineilla saadaan varmimmin erinomaista rehua. (FARMIT s.a.g.)

Kasvilajien säilöttävyydessä on eroja. Nurmikasveista helppoja säilöittäviä ovat raiheinät. Sinimailanen ja apilat ovat vaikeampia säilöittäviä. Palkokasvien puskurikapasiteetti on heinäkasveja suurempi. Suuremmasta puskurikapasiteetista johtuen saman happamuuden saavuttamiseksi palkokasvien säilöntään tarvitaan enemmän happoja, kuin heinäkasveista tehdyssä rehussa. Lisäksi apilassa on vähemmän maitohappokäymisen raaka-aineksi tarvittavaa sokeria. (Sipilä ja Saarisalo 2006a, 2.)

Happosäilöntäaineita suositellaan annosteltavaksi 4–5 litraa/rehutonni. Märille rehuille ja palkokasveille suositellaan 1–2 litraa/rehutonni korkeampaa annostusta. Maitohappobakteereiden yleisin käyttömäärä on 10^5 – 10^6 pmy/g nurmea. Melassia tulee annostella 20–40 kg/rehutonni. (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 91; Vallinhovi s.a.)

4.5 Rehumassan puhtaus

Säilöttävän kasvimateriaalin puhtauteen tulee kiinnittää huomiota koko ketjussa rehun korjuusta rehun syöttöön saakka. Maan, vanhan rehun ja lannan mukana rehuun voi päästä virhekäymistä aiheuttavia bakteereita, kuten enterobakteereita ja klostrideja (FARMITd s.a.) Lisäksi lannan mukana rehuun voi siirtyä ulosteperäisiä taudinaiheuttajabakteereita, kuten salmonella-, EHEC-, kampylo-, listeria- sekä paratuberkuloosibakteereita (Ruoho 2009, 44).

Esimerkiksi lietalannan hajalevitystä ei suositella nurmen pintaan hygieniariskien ja rehusadon laadulle aiheutuneen riskin vuoksi. Paras vaihtoehto nurmille rehun hygieenisyyden takaamiseksi onkin lietalannan sijoittaminen. (Kurki 2010, 68–69.) Kuivikelantaakin voidaan säilörehunurmille levittää, mutta tällöin levityskaluston on hienonnettava lanta riittävästi ja levitystasaisuuden tulee olla erittäin hyvä (Mustonen 2009, 31–32).

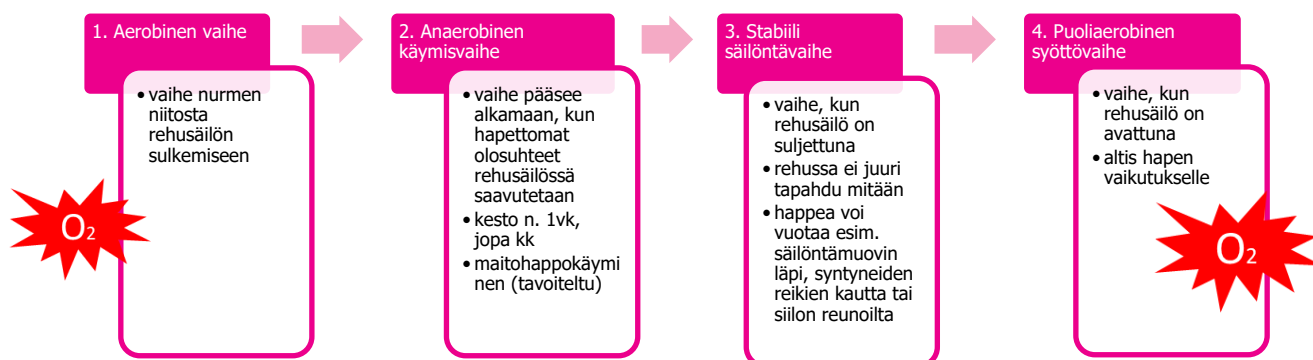
Rehun korjuussa säilöttävän kasvimateriaalin puhtaudesta voidaan huolehtia niittämällä nurmi riittävän pitkään sänkeen (8–10 cm), jolloin minimoidaan maa-aineksen sekä mahdollisen mätänevän kuloheinän pääsy rehumassaan. (Suokannas ym. 2010, 77). Lisäksi merkittävän riskin rehumassan puhtaudelle aiheuttavat rehun korjuukaluston renkaissa tuleva lika. Laakasiilojen etulaattojen tulisi-kin olla riittävän suuret ja ajoreittien kuivat ja puhtaat. Aumojen ongelmana usein onkin auma-alueiden rapaisuus rehun syöttövaiheessa. (Niskanen ja Kainulainen 2010, 95–97.)

4.6 Säilörehun säilöntäprosessi kokonaisuudessaan niitosta syöttövaiheeseen

Kokonaisuudessaan säilörehun säilöntäprosessi voidaan neljään eri vaiheeseen alkaen nurmen niitosta päättyen rehun syöttövaiheeseen (kuva 4). Säilöntäprosessi voidaan jakaa aerobiseen vaiheeseen, anaerobiseen käymisvaiheeseen, stabiiliin säilöntävaiheeseen ja puoliaerobiseen syöttövaiheeseen (Pahlow ym. 2003). Ensimmäinen vaihe alkaa nurmen niitosta ja päättyy säilörehusäilön sulkemiseen. Vaihetta kutsutaan aerobiseksi vaiheeksi, koska tuona aika rehumassa on kosketuksissa hapen kanssa mahdollistaen kasvihengityksen, kasvientsyymien ja aerobisten mikrobien aktiivisuuden. (FARMIT s.a.b.; Pahlow ym. 2003.)

Toista vaihetta, säilörehun varastointivaihetta, kutsutaan käymisvaiheeksi. Rehumassa on anaerobisessa tilassa mahdollistaen anaerobisten mikrobien lisääntymisen. Käymisvaihe säilörehulla kestää noin viikon, mutta se voi kestää jopa kuukaudenkin riippuen säilöttävien kasvien ominaisuuksista ja säilöntäprosessista. Käymisvaiheen jälkeen käymisreaktiot alkavat vähentyä ja rehu saavuttaa stabiilin vaiheen, jossa rehusäilö on suljettu, happea ei ole saatavilla ja rehumassassa tapahtuu vähän reaktioita. (Pahlow ym. 2003.)

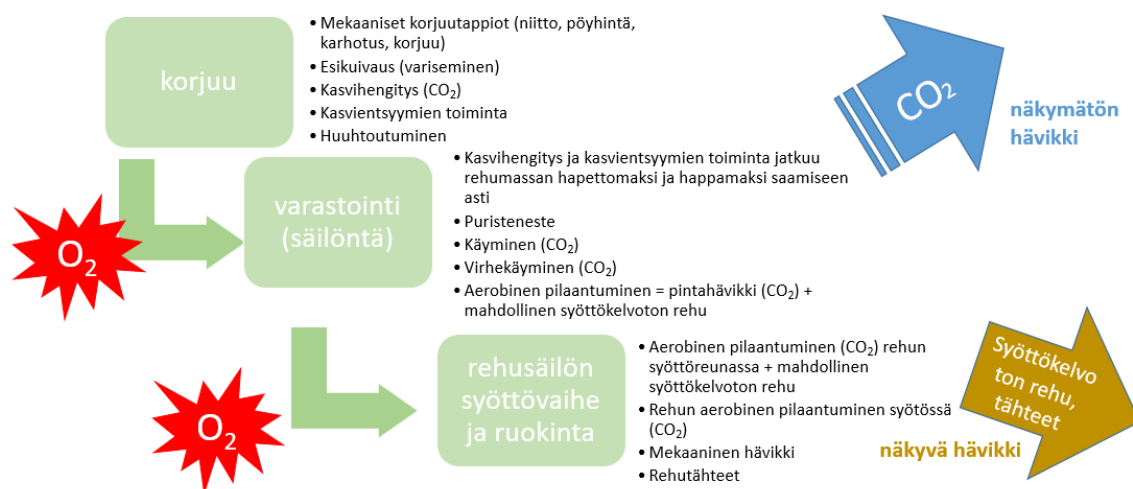
Neljännessä vaiheessa rehun syöttövaiheessa rehumassa on jälleen kosketuksissa hapen kanssa syöttöreunasta. Rehu altistuu hapelle siilon syöttöreunasta ulottuen jopa neljän metrin syvyyteen syöttöreunasta, varsinkin siilon reunoilta (Parsons 1991). Reunoilla rehumassan huokoisuus on suurempi, jolloin happi pääsee tunkeutumaan syvemmälle rehumassaan (Pitt ja Muck 1993). Honig (1991) esitti tavanomaiseksi hapen tunkeutumissyvyydeksi yhden metrin (1,0 m). Hapen pääsy rehumassaan riippuu rehumassan tiheydestä, eli kuinka hyvin siilo on tiivistetty (Pitt ja Muck 1993).



KUVA 4. Säilörehun säilöntäprosessi voidaan jakaa kokonaisuudessaan neljään eri vaiheeseen, joita ovat aerobinen vaihe, anaerobinen käymisvaihe, stabiili säilöntävaihe sekä puoliaerobinen syöttövaihe. (Pahlow ym. 2003.)

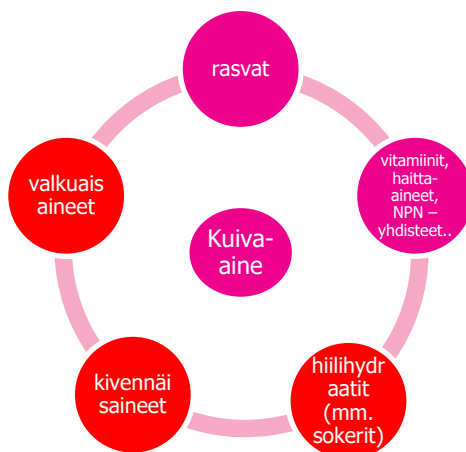
5 SÄILÖREHUN KUIVA-AINEHÄVIKIT

Rehun matkalla pellolta lehmän ruokintapöydälle rehua menetetään kuiva-aineena ja rehussa tapahtuu laadullisia tappioita. Lisäksi navetassa syntyy rehutähteitä. Rehuhävikit voidaan jakaa säilörehun korjuun, varastoinnin ja rehusäilön syöttövaiheen sekä ruokinnan aikana tapahtuviin hävikkeihin (kuva 5). Osa rehuhävikistä on näkymätöntä ja osa näkyvää. Näkymätöntä rehuhävikkiä syntyy kasvihengityksessä sekä mikrobien hyväksikäyttäessä rehun ravintoaineita. Näkyvää rehuhävikkiä on pilaantunut, poistettava rehu. Osa rehun hävikeistä aiheutuu väistämättä, osa puolestaan voidaan välttää esimerkiksi huolellisella säilöntäteknikalla. (Jaakkola 2010, 94.)



KUVA 5. Rehuhävikki voi olla näkyvää tai näkymätöntä. (McDonald 1981;1991; Woolford 1990; Moisio ja Heikonen 1992; Rotz ja Muck 1994; Pahlow ym. 2003; Holmes ja Muck 2000; 2007; Borreani ja Tabacco 2010; Nousiainen 2010, 94; Borreani ym. 2018.)

Rehuhävikkien määrä ilmoitetaan yleensä hävinneen kuiva-aineen prosenttiosuutena alkuperäisen kuiva-aineen määrästä (Moisio ja Heikonen 1992, 111). Rehun kuiva-aineen hävikki voidaan erotella valkuaisaineiden, hiilihydraattien ja kivennäisaineiden hävikeiksi. (Moisio ja Heikonen 1992, 111.) Yleensä ravintoainetappiot kohdistuvat näihin rehun arvokkaimpiin osiin (kuva 6). Seurauksena rehun kuitupitoisuus lisääntyy ja sulavuus sekä valkuaisen laatu heikkenevät. (Jaakkola 2010, 64–65.)



KUVA 6. Säilörehussa tapahtuva kuiva-aineen hävikki voidaan erotella valkuaisaineiden, kivennäisaineiden ja hiilihydraattien hävikeiksi. Usein hävikit kohdistuvat nimenomaan näihin rehun arvokkaimpiin osiin (Jaakkola 2010, 64–65; Moisio ja Heikonen 1992, 111).

Rehun kuiva-ainehävikit ja rehussa syntyneet energiahävikit eivät ole suoraviivaisesti kytköksissä toisiinsa. Tämä koskee rehussa mikrobitoiminnan tuloksena syntyneitä rehuhävikkiä. Mikrobitoiminta rehussa kuluttaa rehun ravintoaineita synnyttäen muita tuotteita. Rehun kuiva-ainehävikin ja energiahävikin määrä riippuu mikrobitoiminnan tuloksena syntyneistä tuotteista. Useimmiten energiahävikit ovat pienempiä, kuin kuiva-ainehävikit.

5.1 Korjuussa tapahtuvat kuiva-ainehävikit

Säilörehun korjuussa hävikkejä syntyy mekaanisesti, kasvihengityksestä, kasvientsyymien toiminnasta sekä huuhtoutumisesta. Mekaanisia hävikkejä syntyy rehun käsittelystä, eli niittämisestä, pöyhinnästä, karhotuksesta ja korjuusta. (Rotz ja Muck 1994). Mekaanisten korjuuhävikkien määrä vaihtelee korjuutekniikan mukaan. Rehun esikuivaus, karhotus ja pöyhintä lisäävät korjuussa tapahtuvia korjuutappioita, kun rehua varisee enemmän. Pääasiassa variseminen kohdistuu kasvin lehtiosiin. (Sirkjärvi 2013; Nousiainen 2010, 94). Kasvihengityksen ja kasvientsyymien aiheuttamat hävikit käsitellään luvussa 5.2 Säilörehun varastoinnin aikana tapahtuvat hävikit.

Nurmen niiton tapahtuessa sateella rehusta menetetään huuhtoutumalla kivennäisaineita, sokereita ja tyypellisiä yhdisteitä (Jaakkola 2010, 64–65). Lisäksi sade aiheuttaa lehtihävikkiä, kun vesipisarat irrottavat lehtiä niiden varresta pudottaen ne maahan. Lehtihävikin määrä on merkittävämpi nurmi-palkokasveilla, kuin nurmikasveilla. Sateen määrä, voimakkuus ja kesto vaikuttavat eniten sateen aiheuttamien hävikkien määrään (Rotz ja Muck 1994.) Huuhtoutumisen aiheuttamat kuiva-ainehävikit ovat 1–3 prosenttia 5 mm sateella. 25 mm sateella hävikit ovat 4–14 prosenttia. (Rotz ja Muck 1994, 858).

Van Schooten ja Philipsen (2012) saivat tutkimuksessaan niittämisestä aiheutuneen kuiva-ainehävikin suuruudeksi 1,2–2,0 prosenttia, pöyhinnän kuiva-ainehävikiksi 2,4–6,4 prosenttia, karhotuksen ja korjuun kuiva-ainehävikiksi 1,7–3,4 prosenttia säilöttävissä olevasta rehusta. Yhteensä mekaanisten

korjuuhävikkien suuruudeksi muodostui 5,3–11,8 prosenttia. Rotz ja Muck (1994, 858) mukaan nurmikasvien niittöhävikit ovat 1–2, karhotuksen hävikki 1–20, pöyhinnän 1–3 ja korjuun 1–8 prosenttia kuiva-aineesta.

5.2 Säilörehun varastoinnin aikana tapahtuvat kuiva-ainehävikit

Säilörehun varastoinnin aikana väistämättömiä kuiva-ainehävikkejä syntyy kasvihengityksestä, käymisestä sekä mahdollisesta puristenesteestä. Lisäksi vältettävissä olevia hävikkejä voi syntyä rehun virhekäymisestä sekä aerobisesta pilaantumisesta. Vältettävien hävikkien määrä riippuu pitkälti rehun säilönnän onnistumisesta. (Nousiainen 2010, 94.)

Nurmen niiton jälkeen kasvi jatkaa kasvihengitystä, jossa rehun sokeri hapettuu vedeksi ja hiilidioksidiksi (Moisio ja Heikonen 1992, 55.) Rehusäilössä kasvihengitystä tapahtuu rehusäilössä väistämättä siihen saakka, kunnes kaikki rehumassassa ollut happi on kulutettu loppuun. Kasvihengitys havaitaan rehumassan lämpenemisenä. Jokaisen 10 °C lämpötilan nousun on havaittu aiheuttavan 1,7 prosentin hävikin rehun kuiva-aineessa (Rees 1982). Tavallisesti lämpötila nousee ainakin + 12 celsiusasteeseen (Adesogan ja Newman 2017). Siilon peittämisen jälkeen kasvihengitys kuluttaa jäljellä olevan hapen muutamassa tunnissa (Pitt, Muck ja Leibensperger 1985).

Kasvihengitys aiheuttaa väistämättä 1–2 prosentin kuiva-ainehävikin (Holmes ja Muck 2007). Rotz ja Muck (1994) mukaan kasvihengityksen kuiva-ainehävikit ovat 2–8 prosenttia. Muck ja Holmes (2007) täsmentävätkin, että kasvihengityksen aiheuttamat kuiva-ainehävikit ovat hyvillä toimintatavoilla 1–2 prosenttia, suuremmat hävikit syntyvät, esimerkiksi jos siilon täyttö loppuu yöksi tai jos siilon peittäminen viivästyy.

Kasvientsyymien toiminnan tuloksena rehun valkuaisaineita hajoaa ammoniakiksi (NH₃) (McAllister ja Hristov 2000) sekä peptideiksi ja vapaiksi aminohapoiksi (Muck, Mertens ja Walgenbach 1996), kuten NPN-yhdisteiksi (Jaakkola 2010, 64–65). Kasvientsyymien toiminta heikentää rehun laatua. Kasvientsyymien toiminta kestää niitosta rehumassan hapettomaksi ja happamaksi saamiseen asti (Moisio ja Heikonen 1992; Jaakkola 2010, 64–64).

Rehun käymisvaihe alkaa, kun anaerobiset olosuhteet rehussa on saavutettu (Pahlow ym. 2003). Rehun kuiva-aineen ja energian hävikit käymisreaktioissa riippuvat rehun käymistyyppistä. Käymisreaktioissa rehuainetta häviää pääasiassa hiilidioksidina (CO₂) (Moisio ja Heikonen 1992), eli niin sanottu näkymättömänä hävikkinä (McDonald ym. 1991). Yleisimmät käymismikrobiryhmät ovat maitohappobakteerit, enterobakteerit, klostridit ja hiivat (Pahlow ym. 2003). Rehun käyminen on siis anaerobisten mikrobien toimintaa. Vähiten rehun kuiva-ainetta ja energiaa menetetään tavoitellussa maitohappokäymisessä.

Homofermentatiivisessa maitohappokäymisessä kuiva-aine ja energiatappiot ovat pienet verrattuna muihin käymistyyppisiin, kuten heterofermentatiiviseen käymiseen tai virhekäymisiin (Jaakkola, Sai-

ranen, Nousiainen ja Rinne 2010, 87). Homofermentatiivisessa maitohappokäymisessä ei menetetäkään kuiva-ainetta lainkaan, energiahävikin ollessa vain 0,7 prosenttia. Esimerkiksi Borreani ym. (2018) esitti McDonald ym. (1991) ja Rooke ja Hatfield (2003) mukaan, että puhtaassa klostridien aiheuttamassa voi happokäymisessä kuiva-ainetta menetetään 51,1 prosenttia ja energiaa 18,4 prosenttia.

Tavanomaiset maitohappokäymisestä johtuvat väistämättömät kuiva-ainehävikit ovat 1–4 prosenttia (McDonald 1991; Holmes ja Muck 2007). Mahdollinen virhekäyminen voi aiheuttaa hävikkiä 0–5 prosenttia (Nousiainen 2010, 94.) Säilörehussa happamuus estää haitallisten anaerobisten klostridien, enterobakteerien ja hiivojen toiminnan, joten riittäväällä happamuudella estetään tehokkaasti rehun virhekäyminen (Sipilä ja Saarisalo 2006a, 1).

Puristenesteessä menetetään rehun sokereita, tyypillisiä yhdisteitä ja kivennäisaineita (Jaakkola 2010, 64). Puristenestettä erottuu märillä rehuilla. Muck ja Shinnors (2001) summasivat Bastiman (1976) mukaan, että puristenesteen erottuminen laakasiiloissa loppuu rehun kuiva-ainepitoisuuden ylittäessä 28–30 prosenttia. Esikuivatun säilörehun kuiva-ainepitoisuus on tavallisesti 25–45 prosenttia (Jaakkola ym. 2010, 87), joten esikuivatulla säilörehullakin hävikkejä voi syntyä myös puristenesteestä (Holmes ja Muck 2000) ja näin myös väistämättömien hävikkien määrä kasvaa. Esimerkiksi puristenesteestä kuiva-ainehävikkiä syntyy rehulla, jonka kuiva-ainepitoisuus on 25 % noin 4,2 prosenttia. (AllAboutFeed 2019). Muck ja Holmes (2000) puolestaan arvioivat, että laakasiiloon varastoidun säilörehun, jonka kuiva-ainepitoisuus on 30 %, kuiva-ainehävikki puristenesteestä on 1 prosentti (taulukko 4).

Aerobista rehun pilaantumista voi tapahtua rehun varastoinnin aikana, jos happea (O_2) on läsnä. Varastoinnin aikana happi (O_2) pääsee rehumassaan esimerkiksi vuotamalla säilöntämuovin läpi (Lindgren, Pettersson, Kaspersson, Jonsson ja Lingvall 1985), säilöntämuoviin syntyneiden reikien kautta, siilon seinämien kautta, mikäli niitä ei ole vuorattu ja niissä on halkeamia (Borreani ym. 2018) sekä mikäli säilöntämuovia ei ole kiinnitetty tiukasti, jolloin tuulella ilmaa voi päästä säilöntämuovin alle. Myös sadevesien mukana rehusäilöön voi kulkeutua happea. Lisäksi vesi voi huuhdella rehusta sokereita ja happoja. (Holmes ja Muck 2000.)

Hapen pääsy rehuun varastoinnin aikana aiheuttaa rehussa aerobista pilaantumista, jota aiheuttavat homeet, hiivat sekä bakteerit lämpötilan ollessa yli 4 astetta sekä rehun kuiva aineen ollessa alle 80 %. Aerobiset mikrobit kuluttavat rehun ravintoaineita samalla vapauttaen vettä (H_2O), hiilidioksidia (CO_2) ja lämpöä. (Holmes ja Muck 2007.) Usein homeita havaitaan säilörehussa heti säilöntämuovin alla ulottuen reunoille (=pintahävikki), jossa homeita voi esiintyä syvemmillä. Varastoinnin aikana syntyneet näkyvät mikrobikasvustot todistavat säilörehun altistuneen hapen vaikutukselle pitkäaikaisesti. (Holmes ja Muck 2007.) Aerobinen pilaantuminen rehun varastoinnin aikana voi aiheuttaa 0–10 prosentin energiahävikin (Nousiainen 2010, 94).

Kokonaisuudessaan varastointihävikkien suuruus vaihtelee pitkälti säilönnän onnistumisen mukaan (McDonald ym. 1991). Säilörehun säilönnän onnistuessa varastointihävikit ovatkin melko vähäiset.

Väistämättömien kuiva-ainehävikkien määrä rehun säilönnässä on 2–6 prosenttia (McDonald 1991; Muck ja Holmes 2007), jos kasvihengityksessä syntynyt hävikki (1–2 %) lasketaan kokonaisuudessaan säilönnän aikaiseksi hävikiksi, eikä puristenestettä erotu. Virheikäymisestä ja aerobisesta pilaantumisesta varastointi- ja syöttövaiheessa aiheutuvat hävikit ovat vältettävissä (Nousiainen 2010, 94).

Moisio ja Heikonen (1992, 113.) päättelivät hyvin säilyneen happosäilörehun rehun kuiva-ainehävikkien suuruudeksi säilönnän aikana 5–6 prosenttia. Arvio perustui tutkimuslaitoksissa tehtyihin säilöntäkokeisiin, joissa puristenesteen määräksi arvioitiin 2–3 prosenttia kuiva-aineesta. Omien kaasuanalyysiensä perusteella he päättelivät, että parhaissa happosäilörehuissa hiilidioksidina (CO₂) häviää säilönnän aikana noin 3 prosenttia kuiva-aineesta, jolloin kuiva-ainehävikin yhteismääräksi tulee 5–6 prosenttia.

Hollannissa tehdyssä tapaustutkimuksessa (Van Schooten ja Philipsen 2012) saivat nurmisäilörehun varastoinnin aikana syntyneiden hävikkien suuruudeksi 4,2–14,4 prosenttia säilötyn rehun kuiva-aineen määrästä. Tästä kaasumaisien hävikkien osuus oli 3,0–10 prosenttia, puristenesteen 0–2,0 prosenttia ja pintahävikkien, eli aerobisesta pilaantumisesta johtuvien hävikkien, 1,2–2,4 prosenttia.

Borreani ym. (2018) summasivat viimeisen 15 vuoden aikaiset tutkimustulokset säilörehun kuiva-ainehävikeistä kirjallisuuskatsauksessaan. Sen mukaan hyvällä säilönnän hallinnalla säilörehun varastoinnin aikana siilossa tapahtuvasta kasvihengityksestä, käymisestä ja puristenesteestä syntyneiden kuiva-ainehävikkien yhteismäärä on 5 prosenttia. Heidän mukaansa hieman heikommalla säilönnän hallinnalla kuiva-ainehävikkiä voi aiheutua lisää 13 prosenttia säilörehun varastoinnin aikana.

5.3 Rehusäilön syöttövaihe

Vaikka rehusato olisikin säilynyt hyvin, riskin reuhävikin syntymiselle aiheuttaa rehun aerobinen pilaantuminen rehusäilön syöttövaiheessa. Rehun syöttövaiheella tarkoitetaan ajanjaksoa, jolloin rehusäilö on avattuna, eli rehun syöttöreuna altistuu hapelle. Hapen läsnäolo mahdollistaa jälleen aerobisten mikrobien kasvun.

Aerobisessa pilaantumisessa rehua häviää näkymättämänä hävikkinä mikrobitoiminnan tuloksena. Lisäksi pitkälle edetessään aerobinen pilaantuminen aiheuttaa näkyvää reuhävikkiä, syöttökelvontonta rehua. Syöttövaiheessa rehusäilöltä syntyvien reuhävikkien syntymiseen säilönnän onnistumisen lisäksi vaikuttavat rehun syöttönopeus, rehun tiivistämisen onnistuminen, rehun ottotekniikka rehusäilöstä sekä ulkoilman lämpötila sekä rehussa käytetyt säilöntäaineet.

Usein rehua pilaavat aluksi hiivat, jotka pystyvät toimimaan happamissa olosuhteissa. Hiivat käyttävät rehun maitohappoa, etikkahappoa ja jäljelle jääneitä sokereita ravintonaan. Hiivojen toiminnan tuloksena syntyy lämpöä ja rehun pH nousee. (McDonald ym. 1991; Pahlow ym. 2003.) Rehun pH:n noustessa mahdollistuu muidenkin mikrobien, kuten bakteerien, hiivojen ja homeiden lisääntyminen rehussa (Pahlow ym. 2003.)

Mikrobit käyttävät ravintonaan ensin rehun sulavimpia ainesosia, jonka jälkeen hajotetaan rehun monimutkaisempia ainesosia (Pahlow ym. 2003). Aluksi rehua häviää mikrobitoiminnassa syntyvänä hiilidioksidina (CO₂), eli näkymättömänä hävikkinä. Näkymätön pilaantuminen havaitaan vain rehun lämpenemisenä sekä homeisena tai tunkkaisena hajuna (Muck ja Holmes 2000; Borreani ja Tabacco 2010; Kung 2011) taikka rehun tummumisena rehun hapettuuessa (Holmes ja Muck 2000). Myöhemmin mikrobikasvustot tulevat näkyviksi (Muck ja Holmes 2000; Borreani ja Tabacco 2010).

Aerobinen pilaantumisessa syntyvän näkymättömän rehuhävikin lisäksi rehun ravintoarvot heikkenevät ja lopulta rehua menetetään pilaantuneena syöttökelvottomana rehuna. (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 89.) Hävikkien määrän arvioimista vaikeuttaa se, että syntyneiden hävikkien määrä voi olla merkittävä (5–20 prosenttia) ennen kuin rehussa havaitaan näkyviä homeita. (Holmes ja Muck 2000.)

Rehun lämpeneminen kuvaa siis mikrobitoiminnan aktiivisuutta, jossa menetetään rehun kuiva-ainetta hiilidioksidin (CO₂) muodossa (Woolford, Honig ja Fenlon 1977.) Säilörehun katsotaan lämmenneen, kun sen lämpötila on yli +15–20 celsiusastetta (Anttila ym. 2014, 14–15). Lämpötila voi nousta jopa +55 celsiusasteeseen (Holmes ja Muck 2007). Säilörehun lämpötilaa voidaan tarkastella säilörehun syöttöreunasta 10–20 senttimetrin (cm) syvyydeltä (Kung 2011). Pelkkä lämpötilamittaus ei kuitenkaan kerro kaikkea, ja huomioon tulisi ottaa ulkoilman lämpötila. (Anttila ym. 2014, 14–15.)

Rehun lämpeneminen vaikuttaa kuiva-ainehävikkien syntymisen lisäksi myös eläinten tuotokseen ja syöntiin. Esimerkiksi NurmiArtturi -kehittämishankkeessa tutkittiin säilörehusäilön avaamisen jälkeisen lämpenemisen vaikutusta lehmien maitotuotokseen ja syöntiin. Lehmät sekä söivät lämmennyttä rehua vähemmän, että saivat siitä vähemmän energiaa, sillä rehun lämmitessä rehussa syntyy energiataappioita. Säilörehun lämpeneminen yli +15–20 celsiusasteeseen siilon avaamisen jälkeen alensi lehmäkohtaista energiakorjattua päivätuotosta 1,5 kg ja vähensi syöntiä 1,5 kg kuiva-ainetta päivässä rehusta tehdyn syönti-indeksin antamaan ennusteeseen verrattuna. (Anttila ym. 2014, 3, 14–15, 24.)

5.3.1 Rehun syöttönopeuden ja rehumassan tiheyden vaikutus syntyviin kuiva-ainehävikkeihin

Rehun syöttönopeus vaikuttaa kuiva-ainehävikkien syntymiseen, sillä mitä hitaampi on rehun syöttönopeus, sitä suuremmat ovat syntyneet hävikit, sillä hitaammin syötettävä rehu altistuu hapen vaikutukselle pidempään. (Honig, Pahlow ja Thaysen 1999.) Säilörehua tulisikin kulua vähintään yhden metrin (1,0 m) pituudelta viikossa rehun lämpenemisen ehkäisemiseksi. Lämpimillä ilmoilla tarpeen voi olla jopa kaksi kertaa nopeampi syöttönopeus, sillä lämpimillä ilmoilla rehun pilaantuminen on nopeampaa (Kung 2011). Esimerkiksi joissakin Keski-Euroopan maissa suosituksena on kahden metrin (2,0 m) viikottainen kulutus. (Anttila ym. 2014, 15.)

Lisäksi rehumassan tiheys vaikuttaa rehuhävikkien syntymiseen, sillä rehumassan tiheydellä on vaikutusta hapen kulkuun rehumassassa. Rehumassan tiheyden pienentyessä rehun huokoisuus kasvaa

ja hapen kulku rehumassassa paranee ja aerobinen pilaantuminen lisääntyy. (Pitt ja Muck 1993; Borreani ym. 2018.) Suurimmat hävikit syntyvät rehun pintaosissa, missä rehun tiheys on pienintä, jolloin happi pääsee vaikuttamaan rehuun nopeimmin ja syvimmälle (Holmes ja Muck 2007).

Täten myös rehun leikkuupinnalla on merkitystä reuhävikkien syntymisessä. Suora rehun leikkuupinta hidastaa säilörehun lämpenemistä avatun siilon pintaosissa. Risainen leikkuupinta päästää puolestaan happea rehun sisään nopeammin, jolloin rehu pääsee lämpenemään. Myös irtorehut siilon edessä pilaantuvat nopeasti. (Anttila ym. 2014, 15.)

Säilörehu tulee tiivistää huolella sen säilönnällisen laadun varmistamiseksi varastoinnin ja syöttövaiheen aikana. Hyvin tiivistetty rehu vähentää rehun syöttövaiheen aerobista pilaantumista. Lisäksi hyvin tiivistetty rehu lisää varastoitavan rehun määrää siilossa ja alentaa näin rehun varastointikustannuksia. (Holmes ja Muck 1999.)

5.3.2 Rehun aerobinen stabiilius

Rehun alttiutta jälkilämpenemiselle kutsutaan rehun aerobiseksi stabiilisuudeksi. Käytännössä tämä tarkoittaa aikaa, jonka rehu säilyy pilaantumatta ja lämpenemättä sen jälkeen, kun rehu altistuu ilmalle (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 89; Kung 2005). Aerobisen stabiilisuuden tavoitteena voidaan pitää 7 päivää mukaan lukien ajan, jonka rehut ovat ruokinnassa (Wilkinson ja Davies 2012). Esikuivattu rehu on alttiimpaa jälkilämpenemiselle, eli aerobiselle pilaantumiselle, sillä hiivat ja homeet pystyvät toimimaan bakteereita kuivemmissä olosuhteissa. Lisäksi esikuivatun rehun tiivistäminen on hankalampaa, kuin märän rehun. (Sipilä ja Saarisalo 2006, 1.)

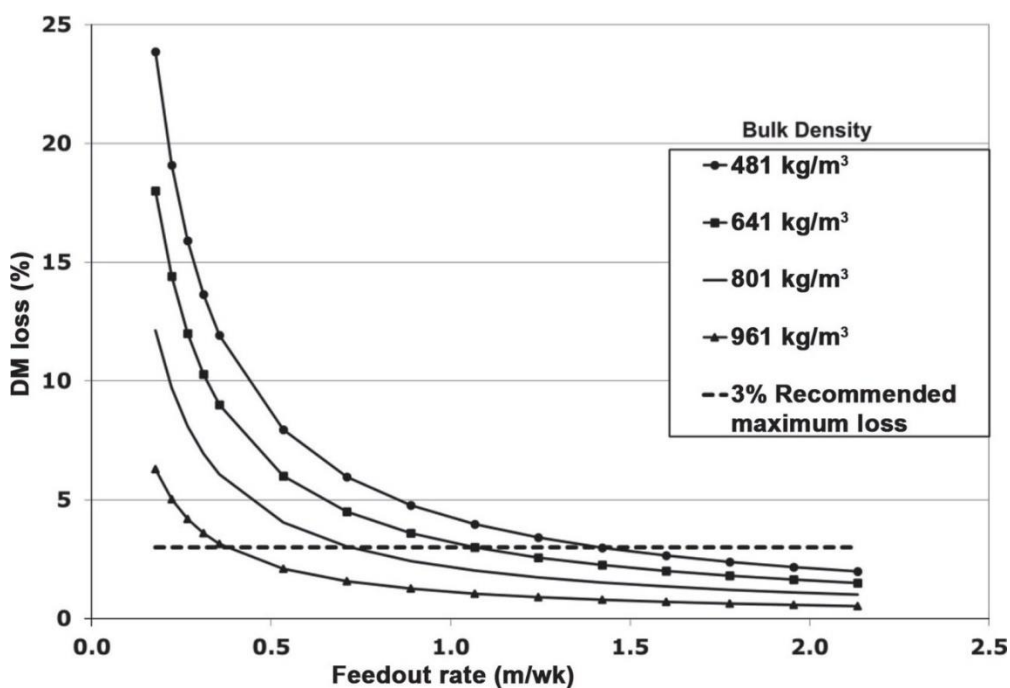
Aerobinen stabiilisuus ei kerro kuitenkaan säilörehun säilönnällisestä laadusta, sillä virhekäyneen rehun alttius jälkilämpenemiselle on pienempi verrattuna ei-virhekäyneeseen rehuun. Virhekäynyt rehu voikin olla aerobiselta stabiilisuudeltaan hyvä, vaikka sen ruokinnallinen arvo onkin huono. (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 89.)

Rehun aerobista stabiilisuutta voidaan parantaa lisäämällä säilöntäaineen kanssa lisäaineita, kuten ammoniumpropionaattia, natriumbentsoaattia ja kaliumsorbaattia. Nämä lisäaineet estävät erityisesti hiivojen ja homeiden toimintaa. Aerobista pilaantumista voidaan ehkäistä myös lisäämällä rehuun hyödyllisiä mikrobeja, kuten heterofermentatiivista *L. buchneri* -maitohappobakteeria tai propionihappobakteereita, jotka tuottavat rehuun propionihappoa. (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 91.) *L. buchneri* tuottaa rehuun maitohaposta etikkahappoa ja 1,2-propaanidiolia eli propyleeniglykolia. Nämä muuntuvat edelleen propionihapoksi ja 1-propanoliksi (Oude Elferink, Krooneman, Gottschal, Spoelstra, Fabier ja Driehuis 2000). Kaikki syntyneet yhdisteet ehkäisevät rehun aerobista pilaantumista (FARMIT s.a.c.)

5.3.3 Aerobisen pilaantumisen aiheuttamat kuiva-ainehävikit rehusäilön syöttövaiheessa

Hyvänä tavoitteena voidaan pitää noin 3–5 prosentin kuiva-ainehävikkiä rehusäilöltä rehusäilön syöttövaiheessa (Holmes ja Muck 2000; 2007). Myös Borreani ym. (2018) mukaan säilörehun syöttövaiheessa syntyneiden kuiva-ainehävikkien määrä hyvällä hallinnalla 3 prosenttia sisältäen näkymättömän ja näkyvän hävikin. Huonommalla rehusäilön hallinnalla hävikkiä on mahdollista syntyä lisää jopa 18 prosenttia. Jones (2001) mukaan aerobisen pilaantumisen takia rehun syöttövaiheessa syntyneet kuiva-ainehävikit ovat 1–10 prosenttia.

Borreani ym. (2018) kuvasivatkin (kuva 7) Holmes ja Muck (2007) mukaan rehun syöttönopeuden ja rehun tiheyden vaikutuksen rehun kuiva-ainehävikin (%) syntymiseen rehun syöttöreunassa. Kuvista nähdään, että huonosti tiivistetyn rehun ($< 700 \text{ kg/m}^3$), jonka syöttönopeus on alle 0,5 metriä viikossa kuiva-ainehävikit rehun syöttöreunassa voivat nousta noin 6–25 prosenttiin.



KUVA 7. Rehumassan tiheyden ja syöttönopeuden vaikutus rehun kuiva-ainehävikkiin rehusäilön syöttöreunassa. (Holmes ja Muck 2007; Borreani ym. 2018).

3–5 prosentin kuiva-ainehävikin tavoitteeseen rehusäilön syöttövaiheessa voidaan päästä riittävällä rehun tiheydellä ja syöttönopeudella onnistuneesti säilyneellä rehulla (kuva 7) (Borreani ym. 2018). Syöttövaiheen kuiva-ainehävikit betonialustaisissa laakasiiloissa ja aumoissa ovat Holmes ja Muck (2000) arvion mukaan hyvillä käytännöillä 3–5 prosenttia. Maa-alustalla kuiva-ainehävikin määrä kasvaa ja on 8–20 prosenttia hyvällä leikkuurintamuksella. Huono leikkuurintamus voi aiheuttaa lisää kuiva-ainehävikkiä 7 prosenttia, niin aumoissa kuin laakasiiloissa. (Holmes ja Muck 2000.)

Suomen olosuhteissa, NurmiArtturi -kehittämishankkeessa seurattiin 5 vuorokauden ajan pilottitilojen säilörehujen hävikkiä rehusäilöltä. Hävikkien määrä vaihteli tiloittain ja osalla tiloista hävikkiä ei ollut syntynyt. Tilat ilmoittivat rehusäilöiltä tunkiolle erotellun rehuhävikin määräksi 1–10 prosenttia

eläimille jaetun säilörehun määrästä. (Anttila ym. 2014, 15.) Huomioitavaa on, että kyseessä on rehüsäilöltä syntyneen näkyvän reuhävikin määrä.

5.4 Ruokinnan yhteydessä syntyvät hävikit

Reuhävikkejä ruokinnassa syntyy vielä rehutähteistä, rehun aerobisesta pilaantumisesta sekä mekaanisesti, kun rehua jää koneisiin, varisee sekä päätyy lantakäytävälle (Anttila 2013). Lypsylehmien ruokinnassa tavoitteena on, että lehmällä tulisi olla joko karkearehua tai seosrehua vapaasti tarjolla. Ruokinnan voidaan katsoa olleen vapaata, kun rehutähteitä jää noin 5–10 prosenttia päivittäisestä rehumäärästä. (Nousiainen, Vanhatalo ja Nokka 2010, 120.)

Tilakohtaisesti eronneekin lypsylehmien rehutähteiden määrä sekä se, hyödynnetäänkö lypsylehmien rehutähteet muiden eläinryhmien ruokinnassa vai päätyvätkö rehutähteet suoraan poistettavaksi. Lisäksi navetasta poistettavien rehutähteiden syntymiseen vaikuttavatkin ainakin rehun laatu, ruokintapöydän puhdistusväli sekä tilan toimintatavat. Esimerkiksi TTS:n (2016) automaattilypsytiloille (n= 110) tekemän kyselyn perusteella yli puolella kyselyyn vastanneista automaattilypsytiloista (56 %) rehutähteet poistettiin ruokintapöydältä yleensä päivittäin. Lopuilla rehutähteet poistettiin harvemmin kuin päivittäin (38 %) tai pöytä pyrittiin syöttämään aina tyhjäksi (8 %). Tietoa siitä ei ole, onko syntyneet rehutähteet syötetty muille eläinryhmille vai poistettu. NurmiArturi -kehittämishankkeessa seurattiin viiden vuorokauden ajan 12 suomalaisen maidontuotantotilan säilörehujen hävikkiä navetasta. Navetassa syömättä jäänyttä rehua tilat arvioivat syntyneen 1–9 prosenttia syötetyn rehun määrästä, silloin kun hävikkiä oli syntynyt. (Anttila ym. 2014, 15).

Seosrehuruokinnassa aerobisen pilaantumisen ongelmat kärjistyvät verraten erillisruokintaan, koska seosrehussa on otollisemmat kasvuolosuhteet mikrobeille. Seosrehuseokseen lisätyt helposti sulavat hiilihydraatit, kuten väkirehut, ovat erinomaista ravintoa mikrobeille. (Seppälä 2014.) Lisäksi seokseen voi päätyä lisää aerobisia mikrobeja muiden rehuosien mukana ja seosrehun sekoituksen yhteydessä happea päätyy seokseen. Myös vanha rehu voi ympätä uuden rehuosan pilaajamikrobeilla, jos laitteistossa on jäämiä vanhasta jo pilaantuneesta rehusta. Lisäksi rehuseos voi seistä ruokintapöydällä jopa parin vuorokauden ajan. Lämpimät ilmat, esimerkiksi kesällä, edistävät hiivojen kasvua ja voivat näin nopeuttaa seoksen pilaantumista. (Seppälä, Heikkilä, Rinne ja Miittinen 2010; Seppälä 2014).

Seosrehun aerobinen pilaantuminen heikentää seoksen laatua ja maittavuutta (Anttila ym. 2014, 16). Seosrehun lämpenemistä voidaan ehkäistä pitämällä sekoituslaitteisto, ruokintapöytä ja täyttöpöydät puhtaana. Lisäksi on syytä estää pilaantuneiden säilörehukohtien pääsy seokseen. Rehuseos voidaan valmistaa myös pari kertaa vuorokaudessa yhden sijaan. (Anttila ym. 2014, 16; Seppälä ym. 2010.) Mahdollista on myös lisätä säilöntäaineita seosrehuun.

5.5 Säilörehun varastoinnin, syöttövaiheen ja ruokinnan aikana syntyvät kuiva-ainehävikit

Säilörehun varastoinnin ja rehusäilön syöttövaiheen aikana syntyvien kuiva-ainehävikkien määrä riippuu pitkälti ”rehumanagementista”, eli kuinka hyvin säilörehusäilön täytössä, säilönnässä ja rehun syöttövaiheessa syntyviin kuiva-ainehävikkeihin vaikuttavat tekijät pystytään hallitsemaan. Joka tapauksessa väistämättömiä hävikkejä rehun säilönnässä syntyy kasvihengityksestä, mahdollisesta puristenesteestä sekä rehun käymisestä.

Holmes ja Muck (2007) mukaan laakasiilossa syntyvä kuiva-ainehävikki on 12–16 prosenttia, kun siilon täyttö, peitto ja syöttövaihe hallitaan hyvin. Myös Rotz ja Muck (1994, 858.) mukaan laakasiilosta syntyvä tavanomainen kuiva-ainehävikki varastoinnin ja syöttövaiheen aikana on 12 prosenttia, vaihdellen 10–16 prosentin välillä. Holmes ja Muck (2000) tekemän arvion, joka perustui osin Bickert ym. (1997) mukaan laakasiilon tai auman täytön, varastoinnin- ja syöttövaiheen kuiva-ainehävikit ovat yhteensä 16–26 prosenttia rehun kuiva-ainepitoisuuden ollessa 30 prosenttia (taulukko 4).

TAULUKKO 4. Säilörehun arvioidut kuiva-ainehävikit prosentteina varastointitavan mukaan säilörehun varastoinnin ja rehusäilön syöttövaiheen aikana (Holmes ja Muck 2000).

Varastointitapa	Kuiva-aine (g/kg)	Täyttö	Puristeneste	Kaasu	Pinta	Syöttövaihe	Yhteensä
Salvo tai laakasiilo, peitetty	200	2-5	4	9	2	3-10*	20-30
	300	2-5	1	7	3	3-10*	16-26
	400	3-6	0	6	4	5-15*	18-31
Auma, peitetty	200	3-6	5	8	2	3-10*	21-31
	300	3-6	0	7	4	3-10*	17-27
	400	4-7	0	6	6	5-15*	21-34
Tuubisäilöntä	200	1-2	2	6	2	1-5	12-17
	300-400	1-2	0	5	2	1-5	9-14
Käärityt paaletit	300-400	1-2	0	8	5	1-5	15-20
	400-500	2-3	0	6	6	1-5	15-20

* syöttövaiheen hävikit riippuvat maa-alustasta: betonialustalla hyvillä käytännöillä hävikki on 3–5 %, asfaltilla 4–6 %, 6–8 % sepelillä ja 8–20 % maa-alustalla hyvällä leikkuurintamuksella. Huonolla leikkuurintamuksella lisää hävikkiä 7 %.

Borreanin ym. (2018) mukaan onnistuneessa säilönnässä ja syöttövaiheessa kuiva-ainehävikkiä syntyy yhteensä 8 prosenttia, ottamatta kantaa varastointitapaan. Säilönnän onnistuessa heikommin voivat varastoinnissa syntyvät kuiva-ainehävikit olla yhteensä jopa 18 prosenttia. Syöttövaiheessa mahdollisuus on jopa 21 prosentin kuiva-ainehävikkiin.

Köhler ym. (2013) saivat Saksassa tehdyissä tutkimuksissaan laakasiiloihin säilöttyjen nurmisäilörehujen keskimääräiseksi kuiva-ainehävikiksi 9 prosenttia. Tämä hävikin määrä sisälsi säilöntähävikit sekä rehusäilöltä syöttöön kelpaamattomat rehut. Tutkimuksissaan he lisäksi havaitsivat jopa 26 prosentin kuiva-aineen hävikin aikana laakasiilon säilötyssä nurmisäilörehussa varastoinnin ja rehun

syöttövaiheen aikana. Säilörehussa havaittiin lämpenemistä, siinä esiintyi voihappoa ja rehun syöttönopeus oli alhainen. Köhler ym. (2013) ehdottivat kuitenkin tutkimuksensa pohjalta ohjeeksi varastoinnin ja rehun syöttövaiheen aikana väistämättä syntyvän rehun kuiva-aineen maksimaaliseksi hävikiksi 8 prosenttia laakasiiloissa riippumatta säilöttävästä kasvimateriaalista.

Ruppel ym. (1995) saivat Yhdysvalloissa tehdyissä tutkimuksissaan laakasiiloihin säilöttyjen säilörehujen keskimääräiseksi kuiva-ainehävikiksi varastoinnin aikana 8 prosenttia. Kuiva-ainehävikit tutkimuksessa vaihtelivat 0–43 prosentin välillä. Säilöttävinä kasvilajeina oli sekä nurmea, että sinimailasta. Tutkimusmenetelmästä johtuen Ruppel ym. (1995) epäilivät tutkimuksensa aliarvioineen syntyneiden kuiva-ainehävikkien määrää.

Van Schooten ja Philipsen (2012) tutkimuksessa säilörehun varastoinnin ja syöttövaiheen aikana reuhävikkiä syntyi 7,2–27,9 prosenttia. Tästä varastoinnin aikaista hävikkiä oli 4,2–14,4 ja rehusäilön syöttövaiheessa syntynyttä 3,0–13,5 prosenttia. Syöttövaiheen hävikit muodostuivat erotellusta rehusta, rehutähteistä sekä aerobisesta pilaantumisesta (näkytön hävikki). Epäselvää kuitenkin on, kuuluivatko navetasta syntyneet rehutähteet tutkimuksessa ilmoitettuihin syöttövaiheen hävikkeihin.

Pilaantuneiden rehujen erottelun tarkkuudessa, eli kuinka herkästi lämmennyttä tai pilaantunutta rehua erotellaan rehusäilöltä syöttöön kelpaamattomaksi, on varmasti tilakohtaisia eroja ja tämä voi vaikuttaa rehusäilön syöttövaiheessa syntyneiden reuhävikkien määrään. Lisäksi huomattavaa on, että yllä mainittujen varastoinnin ja syöttövaiheessa syntyneiden kuiva-ainehävikkien lisäksi kuiva-ainehävikkiä syntyy ruokinnassa mekaanisesti, aerobisen pilaantumisen takia sekä rehutähteinä. Esimerkiksi lypsylehmien ruokinnassa suositeltavaa on, että rehutähteitä jää 5–10 prosenttia (Nousiainen ym. 2010, 120). Rehutähteiden määrä eronnee kuitenkin tilakohtaisesti. Lisäksi tilakohtaisesti eronnee sekin, hyödynnetäänkö rehutähteet muun karjan ruokinnassa vai päätyvätkö tähteet poistettavaksi.

Taulukossa 5 on esitetty yhteenvetoa laakasiiloihin säilöttyjen säilörehujen varastoinnin ja rehusäilön syöttövaiheen aikana syntyvistä kuiva-ainehävikeistä. Maatilaympäristöissä tutkimuksissa kuiva-ainehävikit ovat olleet keskimäärin varastoinnin aikana 8 prosenttia (Ruppel ym. 1995), varastoinnin ja syöttövaiheen aikana 9 prosenttia (Köhler ym. 2013). Tutkimuksissa oli havaittu myös varastoinnin aikana 43 prosentin kuiva-ainehävikki (Ruppel ym. 1995) sekä varastoinnin ja syöttövaiheen aikana 26 prosentin kuiva-ainehävikki (Köhler ym. 2013). Hyvällä säilönnän ja syöttövaiheen hallinnalla Borreani ym. (2018) ja Holmes ja Muck (2007) arvioivat kuiva-ainehävikin määräksi varastoinnin ja syöttövaiheen aikana 8–16 prosenttia.

TAULUKKO 5. Säilörehun kuiva-ainehävikkien määrät prosentteina (%) laakasiiloon varastoiduilla säilörehuilla varastoinnin ja rehusäilön syöttövaiheen aikana.

Lähde	Varastointi	Syöttövaihe
Köhler ym. 2013	-----9-----	
Borreani ym. 2018*	-----8-----	
Holmes ja Muck 2007*	-----12-16-----	
Van Schooten ja Philipsen 2012**	4,2-14,4	3,0-13,5
Ruppel ym. 1995	8	
Jones 2001	5-26	1-10
Holmes ja Muck 2007		
- betonialusta, hyvä hallinta		3-5
- maa-alusta		8-20
- huono leikkuurintamus		+ 7

* hyvillä toimintatavoilla

** varastointitapa ei tiedossa

6 TYÖN TAVOITTEET, TARKOITUS JA TOTEUTUS

Opinnäytetyö jakaantuu kolmeen erilliseen osaan: kahteen tutkimukselliseen osaan ja yhteen toiminnalliseen osaan. Tutkimuksellisissa osissa opinnäytetyössä määritetään case-tilan karjan vuodessa kuluttama säilörehumäärä kilogrammoina kuiva-ainetta (kg ka) Tilamalli-laskentapohjalla case-tilan tuotantotietoihin perustuen. Tulosta verrataan case-tilalla vuonna 2018 tehtyyn säilörehun punnitusmenetelmällä tehtyyn satomittauksen tulokseen (kg ka) säilörehun varastosaldo huomioiden. Tavoitteena opinnäytetyössä on selvittää menetelmien välinen satoero prosentteina vuoden ajanjakson aikana. Satoero kertoo säilörehun varastoinnin, syöttövaiheen ja ruokinnan aikana syntyneen kuiva-ainehävikin. Lisäksi opinnäytetyössä selvitetään vältettävissä olevia reuhävikkejä ja niiden syntymissyytiä tilan yrittäjälle suunnattujen kysymysten avulla.

Toisessa opinnäytetyön tutkimuksellisessa osassa, case-siilossa, tavoitteena on selvittää yhden laakasiilon varastoinnin ja syöttövaiheen aikana syntyvä kuiva-ainehävikin määrä prosentteina alkupeiraisen säilötyn rehun määrästä. Lisäksi selvitetään navetasta poistettavien rehutähteiden määrä ja osuus sadosta. Toiminnallisena osana opinnäytetyössä perehdytään punnitusmenetelmällä tehtävään säilörehun satomittaukseen käytännössä. Tavoitteena opinnäytetyössä on satopunnitusten perusteella laatia kirjallinen ohje satomittauksen yhteydessä otettavaan kuiva-ainenäytteenottoon. Lisäksi toiminnallisen osan tavoitteena on havainnoida satopunnituksia ja etsiä satopunnituksissa mahdollisia ilmeneviä virhelähteitä, jotka voisivat vääristää punnitusmenetelmällä saatavaa tulosta.

Suomalaisia tutkimustuloksia säilörehuhävikeistä ei juurikaan ole. Suomessa NurmiArtturi-hankkeessa selvitettiin rehusäilöitä ja navetasta syntyneiden rehutähteiden määrää viiden vuorokauden seurantajakson ajan. Opinnäytetyössä selvitetään kahdessa tapauksessa säilörehun kuiva-ainehävikki. Tietoa säilörehun hävikkimäärästä suomen olosuhteissa tarvitaan, koska tällä hetkellä tietoa ei juurikaan ole. Opinnäytetyön tutkimuskysymys on ”Mitä ovat suomalaisilla maidontuotantotiloilla syntyvät säilörehun kuiva-ainehävikit?”. Yksi punnitus- tai kuormakarjanpitomenetelmällä tehtävän satomittauksen merkittävimmistä virhelähteistä voi olla epäonnistunut kuiva-ainenäytteenotto. Kuiva-ainenäytteen ottoon aumalta tai siilolta rehunteon yhteydessä ei myöskään ole yleisesti saatavilla selkeää ja johdonmukaista ohjetta. Tämän vuoksi opinnäytetyössä laaditaan selkeä ohje kuiva-ainenäytteen ottamiseksi.

Opinnäytetyössä on mukana kaksi yhteistyötilaa, pohjoissavolainen lypsykarjatila (case-tila) ja Luke Kuopion Maaningan toimipiste (case-siilo). Case-tilalta selvitetään vuoden ajanjaksolla syntyneen reuhävikin määrä sekä opinnäytetyön toiminnallisena osana osallistutaan säilörehun satomittaukseen punnitusmenetelmällä kasvukaudella 2019. Säilörehun satopunnitustulosta käytetään toisintomittauksena case-tilan tutkimuksessa. Case-siilon tutkimusaineisto kerätään Luke Kuopion Maaningan toimipisteellä loppuvuodesta 2019.

6.1 Tutkimuskohde: case-tila

Case-tila on Pohjois-Savossa sijaitseva tavanomaisessa tuotannossa oleva lypsykarjatila. Tilalla korjattiin kasvukaudella 2018 kolme säilörehusatoa. Säilörehunurmet tilalla olivat kasvukaudella 2018 pääasiassa timotei-nurminata seosta. Pienellä alalla mukana oli myös apilaa. Säilörehu tehtiin esi-kuivattuna säilörehuna. Niitto tapahtui niittomurskaimella ja rehunkorjuu puolestaan ajosilppurilla. Rehut varastoitiin neljään laakasiiloon sekä kahteen maapohjaiseen aumaan. Lisäksi tilalla tehtiin kuivaheinää pyöröpaaleihin. Tilalla on seosrehuruokinta. Seosrehut tehdään apevaunulla, navettaan seosrehu jaetaan matoruokkijalla. Tilan eläimet eivät laidunna.

Säilörehun satomittaus tilalla kasvukaudella 2018 tehtiin Luonnonvarakeskuksen, Savonia-ammattikorkeakoulun ja ProAgria Pohjois-Savon EuroMaito -hankeessa. Säilörehusato mitattiin punnitusmenetelmällä siirrettäviä punnitustasoja käyttäen. Siirrettävät punnitustasot olivat merkiltään Dinamica Generale, malliltaan portable Dina 3 (kuva 8).



KUVA 8. Case-tilalla rehukuormien punnitseminen tapahtui siirrettäviä punnitustasoja käyttäen vuonna 2018 (Puustinen 2019-06-16).

Taulukossa 6 on esitetty case-tilan vuoden 2018 säilörehun kuiva-ainepitoisuus keskimäärin rehunkorjuukerroittain. Lisäksi taulukossa on esitetty punnittujen rehukuormien osuus kokonaisrehukuormamäärästä ja onnistuneiden punnitusten osuus punnituista rehukuormista. Taulukosta voi huomata, että kasvukauden 2018 säilörehusadosta on punnittu noin puolet, joista onnistuneita punnituksia on ollut noin puolet. Kaikkiaan satoa on tullut punnituksi noin neljäsosa. Tilalla ensimmäistä säilörehusatoa oli saatu keskimäärin 2 613 kg ka/ha, toista satoa 3 693 kg ka/ha ja kolmatta 2 895 kg ka/ha. Yhteensä säilörehusatoa oli saatu keskimäärin 9201 kg ka/ha vuonna 2018. (Kajava 2019-12-20.)

TAULUKKO 6. Case-tilan kasvukauden 2018 säilörehun keskimääräinen kuiva-ainepitoisuus ja sato-
mittausten punnitukset rehunkorjuukerroittain (Kajava 2018).

Rehunkorjuu	Kuiva-aine keskimäärin	Punnittuja rehukuormia	Onnistuneita punnituksia
1	31,4 %	55 %	50 %
2	30,6 %	55 %	49 %
3	28,5 %	66 %	51 %

6.2 Tutkimuskohde: case-siilo

Luke Kuopion Maaningan toimipiste, sijaitsee Kuopion Maaningalla Pohjois-Savossa. Kasvukauden 2019 säilörehut varastoitiin pääasiassa neljään laakasiilon. Lisäksi osa karkearehuista pyöröpaalattiin. Tilalla on seosrehuruokinta sekä väkirehukioskit. Seosrehut tilalla tehdään apevaunulla. Apevaunusta seosrehut puretaan täyttöpöydille, joista rehunjako navettaan tapahtuu kiskoruokkijoilla.

Säilörehuhävikkiseurannassa tutkimuksen kohteena on laakasiilo numero 4 (kuva 9), jossa oli sekä nurmirehua, että kokoviljasäilörehua. Kokoviljasäilörehu oli siilon pohjalla, nurmirehut kokoviljasäilörehun päällä. Siilossa karkearehua tuorekiloina oli yhteensä 248 025 kiloa. Kuiva-aineena yhteensä 99 115 kiloa, josta kokoviljasäilörehua 50 213 kuiva-ainekiloa ja apilapitoista nurmirehua ja nurmirehua yhteensä 48 903 kuiva-ainekiloa. Rehujen määrät on mitattu rehunkorjuun yhteydessä punnitusmenetelmällä, siirrettäviä punnitustasoja käyttäen Luke Maaningan henkilöstön toimesta. Säilörehu oli peitetty säilöntämuovilla ja painoina oli käytetty autonrenkaita sekä reunapainoja.

Yhteensä rehua siilon oli korjattu 28,49 hehtaarin alalta, josta säilörehua 7,0 hehtaarin alalta, apilapitoista säilörehua 14,20 hehtaarin alalta ja kokoviljasäilörehua 7,29 hehtaarin alalta. Nurmiheinäseos on timotei-nurminataseosta, jossa timotein osuus oli 70 % ja nurminadan 30 %. Apilapitoisessa säilörehussa timotein osuus oli 70 %, apilan osuus 20 % ja nurminadan 10 %. Kokoviljasäilörehu oli Toria-ohraa. Nurmi-, apilanurmi- ja kokoviljasäilörehualoille ei levitetty lietettä kasvukaudella 2019.



KUVA 9. Säilörehun hävikkiseuranta kohdistui siilon numero 4, joka kuvassa on vasemmanpuoleisin laakasiilo (Puustinen 2019-10-24).

Siilon numero 4 rehu korjattiin 7.8.2019. Kokovilja- ja nurmirehut korjattiin ajosilppurilla. Rehun säilöntään käytettiin haposäilöntäainetta. Kokoviljasäilörehun keskimääräinen esikuivausaika oli noin 4,5 tuntia ja nurmirehuilla noin kuusi tuntia. Kokoviljasäilörehun keskimääräinen kuiva-ainepitoisuus oli 40 prosenttia ja nurmisäilörehun 39 prosenttia. Korjuunopeus keskimäärin tuoretonneina kokoviljasäilörehulla oli noin 70 tn/h ja nurmirehuilla noin 41 tn/h. Korjuunopeudet ovat laskettu korjuun ajalta. Tiedossa ei ole, kauanko tiivistys on jatkunut viimeisen rehukuorman saapumisen jälkeen. Tiivistyskoneena siilolla oli pyöräkuormaaja, jonka paino oli 15 tonnia.

6.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusstrategiana opinnäytetyössä on case-tutkimus eli tapaustutkimusmenetelmä. Opinnäytetyössä maatala sekä laakasiilo ovat tutkimuksen kaksi erillistä tapausta, eli casea. Tutkimustyyppinä tapaustutkimus on kuvaileva (KAMK s.a.). Tyypillisesti tapaustutkimuksen kohteena on yksittäinen tapaus, tilanne, tapahtuma tai joukko tapauksia, joiden tarkastelussa kiinnostuksen kohteena ovat usein prosessit. Tavoitteena tapaustutkimukselle on tuottaa intensiivistä, yksityiskohtaista tietoa yksittäisestä tapauksesta tai pienestä tapahtumajoukosta, kuitenkin pyrkimättä yleistettävään tietoon. Tapaustutkimuksen teossa on käytössä sekä kvantitatiiviset että kvalitatiiviset menetelmät. Aineiston keruutapoina ovat usein havainnot, haastattelut ja dokumentit. (Hirsjärvi, Remes ja Sajaavaara 2009, 134–135.) Aineisto voivat olla myös tutkittavan kohteen tuottamat asiakirjat (KAMK s.a.)

Opinnäytetyö sisältää lisäksi toiminnallisen osuuden, satomittaukset. Toiminnallisessa opinnäytetyössä yhdistyy käytännön toteutus ja siitä raportointi tutkimusviestinnän keinoin. Aiheen tarkastelu edellyttää alan teoreettista tietoperustaa, johon nojaten tarkasteltavaa aihetta käsitellään. (Airaksinen ja Vilkkä 2003, 9, 42.) Toiminnalliseen opinnäytetyöhön sisältyy raportti, josta selviää mitä, miksi ja miten on tehty, millainen työprosessi on ollut sekä millaisiin tuloksiin ja johtopäätöksiin on päädytty. Raportin lisäksi toiminnallisessa opinnäytetyössä syntyy itse tuotos, joka on usein kirjallinen. Tuotoksen, joka on esimerkiksi ohje, tekstissä puhutellaan kohderyhmää. (Airaksinen ja Vilkkä 2003, 65.)

6.3.1 Case-tilan tutkimusmenetelmät

Case-tilan tutkimuksessa käytetään kvantitatiivisen eli määrällisen tutkimuksen menetelmiä. Määrällisessä tutkimusmenetelmässä tietoa käsitellään numeerisesti. (Vilkkä s. a., 14) Aineistonkeruumenetelminä käytetään haastattelua, kirjanpitoaineistoa, raportteja ja yrittäjälle suunnattua kysymyspatteristoa. Tilan yrittäjän haastattelulla kerätään tilan tuotannon tunnuslukuja perustuen maatalouden ohjelmistojen raportteihin käytettäväksi tilamalli -laskentapohjassa karjan energiatarpeen määrittämiseksi. Tuotantotiedot kerätään vuoden ajanjaksolta, joko vuodelta 2018 tai ruokintavuoden ajanjaksolta. Ruokintavuodella opinnäytetyössä tarkoitetaan vuoden ajanjaksoa, joka alkaa, kun kyseisen vuoden kasvukauden ensimmäinen säilörehusiilo otetaan syöttöön.

Kirjanpitoaineistosta määritetään tilan ostorehut/viljat ja määrä (kg) ja niitä käytetään tilamalli -laskentapohjassa karjan säilörehunkäytön laskemiseksi. Kirjanpitoliedot kerätään vuodelta 2018 tai mahdollisuuksien mukaan ruokintavuoden ajanjaksolta. Lisäksi tilalta kerättäviä dokumentteja ovat mahdollisesti säilörehun ja viljan rehuanalyysit kasvukauden 2018 rehuista ja viljoista. Rehuanalyysituloksien energia-arvoja käytetään tilamalli -laskentapohjassa. Säilörehun analyysituloksista arvioidaan lisäksi säilörehujen säilönnällistä laatua.

Lisäksi opinnäytetyössä käytettävä raportti on EuroMaito -hankkeessa tehty tilakohtainen raportti kasvukauden 2018 satomittauksista case-tilalta. Tilakohtaisessa raportissa kuvataan case-tilan vuoden 2018 satopunnitusten eteneminen ja onnistuminen. Tilakohtaisesta raportista saadaan taustatietoja case-tilan tutkimuksen toteuttamiseen. Raportti on opinnäytetyön käytettävissä Luonnonvarakeskuksen kautta.

Yrittäjälle suunnattu kysymyspatteristo (liite 1) on yrittäjälle suunnattu kysely, jolla kartoitetaan tilalla syntynyttä näkyvää hävikkirehumäärää, reuhävikin syntymissyitä sekä mahdollisia tekijöitä, jotka selittävät hävikkirehun suurta määrää erityisesti tilanteessa, jossa tutkimuksessa saatu tulos (kuiva-ainehävikki, %) olisi huomattavasti suurempi, kuin mitä kirjallisuudessa on tavanomaisesti esitetty (kts. luku 5). Kysymyspatteriston eli kysymyssarjojen käyttö on hyödyllistä, kun halutaan selvittää samaan asiaan liittyviä tekijöitä tai vastausvaihtoehdoiltaan yhteneviä kysymyksiä (Kvanti-MOTV). Lisäksi kysymyspatteristo lisää tutkimuksen tuloksen luotettavuutta, sillä onnistuessaan kysymyspatteriston vastausten tulisi vahvistaa tutkimuksessa saatu tulos (kuiva-ainehävikki, %). Kysymyspatteristo sisältää suljettuja eli niin sanottuja strukturoituja kysymyksiä, joihin vastataan annettujen vaihtoehtojen mukaisesti. Lisäksi kysymyspatteristossa on kysymyksiä, joihin annetaan määrällinen vastaus. Kysymyspatteristo sisältää yhden avoimen kysymyksen.

6.3.2 Case-siilon tutkimusmenetelmät ja tutkimussuunnitelma

Reuhävikkiseurannassa käytetään kvantitatiivisia eli määrällisen tutkimuksen menetelmiä. Tavoitteena on selvittää laakasiilon varastointihävikki, laakasiilolta syntynyt näkyvä reuhävikki sekä reuhävikinä syntynyt reuhävikki. Reuhävikkiseurannan tutkimusaineiston analyysi toteutetaan perustason tunnusluvuilla, prosentteina sekä taulukoin. Tuloksia verrataan kirjallisuuslähteissä esitettyihin hävikkimääriin ja arvioidaan hävikin määrää. Lisäksi pohditaan tekijöitä, jotka vaikuttivat reuhävikin syntymiseen. Reuhävikkiseuranta siilosta numero 4 aloitetaan heti, kun se otetaan syöttöön. Kaikki laakasiilon syötön aikana siilolta ja navetasta syntyneet reuhävikit punnitaan. Tutkimusaineisto kerätään Luke Kuopion Maaningan toimipisteessä loppuvuodesta 2019.

6.4 Tutkimusten luotettavuus ja eettisyys

Määrällisen tutkimuksen luotettavuutta kuvataan kahdella käsitteellä, pätevyys eli validiteetti ja luotettavuus eli reliabiliteetti. Pätevyydellä tarkoitetaan tutkimuksen tai tutkimusmenetelmän kykyä mitata sitä, mitä on tarkoitus mitata. Luotettavuus puolestaan kuvaa tulosten tarkkuutta eli mittauksen kykyä antaa ei-sattumanvaraisia tuloksia ja mittaustulosten toistettavuutta. Laadullisen tutkimuksen

luotettavuutta voidaan arvioida yleisyyden ja luotettavuuden perusteella. (Vilka 2015, 193–194.) Koska case-tutkimuksessa voidaan käyttää sekä kvantitatiivisen, että kvalitatiivisen tutkimuksen menetelmiä tulee luotettavuuskriteeristö johtaa joko laadullisesta tai määrällisestä tutkimuksesta sen mukaan, mikä lähestymistapa opinnäytetyössä on (Kananen 2013, 114).

Koko case-tutkimuksen luotettavuuden perustana on riittävä dokumentaatio. Tutkimusprosessin vaiheet tulee kirjata ja perustella, jolloin lukija voi päätellä valintojen oikeellisuutta. Lisäksi Case-tutkimuksessa tulosten luotettavuutta voidaan parantaa käyttämällä monilähteisyyttä, mikä tarkoittaa tuen hakemista väitteille tai ilmiölle useasta eri lähteistä, kuten esimerkiksi kirjallisista dokumenteista, havainnoinnista, kyselyistä tai muista tietolähteistä. (Kananen 2013, 116–121).

Opinnäytetyössä case-tilaa käsitellään anonymisti. Tila on opinnäytetyön ohjaajan sekä opponentin tiedossa. Case-tilalta kerätyt tuotantotietoja käytetään opinnäytetyössä luottamuksellisesti, eikä tietoja ei julkisteta opinnäytetyössä, vaan niitä käytetään vain tilamalli-laskentapohjassa karjan säilörehunkulutuksen laskemiseksi. Luke Kuopion Maaninnan toimipisteen kaikki tiedot puolestaan ovat julkisia. Tutkimustuloksista opinnäytetyössä kerrotaan avoimesti ja rehellisesti. Kaikki opinnäytetyössä käytetyt lähteet merkitään tekstiin lähdeviittauksina sekä työn loppuun lähdeluetteloksi.

6.4.1 Case-tilan tutkimuksen luotettavuus

Tilamalli-laskentapohjalla laskettava karjan energiantarve (MJ ME) on luotettava, kun energiatarve määritetään tilan tuotantotietoihin perustuen. Tuotantotiedot kerätään yrittäjähaastattelulla. Kerätyt tiedot perustuvat maatalouden ohjelmistojen raportteihin. Ajanjakso, jolta tuotantotiedot kerätään, on vuoden ajanjakso. Ajanjaksona käytetään joko 1.1.2018–31.12.2018 tai ruokintavuoden ajanjaksoa, mikäli se vain on mahdollista. Tilamallilla määritettävän nettosadon luotettavuutta parantaa, mikäli tuotantotietojen keruu ruokintavuoden ajanjaksolta onnistuu.

Tilamalli-laskentapohjalla määritettävä säilörehun nettosato on melko luotettava. Väkirehujen varastosaldojen puuttuminen seurantajakson alussa sekä todennäköisesti lopussa heikentävät hieman tutkimuksen luotettavuutta. Myös säilörehun varastosaldon määrittämisessä seurantajakson lopussa voi esiintyä virhettä, sillä säilörehun kuutiotilavuuden määrittämisessä tarkkuus ei ole aivan tarkka. Esimerkiksi EuroMaito-hankkeessa tehtyjen mittausten mukaan kuutiotilavuusmittaus aliarvioi keskimäärin 14 % kuiva-ainesatoa punnittuun verrattuna, kun kuutiomittaus tehdään rehun painumisen loppumisen jälkeen, eli vähintään 48 vuorokauden kuluttua rehunteosta (Kajava, Sairanen ja Jääskeläinen 2018, 8). Tutkimustulokseen tämä vaikuttaa niin, että todellisuudessa syntynyt säilörehuhävikki on pienempi, mitä tutkimustulokseksi saadaan.

Satopunnitustulokset vuodelta 2018 ovat luotettavat, sillä ne ovat tehty Luonnonvarakeskuksen, ProAgria Pohjois-Savon sekä Savonia ammattikorkeakoulun yhteistyöhankkeessa alan asiantuntijoiden toimesta. Tutkimuksen pätevyttä heikentää satomittauksissa punnittujen rehuormien ja onnistuneiden rehuormapunnitusten lukumäärä. Punnittuja kuormia ensimmäisessä rehunkorjuussa oli 55 %, joista onnistuneita punnituksia oli 50 %. Toisessa rehunkorjuussa rehuormia oli punnittu

55 %, joista onnistuneita punnituksia oli 49 %. Kolmannessa rehunkorjuussa rehukuormia oli punnittu 66 %, joista onnistuneita punnituksia oli 51 %. Punnitsemattomien ja epäonnistuneesti punnittujen rehukuormien painot ovat laskettu muiden rehukuormien keskiarvopainojen ja akselipainojen perusteella.

Osa kysymyspatteristolla mitattavista asioista perustuu yrittäjän arvioon tai kokemukseen asiasta, eli laadulliseen ominaisuuteen vaikka vastaus tai mitta-asteikko onkin määrällinen. Tämä heikentää tutkimuksen luotettavuutta. Määrälliseen tutkimukseen liittyvät asiat eivät aina taivukaan helposti numeerisesti mitattaviksi. Mittaaminen voi sujua näennäisesti hyvin, vaikka sen luotettavuus ja tarkkuus voivat olla kyseenalaisia. (Vilpas s.a.) Kysymyspatteriston kysymykset tilalla syntyneistä säilörehuhävikkeistä (kysymykset 4a ja 4b) perustuvat puhtaasti yrittäjän arvioon, joten ne sisältävät virhemahdollisuuden. Kysymyspatteriston ”rehun hävikit” -osaa käytettiin kuitenkin pääasiassa reuhävikkien syntymisen syiden etsintään ja toimii osaltaan tutkimuksen tuloksen luotettavuuden tarkastelun apuvälineenä. Tutkimuksessa saadun tuloksen (rehun kuiva-ainehävikki, %) tulisi olla linjassa kysymyspatteristolla kerättyjen tietojen kanssa.

Myös rehuanalyysit parantavat tutkimuksen luotettavuutta, sillä rehuanalyyseistä saadaan tilan rehujen energia-arvot tilamalli-laskentapohjaan taulukkoarvojen sijaan. Lisäksi säilörehun rehuanalyysin perusteella voidaan päätellä säilörehun säilönnällistä laatua. Säilönnällinen laatu kertoo säilörehun säilönnän onnistumisesta, joten myös säilörehuanalyysit toimivat tutkimustuloksen luotettavuuden tarkastelussa.

Tutkimuksen kokonaisluotettavuus on melko hyvä. Tutkimuksen luotettavuus paranee, mikäli tuotantotiedot case-tilalta saadaan kerättyä ruokintavuoden ajanjaksolle. Tutkimuksen luotettavuutta heikentää väkirehujen varastosaldon puuttuminen seurantajakson alussa, sekä todennäköisesti lopussa. Säilörehun satoa vuonna 2018 oli punnittu noin 25 prosenttia, jonka perusteella on määritetty case-tilan kokonaissato. Kuiva-ainenäytteenoton edustavuudesta ei ole tietoa.

6.4.2 Case-siilon tutkimuksen luotettavuus

Säilörehun hävikkiseuranta on luotettava. Seurannan suunnittelusta vastasi Luke Maaningan tutkijat ja toteutuksesta vastaavat tutkimuspihaton henkilökunta. Tutkimuksessa on punnittu laakasiiloon menneen rehun määrä ja punnitaan kaikki laakasiilosta pois otettava rehu. Kaikki punnitustulokset kirjataan ylös. Mahdolliset punnitus- tai kirjanpitovirheet sekä kuiva-ainenäytteiden riittämättömyys voivat heikentää tutkimuksen luotettavuutta.

6.5 Case-tilan tutkimuksen toteutus

Tilamalli-laskentapohjaa varten kerättävien tietojen keräys tapahtui haastattelemalla tilan yrittäjää 10.7.2019. Tilan tuotantotiedot kerättiin ajanjaksolta 1.7.2018–30.6.2019. Kerättäviä tietoja olivat karjan keskilehmäluku (kpl), karjan keskituotos (kg), maidon rasva- ja valkuaispitoisuus, poikineiden hiehojen lukumäärä (kpl) ja hiehojen keskipoikimaikä (kk). Lisäksi selvitettiin tilan kasvukauden 2018 säilörehualojen lannoitusmäärät, lannanlevityskalusto, mahdolliset lihaksi tilalla kasvatettavat eläimet, säilörehunurmien kasvilajit, viljojen, valkuaiskasvien sekä muiden rehuksien viljelyalat kasvukaudella 2018 sekä satotasot (kg/ha) ja käyttö nautakarjan rehuna. Tilan säilörehun ja viljan rehuanalyysijä ei saatu opinnäytetyön käyttöön. Nautakarjan ostorehut ja -viljat määritettiin tilan kirjanpidosta aikaväliltä 11.7.2019–10.7.2019.

Tarkastelujaksoksi rehujen osalta valittiin vuoden ajanjakso 11.7.2018–10.7.2019, koska säilörehun varastosaldon mittausta tehtiin haastattelun yhteydessä 10.7.2019. Ostorehujen osalta varastosaldon ei määritetty tarkastelujakson alussa eikä lopussa. Yrittäjän mukaan varastosaldon poikkeama voi kuitenkin olla korkeintaan 2–3 viikon rehunkulutuksen verran, sillä tällä aikavälillä tilalle tilataan väkirehujä, eikä varastoihin mahdu suurempia rehumääriä. Tuotantotiedot ja rehutiedot syötettiin Tilamalli-laskentapohjaan. Lypsylehmien energiatarve laskentapohjassa laskettiin luvussa 3.2.1 kuvatulla tavalla. Hiehojen energiatarve määritettiin laskentapohjaan taulukon 3 mukaan keskimääräisen tilan hiehojen poikimaian mukaisesti.

Rehuohran satotasona tilamalli-laskentapohjassa käytettiin vuoden 2018 rehuohran keskiarvotietoa, joka löytyy Luonnonvarakeskuksen satotilastosta, koska satotaso (kg/ha) ei ollut tilalla tiedossa. Kuivaheinän tuotettu määrä (kg ka) saatiin tiedoksi Luken henkilöstöltä. Kuivaheinämäärään tehtiin tilamalli-laskentapohjassa 10 % vähennys yrittäjän arvioiman hävikkimäärän pohjalta. Säilörehun energia-arvona käytettiin 11,2 MJ ME/ kg ka. Säilörehun energia-arvo on laskettu EuroMaito -raportissa esitettyjen tilan vuoden 2018 kasvukauden rehusatojen D-arvoista, painotettuna keskiarvona rehusatojen mukaan huomioiden korjuualat. Kuivaheinän, ohran ja rypsin/rapsin energia-arvot otettiin MTT:n rehutaulukoista. Rehuohran energia-arvona käytettiin 13,2 MJ ME/kg ka, kuivaheinän energia-arvona 9,4 MJ ME/kg ka ja rypsillem/rapsille 11,4 MJ ME/kg ka. Teollisesti valmistettujen rehujen energia-arvot ovat rehuvalmistajien ilmoittamien tietojen mukaisesti. Tuloksena Tilamalli-laskentapohjalla saatiin karjan vuoden aikana syönyt säilörehun kuiva-ainemäärä, eli nettosato (kg ka).

Säilörehun varastosaldo määritettiin tarkastelujakson päättyessä (10.7.2019). Tilalla oli jäänyt syötämättä kasvukauden 2018 säilörehua yhden laakasiilon ja yhden auman verran. Lisäksi tilalla oli rehua syöttämättä tarkasteluhetkellä kahdessa avatussa laakasiilossa. Syöttämättömien rehusäilöjen rehumäärät saatiin tiedoksi Luken henkilöstöltä, sillä rehusäilöjen rehumäärät oli laskettu EuroMaito-hankeessa. Avattujen rehusäilöjen osalta syöttämätön rehumäärä määritettiin kuutiolavuusmittauksen perusteella. Kuutiopainoina (kg ka/m³) käytettiin Luke Kuopion henkilöstön toimesta tilan rehusäilöistä tehtyjä säilörehusäilökohtaisia kuutiopainomääritysten tuloksia.

Vuoden 2018 tilalla tehtyyn satomittauksen etenemiseen ja onnistumiseen perehdyttiin EuroMaito -hankkeessa tehdyn tilakohtaisen raportin perusteella. Lisätietoa satomittauksista saatiin Luken henkilöstöltä muun muassa sähköpostitse. Vuonna 2018 punnitun säilörehun määrän (kg ka) saamiseksi vertailukelpoiseksi Tilamalli-laskentapohjalla määritetyn satomäärän (kg ka) kanssa, tuli punnittuun säilörehumäärään tehdä varastosaldo- ja ruokintapäiväkorjaukset.

Syöttämättömät rehumäärät (kg ka) vähennettiin tilan 2018 punnitusta säilörehusadosta, jotta jäljelle jää ruokintavuoden aikana kulunut rehumäärä (kg ka). Lisäksi ruokintavuoden aikana kuluneelle säilörehulle tehtiin 14 päivän ruokintapäiväkorjaus, sillä kasvukauden ensimmäinen rehusäilö oli tilalla otettu syöttöön 14 vuorokautta tarkastelujakson alkua myöhemmin. Lopuksi menetelmien erotuksen osuus prosentteina laskettiin punnitusta sadosta (kg ka), johon oli tehty varastosaldo- ja ruokintapäiväkorjaukset.

Kysymyspatteriston suunnittelu aloitettiin huhtikuussa 2019. Kysymyspatteristo jakaantui kolmeen osa-alueeseen, joita olivat rehun hävikit, rehun käyttö ja rehun korjuu. Kukin osa-alue käsittelee aiheen mukaisesti tekijöitä, jotka voisivat aiheuttaa hävikkirehun syntymistä tai rehun lisääntyntä kulutusta. Kysymyspatteriston kysymysten sisältöä ja kysymysasettelua käytiin yhdessä läpi ensin työn toimeksiantajan kanssa sekä myöhemmin työn ohjaajan, Luonnonvarakeskuksen VarmaNurmi -hankkeeseen osallistuvan henkilöstön sekä VarmaNurmi-hankkeen toimijan kanssa. Tässä vaiheessa kysymyspatteristo sai lopullisen tiivistetyn muotonsa.

Kysymyspatteriston kysymykset lähetettiin yrittäjälle tutustumista varten etukäteen sähköpostitse. Vastaukset kysymyspatteriston kysymyksiin kerättiin myöhemmin haastatteleamalla yrittäjää henkilökohtaisesti vierailemalla tilalla 10.7.2019. Kysymykseen 1 osiossa Rehun käyttö (poistolehmien keskiteuraspaino) tilalta saatiin kirjanpitoaineisto vuodelta 2018, jonka perusteella vastaus määritettiin. Kysymyksiin 1, 5 ja 6 osiossa Rehun korjuu pystyttiin määrittämään vastaukset EuroMaito-hankkeen tilakohtaisesta raportista. Kysymyksiin 2, 5 ja 7 ei pystytty määrittämään vastausta Rehun korjuu -osiossa. Rehun hävikit -osiossa kysymykseen 4 (rehun lämpeneminen ja näkyvien rehuhävikkien syiden erittely rehusäilökohtaisesti) ei pystytty antamaan määrällisiä vastauksia, koska suurin osa rehusäilöistä oli jo syötetty. Kysymykseen saatiin kuitenkin laadullinen vastaus.

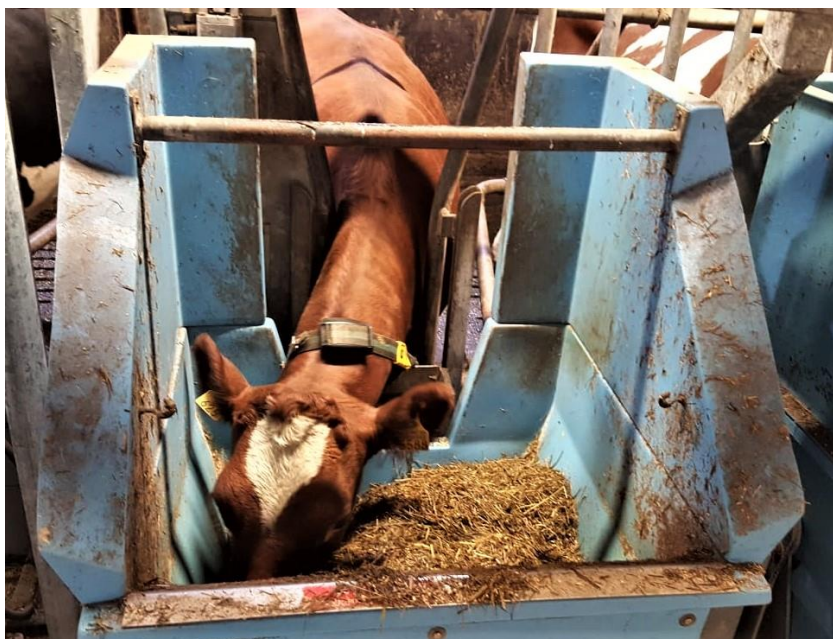
6.6 Case-siilon tutkimuksen toteutus

Säilörehusiilo numero 4 (kuva 10) avattiin 24.9.2019, jolloin rehuhävikkiseuranta aloitettiin. Appeet tilalla tehtiin aamupäivällä. Appeenteon yhteydessä apevaunun vaa'alla punnittiin syöttöön otetut rehut laakasiilosta nurmi- ja kokoviljasäilörehukohtaisesti. Nurmisiä silörehusta kuiva-ainenäytteitä otettiin keskimäärin kolme kertaa viikossa, yhteensä 43 kappaletta ja kokoviljasäilörehusta säilörehusiilon syötön aikana yhteensä 6 kappaletta.



KUVA 10. Luke Kuopio Maaningan siilon numero 4 yleisilme siilon ollessa syötössä jo loppusuoralla (Puustinen 2019-10-24).

Rehunoton yhteydessä mahdolliset pilaantuneet syöttöön kelpaamattomat rehut eroteltiin. Suoraan laakasiilolta syntyneet rehujätteet siirrettiin rehunoton yhteydessä ulkona sijaitsevaan peräkärriin ja punnitus tehtiin viimeistään kahden vuorokauden kuluttua ajoneuvovaa'alla. Punnituksissa eroteltiin nurmi- ja kokoviljasäilörehut. Punnitustulokset kirjattiin omaan vihkoonsa. Hävikkipunnitusten tiedot siirrettiin Excel-taulukkoon Luken henkilöstön toimesta.



KUVA 11. Ruokintakuppi Luke Kuopio Maaningan tutkimusnavetassa (Puustinen 2019-10-24).

Ruokintapöytien/kupprien (kuva 11) siivous tehtiin joka päivä aamupäivällä. Syntyneet rehutähteet lastattiin kottikärryyn, jossa ne punnittiin vaa'alla (kuva 12) Luke Maaningan henkilöstön toimesta. Kirjaukset punnitustuloksista tehtiin paperille taulukkoon, josta ne myöhemmin siirrettiin Excel-taulukkoon Luke Maaningan henkilöstön toimesta.



KUVA 12. Rehutähteiden punnitukseen käytetty vaaka navetassa (Puustinen 2019-10-24).

Säilörehusiilo oli syötetty 26.12.2019. Nurmi- ja kokoviljasäilörehujen hävikit laskettiin erikseen. Rehuhävikkiseurannan tulokset laskettiin Luken tutkijan toimesta. Laskennassa tuli huomioida rehunjako navettaan appeena, jolloin navetasta poistetusta rehusta tuli laskea säilörehun osuus. Tuloksena rehuhävikkiseurannasta saatiin tulos siilosta syöttöön otetun rehun määrästä, suoraan siilolta poistetun rehun määrästä sekä navetasta syntyneiden rehutähteiden määrä. Siiloon menneen rehumäärän, rehusäilöstä otetun rehun sekä siilolta suoraan poistetun rehumäärän perusteella määritettiin lisäksi varastointihävikin määrä.

6.7 Satopunnitukset

Opinnäytetyön toiminnallisessa osassa case-tilalta määritettiin säilörehun satomäärä (kg ka) keskimääräinen satotaso (kg ka/ha) punnitusmentelmällä kasvukaudelta 2019. Satomittausten toteutus tapahtui VarmaNurmi -hankkeen toimesta, jonka tiimoilta itsekin osallistuin satomittauksiin. Toimenkuvaani kuului kuiva-ainenäytteiden ottoa sekä näytteiden valmistusta ja satopunnitustulosten kirjaamista. Satomittauksia case-tilalla tehtiin yhteensä kahdessa säilörehunkorjuussa kasvukauden 2019 aikana. Tilalla korjattiin lisäksi kolmas säilörehusato, joka tehtiin myytäväksi pyöröpaaleihin. Pyöröpaalien punnituksia ei tehty hankkeen toimesta.

Säilörehusadon tuotantomäärä toimii pohjana tilan kotieläintuotannon suunnittelulle ja rehustuksen järjestämiselle sekä nurmentuotannon kehittämiseksi. Lisäksi säilörehulle voidaan laskea tuotantokustannus, kun sen määrä tiedetään. Tämä toimii pohjana tilan talouden suunnittelulle.

Tässä opinnäytetyössä tarkoituksena oli perehtyä säilörehun satomittaukseen kirjallisuuteen perustuen sekä saada käytännön kokemusta osallistumalla säilörehun satotason määrittämiseen punnitusmentelmällä kasvukaudella 2019. Opinnäytetyön toiminnallisen osan tavoitteena oli kirjallisuuden ja käytännön työn pohjalta koostaa ohje kuiva-ainenäytteen ottamisesta siilolta tai aumalta rehunteon yhteydessä. Ohje käsittelee kuiva-ainenäytteen koostamista, näytteen ottamista sekä näytteen säi-

lyttämistä. Lisäksi tavoitteena oli havainnoida satopunnituksia, mahdollisten virhelähteiden löytämiseksi. Case-tilan punnitustulosta vuodelta 2019 käytetään opinnäytetyössä myös toisintomittauksena case-tilan tutkimuksessa. Tässä toiminnallisen osan raportissa on selostettu satopunnitusten toteutus tämän opinnäytetyön aiheen kannalta, eli raportissa esitellään satopunnitusten käytännön toteutus.

6.7.1 Satopunnitukset case-tilalla

Case-tilalla vierailin ensimmäistä kertaa satomittausten suunnittelukokouksen tiimoilta kesäkuun alussa. Suunnittelukokouksessa käytiin läpi rehunkorjuun ja satomittausten toteutusta yhdessä tilan väen ja hanketyöntekijöiden kesken. Lisäksi tehtiin alustava kuiva-ainenäytteenoton suunnitelma, eli jaettiin tilan lohkot näytealueisiin. Apuna suunnittelussa oli tilan peltolohkokartat.

Ensimmäisen säilörehunkorjuun ajankohta case-tilalla oli kesäkuussa ja toisen heinäkuussa. Rehunkorjuu tapahtui ajosilppurilla ja traktori-rehuvaunu -korjuuyhdistelmällä. Ensimmäisessä rehunkorjuussa punnittiin kaikki rehukuormat ja otettiin 11 kappaletta kuiva-ainenäytteitä, jotka analysoitiin Valion laboratoriossa Seinäjoella. Rehut varastoitiin kahteen laakasiiloon.

Myös toisessa rehunteossa kaikki rehukuormat punnittiin. Kuiva-ainenäytteitä otettiin yhteensä 9 kpl, jotka analysoitiin Valion laboratoriossa Seinäjoella. Rehut säilöttiin laakasiiloon (kuva 13) sekä yhteen maapohjaiseen aumaan.



KUVA 13. Toinen säilörehusato korjattiin laakasiiloon sekä yhteen maapohjaiseen aumaan (Puustinen 2019-07-27).

Rehukuormien punnitus vaa'alla tapahtui hitaasti yliajaen (kuva 14). Kiinteä ajoneuvovaaka oli merkittävä HT9800 – HD7P (kuva 15). Vaa'an tarkkuudeksi ilmoitettiin +- 20 kg. Vaaka punnitsi korjuuyhdistelmät akseli kerrallaan ja lopuksi näytti kertyneen kokonaispainon kilogrammoina (kg). Vaa'alla saatiin punnittua kaikki rehukuormat ensimmäisessä ja toisessa rehunkorjuussa. Yhden peräkärryn

punnituksessa oli kuitenkin epätarkkuutta, sillä peräkärri oli niin leveä, että sen pyörät eivät mahtuneet kokonaan vaa'alle. Lisäksi yksi kuljettajista ajoi vaa'alle muita nopeammin. Tälle yhdistelmälle tehtiin kerran uusintapunnitus, ensin nopeasti ajetun kerran jälkeen. Uusintapunnituksessa vaa'alle ajettiin hitaammin, jolloin saatiin 700 kg suurempi tulos. Rehun kuiva-aineena tämä kyseisessä kuormassa tarkoitti 188 kiloa.



KUVA 14. Punnitseminen tapahtui hitaasti yliajaen (Puustinen 2019-06-11).

Käytännössä satomittaus molemmissa rehunkorjuissa tapahtui niin, että traktori-rehuvaunu -yhdistelmä ajoi vaa'an yli. Tulos kirjattiin ylös kuormakirjanpitolomakkeeseen, johon kirjattiin lisäksi tiedot yhdistelmien tyhjäpainoista (kg), ja lohkoista, jolta rehu kuorma oli tullut. Traktori-rehuvaunu -yhdistelmät kävivät tyhjöpunnituksessa sopivassa välin rehunkorjuuta kuormapainon määrittämiseksi (kg). Kuorman lohkotietoa tarvittiin lohko kohtaisen sadon määrittämiseksi ja kuiva-ainenäytteenoton toteuttamiseksi suunnitelman mukaan. Kuljettajalta kysyttiin kuorman lohkotietoa joko punnituksen jälkeen tai ennen uuden rehu kuorman hakua.



KUVA 15. Rehu kuormien punnitukseen käytettiin kiinteää ajoneuvovaakaa, joka punnitsi korjuuyhdistelmät akseli kerrallaan (Puustinen 2019-06-11).

Varsinainen kuiva-ainenäyte koostettiin näytteeseen tulevilta lohkoilta tulleista rehukuormista niin, että jokaisesta rehukuormasta otettiin osanäyte (kuva 16). Osanäyte otettiin rehusäilöön kipatusta tai puretusta kuormasta. Osanäytteen otto tapahtui 10 eri kohdasta rehukasaa (kuva 17). Osanäyte otettiin pieneen pakastepussiin. Osanäytteestä puristeltiin ylimääräiset ilmat pois ja pussi suljettiin tiiviisti. Osanäytteet toimitettiin viimeistään 15 minuutin sisällä kylmälaukkuun, jossa oli kuusi kappaletta kylmäkalleja.



KUVA 16. Kuiva-ainenäytteitä ensimmäisessä rehunkorjuussa otettiin 11 kappaletta. Osanäytteet säilytettiin omilla pusseillaan kylmälaukussa ennen varsinaisen näytteen sekoittamista (Puustinen 2019-06-12).

Laboratorioon lähetettävä rehunäyte koostettiin osanäytteiden valmistuttua sekoittamalla osanäytteet keskenään ja ottamalla varsinainen näyte sekoitetusta rehusta näytepussiin. Varsinaisia näytteitä säilytettiin jääkaapissa, josta ne lähtivät maitoauton mukana toimitettavaksi Seinäjoen rehulaboratorioon.



KUVA 17. Kuiva-ainenäytteen osanäyte kerättiin 10 eri kohdasta kipatusta rehukuormasta (Puustinen 2019-06-11).

Rehunkorjuun jälkeen VarmaNurmi-hanketyöntekijä listasi satopunnitusten tulokset excel-taulukoon. Kuiva-ainenäytteiden tulosten saavuttua pystyttiin kuormien tuorepainoista määrittämään kuiva-aineen määrä kilogrammoina. Kokonaiskuiva-aineen määrä jaettiin rehunkorjuualalla (ha), jolloin tulokseksi saatiin keskimääräinen sato, kilogrammaa kuiva-ainetta hehtaarille (kg ka/ha). Kaikkien rehunkorjuukertojen sadot yhdistämällä saatiin tilan kasvukauden 2019 keskimääräinen säilörehun satotaso kg ka/ha.

Punnitustulosten ja lohko kohtaisten tietojen perusteella pystyttiin määrittämään myös lohko kohtaisia sadon määriä. Jotkin lohkot kuitenkin korjattiin yhdessä, jolloin aivan pieniltä lohkoilta ei lohko kohtaista sadon määrää pystytty määrittämään. Kuljettajat arvioivat kuitenkin rehunkorjuun yhteydessä mikä osuus rehu kuormasta oli eri lohkoilta, mikäli samassa rehu kuormassa oli kahden lohkon rehua. Nämä tiedot kirjattiin ylös kuormakirjanpitoon.

Satopunnitukset case-tilalla onnistuivat hyvin. Kaikki rehu kuormat punnittiin onnistuneesti ensimmäisessä ja toisessa rehunkorjuussa. Kuormia punnittiin yhteensä melkein 400. Kuiva-ainenäytteiden otot onnistuivat myös hyvin. Kaikkiaan kuiva-ainenäytteitä otettiin yhteensä 20 kappaletta. Välillä rehu kuormien tuloa joutui odottelemaan, välillä osanäytteitä tuli poimia jatkuvasti. Osanäytteiden poiminnassa tuli olla tarkkaavainen, kun rehu säilöllä liikkui useampia tiivistyskoneita. Itse punnitukset sujuivat jouhevasti, eivätkä merkittävästi hidastaneet rehu ntekoa. Hieman punnitus toki vei aikaa, kun vaa'alle tuli ajaa hitaasti ja välillä traktorien kuljettajilta kyseltiin tietoja esimerkiksi lohkoista.

6.7.2 Tietokortin aihe ja laadinta

Tietokortin aihe tuli opinnäytetyön työsuunnitelmaseminaarissa opinnäytetyön toimeksiantajalta. Onnistunut kuiva-ainenäytteenotto on tärkeää, jotta sadon arviointi kuiva-ainekiloina onnistuu. Kuiva-ainenäytteiden tulee olla edustavia ja näyte tulee säilyttää oikein.

Tietokortit ovat lyhyitä, yleensä 1–2 sivun mittaisia julkaisuja, jotka esittelevät informatiivisesti jotakin aihealuetta. Tietokortit ovat tehty nopeaan tiedonhankintaan tai esimerkiksi opastamaan jossakin toiminnossa uusimpaan käytäntöön perustuen. Ne voivat myös esitellä uusimpia tieteen tutkimustuloksia. Tietokorteissa on yleensä selkeä, johdonmukainen rakenne. Asiaa voidaan havainnollistaa kuvilla ja taulukoilla. Tietokortit voivat sisältää lisäksi informaatiolaatikoita.

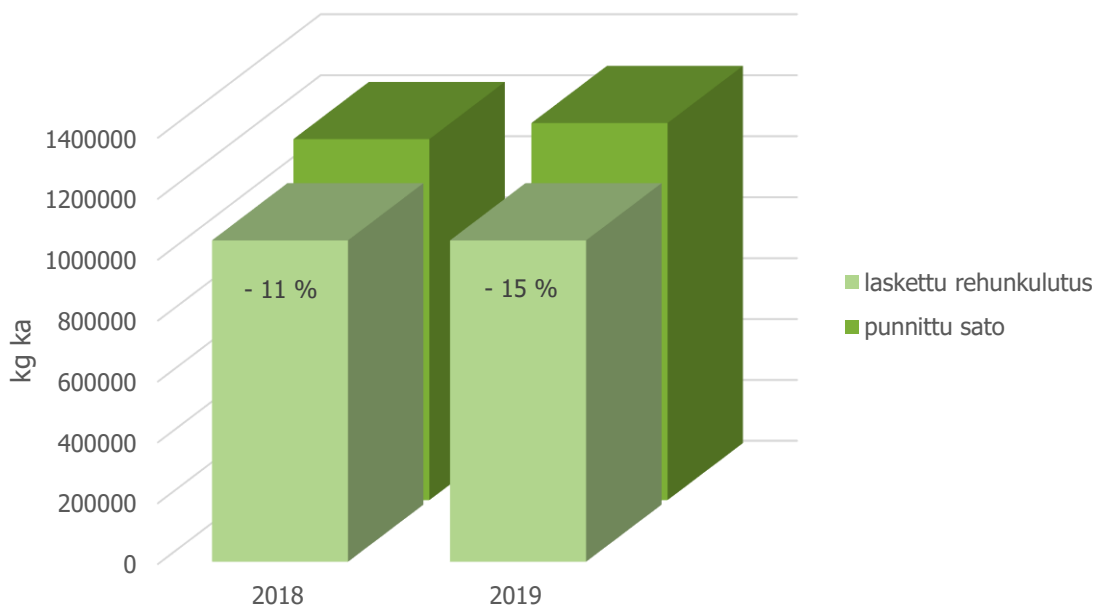
Aluksi suunnittelin kriteerit tietokortille. Sen tulisi olla selkeä, johdonmukainen, yhden sivun mittainen ja siihen tulisi sopia muutama havainnollistava kuva. Mallia tietokorttien rakenteesta katsoin muun muassa Työtehoseuran internetsivustoilta. Tämän jälkeen suunnittelin tietokortin rakennetta. Helppolukuisin ja järkevin rakenne tietokortille olisi, kun rakenne noudattaisi näytteen valmistamisen etenemisjärjestystä.

Loin tietokorttipohjan Microsoft Word -tekstinkäsittelyohjelmistolla. Tietokortin ulkoasu alkoi hahmottua nopeasti. VarmaNurmi -hankkeen yhteistyötahojen logot lisäsin ylätunnisteeseen. Hahmotte-
lin tietokortille otsikkoa, joka oli aluksi pitkäkö työvaiheen otsikko. Kappalejako tietokorttiin syntyi
näytteen valmistamisjärjestyksestä näytteen suunnittelusta näytetulosten hyödyntämiseen. Tietokor-
tin rakenne hahmottuikin pitkälti satopunnituksissa saamani kokemuksen mukaan. Lopuksi lisäsin
tietokorttiin pari havainnollistavaa kuvaa sekä informaatiolaatikon rehunäytteen säilyttämisestä.

Tietokortin tekstit pohjautuvat tietokortin alatunnisteessa esiteltyihin lähteisiin sekä opinnäytetyön
toiminnallisessa osassa saamaani käytännön kokemukseen. Tietokortin ollessa viimeistä kappaletta
vaille kirjoitettu, pyysin kommentteja opinnäytetyön ohjaajalta sekä toimeksiantajalta. Tietokortti oli
ladattuna OneDriveen, josta jako työn ohjaajalle ja toimeksiantajalle onnistui. Kehitysideoiden jäl-
keen tietokortti sai lopullisen otsikkonsa sekä kirjoitusasunsa.

7 TULOKSET

Case-tilalla ajanjaksolla 11.7.2018–10.7.2019 säilörehujen varastoinnin, rehusäilöjen syöttövaiheiden ja ruokinnan aikana rehuhävikkiä oli syntynyt yhteensä 11 prosenttia (kuva 18). Prosenttiosuus on laskettu alkuperäisen säilötyn kuiva-aineen määrästä, johon on tehty varastosaldo- ja ruokintapäiväkorjaukset. Vuoden tarkastelujaksolla rehua case-tilalla oli syötetty kokonaan yhden auman ja yhden laakasiilon verran. Lisäksi säilörehua oli syötetty kahdesta laakasiilosta, joissa tarkastelujakson päättymishetkellä oli jäljellä syöttämätöntä säilörehua.



KUVA 18. Case-tilalla säilörehun kuiva-ainehävikkiä syntyi varastoinnin, rehusäilön syöttövaiheen ja ruokinnan aikana 11 prosenttia ruokintavuoden aikana. Prosentit ovat pyöristetty ykkösten tarkkuuteen.

Vuonna 2019 case-tilalla tuotettiin säilörehua n. 1,24 miljoonaa kuiva-ainekiloa. Karjan laskettu säilörehunkulutus on tätä 15 prosenttia pienempi, 1,06 miljoonaa kuiva-ainekiloa (kuva 18). Karjan rehunkulutus on laskettu ajanjaksolta 11.7.2018–10.7.2019, joten on mahdollista, että esimerkiksi tuotostason noustessa, eläinmäärän muuttuessa taikka rehusäilöiden muuttuessa karjan säilörehunkulutus nousee tai laskee rehunkulutuksen laskentajaksosta.

Kysymyspatteristo oli tilan yrittäjälle suunnattu kysely. Kysymyspatteristo jakaantui kolmeen osioon, joita olivat rehun korjuu, rehun hävikit sekä rehun käyttö. Rehun korjuu -osiossa selvitettiin vuoden 2018 säilörehuntekoa. Rehun hävikit -osiossa pyrittiin selvittämään säilörehujen syöttönopeuksia (m/vk), säilörehujen laatua ja rehusäilöiltä ja navetasta syntyneitä näkyviä rehuhävikkejä yrittäjän arvioon perustuen. Rehun käyttö -osiossa kartoitettiin sellaisia tekijöitä, jotka olisivat voineet vaikuttaa eläinten rehunkäyttöön. Osa rehun korjuu -osiossa selvitetävistä asioista selvisi Euro-Maito-hankkeessa tehdystä tilakohtaisesta raportista. Näitä olivat säilörehun korjuuketju, rehun esi-kuivaus sekä tiivistyskoneiden painot.

Rehun korjuu. Tilalla levitettiin lietettä säilörehunurmille kasvukaudella 2018. Lietteen levitys tapahtui vetoletkulevityksenä sekä letkulevittimellä. Levitettävä määrä oli 30 m³/ha. Rikkapitoisia säilörehunurmilohkoja, joiden rikkapitoisuus oli yli 10–20 %, ei voitu määrittää jälkikäteen. Tilan toimintatavat kuitenkin olivat, että rikkoja esiintyessä tehtiin rikkakasvintorjuntaruiskutukset.

Säilörehunurmien niitto tilalla tehtiin niittomurskaimella. Esikuivausaika (h) keskimäärin oli 12–15 tuntia. Korjuu tapahtui ajosilppurilla. Rehusilpun pituutta ei määritetty. Rehun säilöntään käytettiin happosäilöntäainetta. Siilojen tiivistyskoneiden yhteenlaskettu paino oli 24 tn. Säilörehunkorjuunopeutta (tn/h) ei voitu määrittää. Rehun korjuusta kerätyt tiedot ovat esitetty taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Rehun korjuu.

Rehun korjuu	Tulos
lietteen levitys kasvukauden aikana	vetoletkulevitys/letkulevitin 30 m ³ /ha
rikkalohkot (rikkoja > 10-20 %)	ei määritetty, ruiskutetaan
säilörehun korjuuketju	niittomurskain, ajosilppuri
rehun esikuivaus	kyllä
keskimääräinen esikuivausaika (h)	12–15
säilörehusilpun pituus (cm)	ei määritetty
säilöntäaine, lisäaineet	happosäilöntäaine, ei lisäaineita
korjuunopeus tn/h	ei määritetty
siilojen tiivistyskoneiden yhteenlaskettu paino (tn)	24

Rehun hävikit. Kahdesta laakasiilosta sekä yhdestä aumasta syöttönopeutta ei voitu määrittää. Yhden laakasiilon syöttönopeus määritettiin siilon syöttövaiheessa, kun siiloa oli syötetty noin 40 %. Siilon syöttönopeudeksi saatiin 4,4 m/vk.

Säilörehua päivittäin karjalle syöttöön meni noin 11–12 tn. Yrittäjän arvion mukaan näkyvää reuhävikkiä rehusäilöiltä oli yhteensä syntynyt 10 tn, mikä on < 1 prosentti punnitusta sadosta. Myös navetasta syntyneiden rehutähteiden määrä oli erittäin vähäinen. Ruokintapöytä puhdistettiin kolmen päivän välein, jolloin rehutähteitä oli syntynyt noin 100 l/poistokerta. Myös navetasta syntyneiden rehutähteiden määrä on alle yhden prosentin punnitusta sadosta. Pyöröpaaleissa reuhävikkiä oli syntynyt yrittäjän arvion mukaan noin 10 %.

Rehusäilöiltä syntyneiden näkyvien reuhävikkien erottelun syiden rehusäilökohtainen erittely ei ollut mahdollista jälkikäteen, koska ruokintavuosi oli lähes kokonaan jo takana. Yrittäjän kokonaisarvion mukaan kuitenkin säilörehut olivat olleet hyviä, hävikkiä oli syntynyt erittäin vähän. Yhdessä laakasiilossa oli havaittu kausittaista, ohimenevää lämpenemistä. Säilöntämuovien alta rehua ei poistettu, reunoilta vähän kaikissa rehusäilöissä. Yhdestä laakasiilosta rehua oli poistettu hieman enemmän reunasta, kun säilöntämuovissa oli ollut reikä ja havaittavissa oli näkyviä mikrobikasvustoja. Rehuja

ei myöskään poistettu rehusäilöjä avatessa. Loppurehukuormiin oli lisätty enemmän happoa ja tiivistys oli tehty huolella.

Rehusäilöiltä poistettavien syöttökelvottomien rehujen erottelutarkkuutta yrittäjä kuvasi tarkaksi niin, että homeista rehua ei saanut päätyä lehmien ruokintapöydälle. Näkyvästi pilaantuneet rehut eroteltiin. Kysymyspatteristo ulkopuolelta haastattelussa esiin nousi rehun lämpeneminen kausittain apevaunussa lämpimillä ilmoilla. Lämpenemistä oli hillitty lisäämällä säilöntäainetta apevaunussa rehun sekaan.

Rehun käyttö. Tilan karjan päärotu on Holstein. Toisena rotuna tilalla on Ayrshireä, jonka osuus on noin 2 %. Kuntoluokaltaan ≥ 4 eläinten osuus karjassa oli alle 1 %. Poistolehmien keskiteuraspaino vuonna 2018 oli 266 kg.

7.1 Case-siilo

Laakasiilossa rehun kuiva-ainehävikkiä varastoinnin aikana oli syntynyt 1,3 prosenttia. Varastointihävikki sisältää rehun varastoinnin aikana syntyneen näkymättömän reuhävikin sekä mahdollisessa puristenesteessä menetetyt kuiva-ainehävikin. Näkyvää reuhävikkiä, eli syöttökelvotonta säilörehua suoraan siilolta, syntyi 6,6 prosenttia säilötyn rehun kuiva-aineen määrästä. Näkyvää reuhävikkiä suoraan laakasiilolta syntyi huomattavasti enemmän nurmisäilörehulla, kuin kokoviljasäilörehulla. Yhteensä rehun kuiva-ainehävikit varastoinnin ja rehusäilön syöttövaiheen aikana olivat 8 prosenttia (taulukko 8). Reuhävikkimäärät kuiva-ainekiloina ovat liitetiedostossa 2.

TAULUKKO 8. Laakasiilon varastoinnin ja rehusäilön syöttövaiheen aikana syntyneet kuiva-ainehävikit rehulajikohtaisesti.

Hävikki	Nurmirehu	Kokoviljasäilörehu	Yhteensä, %
Varastointihävikki	0,7	0,5	1,3
Näkyvä reuhävikki siilolta	6,2	0,4	6,6
Yhteensä, %	6,9	0,9	8

Kokoviljasäilörehu laakasiilossa oli siilon pohjalla, nurmirehu päällä. Syöttökelvotonta poistettavaa rehua laakasiilossa oli ollut siilon päädyissä sekä säilöntämuovin alla rehun päällä. Synä rehun poistamiselle oli kausittainen lämpeneminen sekä näkyvät mikrobikasvustot (kuva 19).



KUVA 19. Lämmennyttä ja homeista säilörehua silosta numero 4 säilöntämuovin alta (Puustinen 2019-10-24).

Tuorekiloina rehusäilöstä oli punnittu syöttöön otetuksi ja syöttökelvottomana poistetuksi rehua enemmän, kuin mitä siloon oli rehua mennyt. Tuorekiloista laskettuna reuhävikin määrä laakasiilossa oli -0,4 prosenttia (taulukko 9). Nurmisäilörehulla reuhävikin määrä oli -2,4 prosenttia, kokoviljasäilörehulla 2 prosenttia.

TAULUKKO 9. Reuhävikki laakasiilossa tuorekiloista laskettuna.

Rehu	Siiloon mennyt, kg	Syöttöön otettu, kg	Syöttökelvottomaksi eroteltu, kg	Syötetty + syöttökelvoton	Hävikki, %
Nurmirehu	119275	109083	16036	125119	-2,4
Kokoviljasäilörehu	128750	122939	975	123914	2
Yhteensä	248025	232022	17011	249033	-0,4

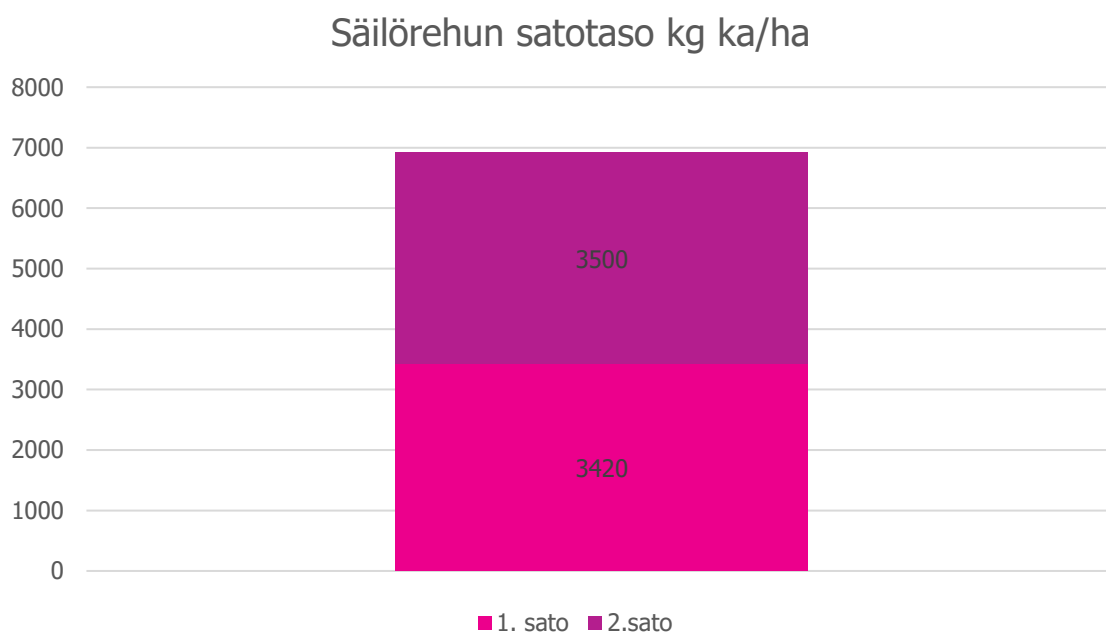
Ruokintapöydät/kupit tyhjennettiin rehutähteistä aamupäivällä ennen uuden appeen tekoa kerran vuorokaudessa. Rehutähteitä navetasta laakasiilon syötön aikana syntyi yhteensä 3,7 prosenttia (taulukko 10). Rehutähteinä syntyneen reuhävikin osuus on laskettu laakasiilon menneen tuoresaadon määrästä. Rehutähteitä syntyi sekä nurmisäilörehulla ja kokoviljasäilörehulla suunnilleen saman verran, 1,8–2,9 prosenttia.

TAULUKKO 10. Navetasta syntyneiden rehutähteiden osuus tuoresadosta.

Rehu	Tuoresato, kg	Rehutähteet, kg	Rehutähteet, %
Nurmirehu	119275	4785	1,9
Kokoviljasäilörehu	128750	4397	1,8
Yhteensä	248025	9182	3,7

7.2 Satopunnitukset

Case-tilalla ensimmäistä rehusatoa kasvukaudella 2019 saatiin keskimäärin 3400 kg ka/ha. Toista rehusatoa saatiin keskimäärin 3500 kg ka/ha. Kolmatta satoa ei VarmaNurmi-hankkeen tiimoilta punnittu. Kolmas sato tilalla tehtiin pyöröpaaleihin ja oli tarkoitus myydä tilan ulkopuolelle. Keskimääräiseksi säilörehun satotasoksi saatiin yhteensä kahdelta korjuukerralta 6900 kg ka/ha (kuva 20).



KUVA 20. Case-tilan säilörehun satotaso (kg ka/ha) kasvukaudella 2019. Kolmannen sadon tulokset eivät ole mukana diagrammissa.

Lohkokohtainen hehtaarisato ensimmäisessä rehukorjuussa erosi suurimmillaan yli 4000 kuiva-ainekiloa hehtaarilta, toisessa rehunkorjuussa puolestaan noin 1500 kuiva-ainekiloa hehtaarilta. Lohkokohtainen hehtaarisato kahden korjuun säilörehunurmialoilla erosi jopa 5000 kuiva-ainekiloa hehtaarilta. Parhaimmalta lohkolta rehua saatiin yhteensä yli 9600 kuiva-ainekiloa hehtaarilta kahdesta rehunkorjuusta, heikoimmalta lohkolta noin 4500 kuiva-ainekiloa kahdesta rehunkorjuusta. Kuiva-ainepitoisuudet ensimmäisessä rehunkorjuussa vaihtelivat 230–365 g/kg. Toisessa rehunkorjuussa rehun kuiva-ainepitoisuus vaihteli 251–408 g/kg.

Opinnäytetyön toiminnallisen osan tavoitteena oli koostaa ohje **tietokortin** muodossa kuiva-ainenäytteen ottamisesta rehunteon yhteydessä silolta tai aumalta. Ohjetta voidaan hyödyntää määrittäessä satomäärää punnitus- tai kuormakirjanpitomenetelmällä. Kuvassa 21 on esitetty opinnäytetyössä koostettu tietokortti. Tietokortti löytyy myös opinnäytetyön liitteestä 3.



SÄILÖREHUN KUIVA-AINENÄYTTEEN OTTAMINEN SILOLTA TAI AUMALTA REHUNTEON YHTEYDESSÄ

Jotta säilörehusadon määrä kuiva-ainekiloina voidaan määrittää kuormakirjanpito- tai punnitusmenetelmällä, tarvitaan rehusta edustava kuiva-ainenäytteenotto rehunkorjuun yhteydessä. Kuiva-aineen määritys voidaan tehdä lähettämällä näyte rehulaboratorioon tai kotikonstein esimerkiksi mikroaaltouunissa, hyötykasvikuivurissa*, sähköuunissa tai pikamittarilla.

Näytealat. Näytteen tulee edustaa mahdollisimman hyvin lohkolta korjattua satoa. Suurilta lohkoilta tai lohkokohtaisen sadon määrittämiseksi tulisi jokaiselta lohkolta ottaa oma näyte. Mikäli tämä ei ole mahdollista, voidaan samantyyppiset, samana päivänä korjattavat pienet lohkot yhdistää samaksi näytteeksi. Kuitenkin aina kun kuiva-ainepitoisuus tai rehulaatu muuttuu, tulee ottaa uusi näyte. Esimerkiksi kasvilajien tai maalajin vaihtuessa tulee muodostaa omat näytteet. Kivennäismaista ja eloperäisistä maista tulisi ottaa omat näytteet.

Näytteenotto. Näytteen muodostavilta lohkoilta tulleista rehukuormista otetaan osanäytteet. Osanäyte kerätään silolta tai aumalta. Näyte kerätään ainakin kahdesta eri kohdasta rehusaa, mutta sen voi koostaa myös esimerkiksi 10 eri kohdasta rehusaa (kuva 1), näytteen edustavuuden varmistamiseksi. Näyte kerätään pieneen pakastepussiin. Tärkeää on tehdä näytteenotto samalla tavalla läpi rehunkorjuun.

Osanäytteen säilytys. Kun näyte on kerätty pakastepussiin, tulee siitä puristaa ylimääräiset ilmat pois ja sulkea pussi tiiviisti. Näyte on hyvä toimittaa kylmäsäilytykseen kylmälaukulla varustettuun kylmälaukkuun tai jääkaappiin 15 minuutin kuluessa näytteenotosta näytteen laadun varmistamiseksi (kuva 2).

Näytteen valmistaminen. Osanäytteiden valmistuttua koostetaan varsinainen näyte. Osanäytteet puretaan esimerkiksi suureen astiaan tai pussiin, jossa ne on helppo sekoittaa. Osanäytteet sekoitetaan huolellisesti keskenään, jonka jälkeen varsinainen näyte otetaan näytepussiin. Näytepussista puristetaan ylimääräiset ilmat pois ja se suljetaan tiiviisti. Rehulaboratorioon lähtevän näytteen mukaan lisätään rehulaboratorion ohjeiden mukaisesti näytelähteet.

Näytteen säilytys. Valmis näyte säilytetään kylmässä, esimerkiksi jääkaapissa. Näyte lähetetään tutkittavaksi tai kuiva-aine määritetään kotikonstein mahdollisimman pikaisesti.

Tulosten hyödyntäminen. Näytteiden kuiva-ainepitoisuuden perusteella voidaan säilörehun sato kuiva-aineena laskea. Näytealojen muodostamisesta on hyvä pitää tarkkaa kirjanpitoa, jotta näytetulokset tulevat kohdistetuksi oikein.

LÄHTEET.

* JUUTINEN, Elna. Nurmiraaka-aineen ja säilörehun kuiva-ainepitoisuuden määrittäminen kappikuvilla. Saatavissa: http://www.karpe.fi/materiaalit/karpekirjasto/ohje_kuiva_ainepitoisuus_kuiva_ainepitoisuus_ohje.pdf
 MÄKINEN, Kirsi 2019-08-21. Satotasonmukaiset ja riikkäisten vaikutus säilörehun säilöntäprosessiin (sähköpostiviesti). Vastaanottaja: Herta Puustinen. Saatavissa: Kuopio.
 SAIRANEN, Auro ja JUUTINEN, Elna 2018. Säilörehuvaraston laatu selville jo kesällä! Saatavissa: http://www.karpe.fi/materiaalit/karpekirjasto/sailorehuvaraston_laatu_selville_10_ksella.pdf
 TOIVAKKA, Minna 2010. Säilörehun kuiva-ainesadon arviointi. Julkaisussa: PELTONEN, Sari, PUURUNEN, Tapani ja HARMOINEN, Taina (toim.). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. 131. Nämäerilinen: ProAgria Keskusten liitto, 74-75.
 KUVAT 1 & 2. Herta Puustinen.



Kuva 1. Osanäytteen poiminta tapahtuu rehusasta.



Kuva 2. Osanäytteitä voi säilyttää kylmälaukulla varustetussa kylmälaukussa.

Näytteen laatu

Kylmäsäilytys ja ilmatiiviyys ovat pääpointit näytteen laadun säilyttämiseksi.

Näytettä säilytettäessä avonaisessa astiassa, lisäksi pahimmillaan auringossa, näyte pääsee kuivumaan, jolloin näytteen kuiva-ainepitoisuus ei vastaa enää todellisuutta.

Rehunäytteen lämmitessä tapahtuu rehussa energia- ja kuiva-ainetappiota, jolloin näytteen kuiva-ainepitoisuus ei vastaa enää todellisuutta.

>> Kuiva-aineen virheellinen määräytyksen väärinää koko säilörehun satomäärän.

Herta Puustinen 21.01.2020

KUVA 21. Opinnäytetyössä koostettu tietokortti kuiva-ainenäytteenotosta silolta tai aumalta rehunteon yhteydessä.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Säilörehun kuiva-ainehävikkiä **case-tilalla** oli syntynyt vuoden ajanjaksolla yhteensä 11 prosenttia varastoinnin, rehusäilöjen syöttövaiheen sekä ruokinnan aikana. Case-tilan rehun korjuussa ei nousut esille tekijöitä, jotka olisivat voineet vaikuttaa merkittävästi säilörehun säilönnän onnistumiseen, joskaan kaikkiin tilalta kerättäviin tietoihin ei pystytty määrittämään vastausta. Näkyvien reuhävikkien määrä case-tilalla oli yrittäjän arvion mukaan ollut vähäinen. Myös navetasta poistettujen reuhävikkeiden määrä oli pieni. Eläinten rehunkäytössä ei myöskään havaittu tekijöitä, mitkä olisivat voineet lisätä tai vähentää rehunkulutusta merkittävästi.

Kasvukaudella 2018 tilan säilörehunurmille oli levitetty lietettä vetoletkulevityksenä ja letkulevityksellä. Varsinkaan lietteen hajalevitystä ei suositeltaisi nurmisäilörehualoille rehun hygieenisyyden varmistamiseksi, lietteen sijoittamisen ollessa paras vaihtoehto (Kurki 2010, 68–69). Vetoletkulevityksessä ja letkulevityksessä lietteen ohjautuessa maanpintaan riskit nurmen hygieenisyyden vaarantumiselle ovat todennäköisesti pienet. Säilöntäaineet pienentävät hygieniariskejä (Ruoho 2009, 44).

Rikkalohkojen osuutta (%) ei pystytty jälkikäteen enää määrittämään. Tilan yrittäjän mukaan kuitenkin rikkakasvien torjunnasta pidetään huolta. Runsaat rikkakasvit olisivat voineet vaikuttaa esimerkiksi säilönnän onnistumiseen. Mahdollisten rikkakasvien pitoisuutta rehumassassa sekä vaikutusta säilöntään on tässä tapauksessa mahdotonta arvioida.

Säilörehu tilalla tehtiin esikuivattuna. Keskimääräinen esikuivausaika tilalla ei ylittänyt esikuivaukselle suositeltua 24 tunnin maksimiaikaa. Pitkittänyt rehun esikuivausaika kuluttaa rehun sokereita, vaikeuttaen rehun säilöntää ja aiheuttaen rehun laadun heikkenemistä. (FARMIT s.a.b.) Rehun esikuivaus ei ole todennäköisesti aiheuttanut tavanomaista suurempaa rehun sokereiden kulumista.

Rehun korjuu tapahtui ajosilppurilla. Korjattavan rehusilpun pituutta ei määritetty. Korjuukone vaikuttaa rehun tiivistymiseen silpun pituuden kautta. (Anttila ym. 2014, 11) Pitkä silppu vaikeuttaisi rehun tiivistymistä (Jaakkola, Sairanen, Nousiainen ja Rinne 2010, 90). Ajosilppurilla saadaan usein tasamittaista lyhyttä silppua, joka on helppo tiivistää. Noukinvaunurehun silppu on esimerkiksi heikommin tiivistettävissä kuin tarkkuussilputtu. Noukinvaunurehun silpun pituus on 8–10 cm ja tarkkuussilputun 3–4 cm. (Anttila ym. 2014, 11.) Todennäköisesti ajosilppurilla korjatun rehun silpun pituus on ollut lyhyttä tasamittaista silppua, eikä se ole vaikuttanut heikentävästi rehun tiivistymiseen.

Säilörehun säilönnässä käytettiin haposäilöntäainetta. Säilöttävän materiaalin kuiva-ainepitoisuus ensimmäisessä rehunkorjuussa oli keskimäärin 31,4 %, toisessa rehunkorjuussa 30,6 % ja kolmannessa 28,5 %. Haposäilöntäaineet ovat tehokkaimpia märissä rehuissa (KA < 25 %), biologisia tulisi puolestaan käyttää kuiva-ainepitoisuuden ollessa yli 30 % suotuisissa säilöntäolosuhteissa (Sepälä 2014). Haposäilöntäaineet ovat osoittautuneet varmimmaksi tavaksi säilöä säilörehu (FARMIT s.a.g.) Lisäksi biologiset säilöntäaineet olisivat voineet lisätä säilörehuhävikkiä ruokintakaudella, sillä

ne eivät suojaa rehua homeilta ja hiivoilta (Anttila ym. 2014, 13). Happosäilöntäaine on ollut mitä todennäköisimmin varmin ja sopivin valinta tilan rehujen säilöntään, eikä säilöntäaineen valinnasta ole aiheutunut ylimääräistä rehuhävikkiä.

Säilörehunkorjuunopeutta (tn/h) ei pystytty määrittämään. Rehusäilöjen tiivistyskoneiden yhteenlaskettu paino oli 24 tn. Palva (s.a.) mukaan tiivistyskoneen painon tulisi olla vähintään 6–10 tn. Tämän perusteella tiivistyskoneiden paino ovat olleet riittävät. Tiivistymisen onnistumista ei kuitenkaan voida näin suoraviivaisesti arvioida, sillä rehusäilölle tuleva rehumäärä (tn/h), eli korjuunopeus, vaikuttaa oleellisesti. Rehunkorjuunopeuden ja tiivistyskoneiden painon perusteella olisi tiivistymisen onnistumista voinut arvioida.

Kahdesta jo syötetystä laakasiilosta ja yhdestä aumasta rehun syöttönopeutta ei pystytty määrittämään. Syöttönopeus määritettiin yhdestä syötössä olleesta laakasiilosta. Syötössä olleen laakasiilon syöttönopeus oli 4,4 m/vk. Syöttönopeudeksi suositellaan vähintään 15–20 cm/päivä, mikä tekee 1,0–1,4 m/vk (Niskanen ja Kainulainen 2010, 97–98; Kung 2011). Syöttönopeuden ollessa > 1,6 m/vk pitäisi rehun kuiva-ainehävikkien rehun syöttöreunassa olla myös heikosti tiivistetyillä rehuilla ≤ 3 % (Holmes ja Muck 2007; Borreani ym. 2018). Ainakin tämän rehusäilön osalta voidaan päätellä, että rehun syöttönopeuden ollessa suuri, ovat kuiva-ainehävikit rehun syöttöreunasta olleet minimaaliset. Lisäksi tilan säilörehujen syöttöreunat olivat tasaisia ja siistejä (kuva 22).



KUVA 22. Säilörehun leikkuurintamus case-tilalla on tasainen ja siisti (Puustinen 2019-06-11).

Case-tilan yrittäjän mukaan näkyvien rehuhävikkien määrä rehusäilöiltä oli erittäin vähäistä (< 1 %). Rehuhävikin syntymisen syiden rehusäilökohtainen erottelu ei ollut enää mahdollista, kun tutkimusta tehdessä ruokintavuosi oli jo melkein kokonaan takana, eikä kirjanpitoa näkyvistä rehuhävikeistä ollut. Rehun laadusta ja näkyvistä rehuhävikeistä rehusäilöiltä saatiin kuitenkin laadullinen vastaus.

Yrittäjän mukaan säilörehut olivat olleet hyviä. Yhdessä laakasiilossa oli havaittu kausittaista, ohimevää lämpenemistä. Säilöntämuovien alta rehua ei poistettu, reunoilta vähän kaikissa rehusäilöissä. Yhdestä laakasiilosta rehua oli poistettu hieman enemmän reunasta, kun säilöntämuovissa oli ollut reikä ja havaittavissa oli näkyviä mikrobikasvustoja. Rehuja ei myöskään poistettu rehusäilöjä avatessa. Loppurehukuormiin oli lisätty enemmän happoa ja tiivistys oli tehty huolella. Rehusäilöitä eroteltiin silminnähdessä pilaantuneet rehut. Homeista rehua ei saanut päästä lehmien ruokintapöydälle.

Lämpimillä ilmoilla rehun oli havaittu lämpenevän kausittain apevaunussa. Lämpenemistä oli hillitty lisäämällä seokseen säilöntäainetta. Navetasta syntyneiden rehutähteiden määrä oli pieni, alle prosentin punnitusta sadosta.

Koska lypsylehmien ja kasvavien nautojen energiankulutus on yhteydessä elopainoon (kg) selvitetiin tilan roturakenne ja lypsylehmien keskiteuraspaino. Lisäksi selvitettiin kuntoluokaltaan ≥ 4 olevien eläinten osuus karjassa, joskaan eläinten lihominen ei yleensä ole yhteydessä rehun kuiva-ainekulutuksen lisääntymiseen vaan rehun energiapitoisuuden nousuun (Mustonen 2019). Holstein-lehmän keskimääräinen elopaino vuonna 2017 on ollut 659 kg ja ayrshiren 604 kg (FABA s.a.) Tilan karjan päärotu oli holstein. Poistettavien lypsylehmien keskiteuraspaino vuonna 2018 tilalla oli 266 kg. Tavallisesti teuraspaino on 45–65 % elopainosta (Ruokatietoyhdistys ry s.a.) Lehmien keskiteuraspaino vuonna 2012 on ollut 281 kiloa (TIKE 2013). Kuntoluokaltaan ≥ 4 olevia eläimiä karjassa oli alle prosentti. Case-tilan lypsylehmien rehunkäytössä ei ole tekijöitä, jotka olisivat oleellisesti voineet vaikuttaa rehun lisääntyneeseen tai vähentyneeseen käyttöön.

Kirjallisuudessa on esitetty, että onnistuneesti säilyneellä ja rehun syöttövaihe hyvin halliten, ovat rehun kuiva-ainehävikit 8–16 % (Rotz ja Muck 1994; Holmes ja Muck 2007; Borreani ym. 2018). Tämä luku ei sisällä ruokinnassa syntyneitä rehuhävikkejä. Köhler ym. (2013) saivat laakasiiloihin säilöttyjen nurmisäilörehujen keskiarvoiseksi kuiva-ainehävikin määräksi varastoinnin ja rehun syöttövaiheen aikana 9 %, myöskään sisältämättä navetassa ruokinnan yhteydessä syntyviä rehuhävikkejä. Ruppel ym. (1995) tutkimuksessa keskimäärin varastoinnin aikana kuiva-ainehävikkiä syntyi 8 prosenttia.

Opinnäytetyön tutkimuksen perusteella case-tilan säilörehut ovat säilötty onnistuneesti, syöttövaiheet hyvin halliten. Syöttövaiheen hyvästä hallinnasta kertovat lisäksi yhdestä laakasiilosta määritetty rehun syöttönopeus (4,4 m/vk) ja siisti rehunottotekniikka (kuva 22). Myös case-tilan yrittäjän arvion mukaan säilörehut ovat olleet hyvälaatuisia ja rehuhävikkiä on syntynyt vähän. Case-tilalta kerätyt tiedot ja tutkimustulos tukevat toisiaan. Case-tilan navetasta syntyneiden rehutähteiden ollessa alle yhden prosentin, tarkoittaa tämä, että säilörehun varastoinnin ja syöttövaiheen aikana kuiva-ainehävikkiä on syntynyt noin 10 prosenttia.

Säilöttävän rehun kuiva-ainepitoisuudet vaihtelivat 28,5–31,4 %. Puristenesteenä kuiva-ainehävikkiä ei ole syntynyt tai syntynyt kuiva-ainehävikki on ollut todella pientä. Muck ja Holmes (2000) arvion mukaan säilörehun, jonka kuiva-ainepitoisuus on 30 % kuiva-ainehävikki puristenesteenä on yhden prosentin. Mikäli yrittäjän arviot rehusäilöiltä syntyneiden rehutähteiden (< 1 %) ja navetasta syntyneiden rehutähteiden määrästä (< 1 %) pitävät paikkansa, tarkoittaisi tämä, että näkymätöntä kuiva-ainehävikkiä rehujen varastoinnin, syöttövaiheen sekä ruokinnan yhteydessä on tapahtunut noin 8 prosenttia.

Vuonna 2019 säilörehua case-tilalla tuotettiin tilan käyttöön vähemmän, mitä vuonna 2018 oli tuotettu. Vuoden 2018 säilörehuista tilalla oli jäänyt syöttämättömiä säilörehuja, joten tuotantomäärän

pienentäminen tilan omaan käyttöön oli perusteltua. Vuonna 2019 tuotettu rehumäärä vastaa paremmin karjan tarvitsemää rehumäärää (kts. kuva 18). Säilörehua tuotettiin case-tilalla vuonna 2019 17 prosenttia yli lasketun karjan säilörehutarpeen. Muutokset karjan säilörehuntarpeessa voi muuttua esimerkiksi eläinten tuotosmuutosten myötä. Toisin sanoen vuoden 2019 tuotetusta säilörehusta voidaan menettää 15 prosenttia, jolloin tuotettu säilörehu riittäisi karjalle vuoden ajaksi olettaen, että karjan rehunkulutus pysyy ennallaan.

Case-tilan tutkimuksen luotettavuus oli melko hyvä. Tilamalli-laskentapohjalla määritetty säilörehun nettosato määritettiin tilan tuotantotietoihin perustuen, kuivaheinän, säilörehun, rypsin/rapsin ja rehuviljan energia-arvoja lukuun ottamatta, jotka otettiin MTT:n rehuvaluukoista. Rehuohran satotasona käytettiin Luonnonvarakeskuksen satotilaston keskiarvosatotietoa vuodelta 2018. Todellisuudessa onkin mahdollista, että esimerkiksi viljan satotaso on voinut olla satotilastossa esitettyä korkeampi tai matalampi. Korkeampi viljan satotaso olisi tilamalli-laskentapohjassa lisännyt viljankulutusta, mikä puolestaan olisi laskenut säilörehunkulutusta. Tämä puolestaan olisi lisännyt laskettua rehun kuiva-ainehävikkiä. Huomattavaa on kuitenkin myös se, että viljallakin syntyy varastointihävikkiä sekä ravintoainetappioita.

Tilan tuotantotietojen ja ostorehutietojen keruu tilalta onnistui lähes samalta ajanjaksolta muutamien päivien heittoa lukuun ottamatta. Tämä ei aiheuttane tuloksessa virhettä. Tilamalli-laskentapohjalla saadun tuloksen luotettavuutta heikentää kuitenkin väkirehujen varastosaldojen puuttuminen seurantajakson alussa sekä lopussa. Kuitenkin tilan yrittäjän mukaan varastosaldon poikkeama voi olla enintään 2–3 viikon rehumäärän verran. Tämä voi aiheuttaa laskettuun kuiva-ainehävikkiin pientä muutosta joko vähentämällä tai suurentamalla syntynyttä kuiva-ainehävikkiä. Tutkimuksen luotettavuutta heikentää myös säilörehuanalyysien puuttuminen. Säilörehuanalyysien säilönnällisen laadun perusteella olisi tutkimustuloksen oikeellisuutta voinut varmistaa.

Säilörehun varastosaldon määrittäminen kuutiolavuusmittauksen perusteella voi aliarvioida varastossa olleen rehun määrää. Rehun painumisen jälkeen kuutiolavuusmittaus aliarvioi keskimäärin 14 prosenttia kuiva-ainesadosta (Kajava, Sairanen ja Jääskeläinen 2018, 8). Tämä tarkoittaa, että syöttämätöntä rehua olisi todellisuudessa enemmän varastoissa, jolloin tutkimustuloksena saatu säilörehun kuiva-ainehävikin määrä olisi todellisuudessa pienempi. Tutkimuksen luotettavuutta parantaa kysymyspatteristolla case-tilalta kerätyt tulokset. Vaikka kysymyspatteriston kaikkiin kysymyksiin ei pystytty määrittämään vastausta, saadut tulokset tukivat tutkimustulosta.

8.1 Case-siilo

Yhteensä kuiva-ainehävikkiä laakasiilossa varastoinnin ja rehusäilön syöttövaiheen aikana syntyi 8 prosenttia. Maatilaympäristöissä tehdyissä tutkimuksissa varastoinnin aikaista kuiva-ainehävikkiä syntyi keskimäärin 8 prosenttia (Ruppel ym. 1995). Köhler ym. (2013) tutkimuksessa laakasiiloissa syntynyt keskimääräinen kuiva-ainehävikki varastoinnin ja rehun syöttövaiheen aikana oli 9 prosenttia. Van Schooten ja Philipsen (2012) tehdyssä tutkimuksessa kuiva-ainehävikit olivat 7,2–27,9 pro-

senttia. Moisio ja Heikonen (1992) arvioivat, että hyvin säilyneen haposäilörehun varastoinnin aikana kuiva-ainehävikkiä syntyy 5–6 prosenttia. Holmes ja Muck (2007) mukaan betonialustaisessa siilossa, syöttövaihe hyvin halliten, kuiva-ainehävikkiä syntyy 3–5 prosenttia. Esimerkiksi nämä kuiva-ainehävikit summaamalla hyvin säilyneelle haposäilörehulle betonialustalla syöttövaihe hyvin halliten kuiva-ainehävikkiä syntyisi 8–11 prosenttia. Holmes ja Muck (2007) arvion mukaan säilörehun varastoinnin ja syöttövaiheen aikana kuiva-ainehävikkiä tavallisesti syntyy 12–16 prosenttia.

Aikaisempiin tutkimustuloksiin verrattuna laakasiilossa varastoinnin ja syöttövaiheen aikana syntynyt kuiva-ainehävikki on hyvin tavanomainen. Näyttäisikin siltä, että suomen olosuhteissa syntyvä säilörehun kuiva-ainehävikki laakasiiloissa on samaa luokkaa, kuin Hollannissa (Van Schooten ja Philipsen 2012), Saksassa (Köhler ym. 2013) sekä Yhdysvalloissa (Ruppel ym. 1995). Lisätutkimuksia ja toisintokokeita Suomessa kuitenkin pitäisi tehdä, jotta tutkimustulosta voitaisiin yleistää.

Varastointihävikkien määrät kokovilja- ja nurmisäilörehulla ovat kuitenkin todella pienet. Kokoviljasäilörehulla kuiva-ainehävikkiä oli syntynyt varastoinnin aikana vain 0,5 prosenttia. Nurmirehullakin varastointihävikin osuus oli pieni, vain 0,7 prosenttia. Yhteensä varastointihävikkiä laakasiilossa syntyi 1,3 prosenttia. Väistämätöntä kuiva-ainehävikkiä varastoinnin aikana syntyy kasvihengityksestä, rehun käymisestä sekä mahdollisesta puristenesteestä. Vältettävissä olevaa kuiva-ainehävikkiä varastoinnin aikana voi syntyä virhekäymisestä sekä aerobisesta pilaantumisesta. Kuiva-ainepitoisuus nurmirehussa oli 39 % ja kokoviljarehussa 40 %. Puristenesteessä kuiva-ainehävikkejä ei ole syntynyt, koska puristenesteen erotus lakkaa kuiva-ainepitoisuudessa 28–30 % (Bastiman 1976; Muck ja Shinnors 2001), joten laakasiilossa syntynyt kuiva-ainehävikki kuvaa varastoinnin aikana syntynyttä näkymätöntä kuiva-ainehävikkiä.

Kasvihengityksen aiheuttamat kuiva-ainehävikit ovat 1–2 prosenttia, kun siilon täyttö hallitaan hyvin, eikä korjuu pysähdy esimerkiksi yön ajaksi. Maitohappokäymisen aiheuttama kuiva-ainehävikki on 1–4 prosenttia. Yhteensä väistämätöntä, näkymätöntä kuiva-ainehävikkiä syntyy varastoinnin aikana 2–6 prosenttia silloin, kun puristenestettä ei erotu. (McDonald ym. 1991; Holmes ja Muck 2007.) Maatilaympäristöissä tehdyissä tutkimuksissa (Van Schooten ja Philipsen 2012) säilörehun varastoinnin aikana syntynyttä näkymätöntä kuiva-ainehävikkiä oli syntynyt 3–10 prosenttia. Ruppel ym. (1995) tutkimuksessa varastointihävikki oli keskimäärin 8 prosenttia.

Laakasiiloon säilötyillä rehuilla korjuut ovat tapahtuneet nopeasti. Nurmirehun korjuu kesti noin kolme tuntia ja kokoviljan noin kaksi tuntia. Korjuunopeudesta kertovat myös korjuunopeudet. Nurmirehulla korjuunopeus oli 41 tn/h ja kokoviljarehulla 70 tn/h. Nopean korjuun ansiosta kasvihengityksessä syntyneet kuiva-ainehävikit ovat todennäköisesti jääneet vähäisiksi. Tämä voi osaltaan selittää varastoinnin aikana syntyneen kuiva-ainehävikin vähäistä määrää. Kuitenkin huomattavaa on, että laakasiilossa oli syntynyt kuiva-ainetta kuluttavaa aerobista pilaantumista varastoinnin aikana, mikä todistaa rehusälön altistuneen hapelle jo pitkäaikaisesti (Holmes ja Muck 2007).

Tutkimusmenetelmän toimivuutta voidaankin kyseenalaistaa, sillä rehua oli punnittu otetuksi syöttöön ja poistettavaksi 0,4 prosenttia enemmän, kuin mitä rehua oli siiloon punnittu menevän. Tuorepainosta määritetty säilörehun hävikki oli -2,4 prosenttia ja kokoviljasäilörehun 2 prosenttia. Kirjausvirhe selittää osin rehulajien välistä hävikkieroa, sillä rehulajit olivat laakasiilossa päällekkäin, eikä rehujen raja käytännössä ole ollut aivan tarkkarajainen. Kuitenkin negatiivinen hävikin kokonaisuus heikentää tutkimuksen luotettavuutta ja voikin osaltaan selittää varastointihävikin pientä määrää. On kuitenkin mahdotonta, että painoa säilörehun varastoinnin aikana syntyisi lisää, sillä rehussa tapahtuu rehun kuiva-ainetta kuluttavia prosesseja. Mahdollista voinee myös olla, että esimerkiksi sade on tuonut lisäpainoa laakasiilosta syöttöön otettavaan tai poistettavaan rehuun. Tuorepainot kuiva-ainekiloiksi muutettaessa rehussa oli kuitenkin tapahtunut kuiva-ainehävikkiä.

Mahdollista myös on, että esimerkiksi tutkimuksessa käytetyt vaa'at eivät ole olleet aivan tarkkoja, tai seurannassa on tapahtunut jokin mittaus- tai kirjausvirhe. Nurmisäilörehusta kuiva-ainenäytteitä oli otettu keskimäärin kolme kertaa viikossa syöttöön otetun säilörehun kuiva-ainemäärän selvittämiseksi. Yhteensä kuiva-ainenäytteitä oli otettu 43 kappaletta. Kokoviljasäilörehulla kuiva-ainenäytteitä oli otettu yhteensä 6 kappaletta syöttöön oton yhteydessä. Ainakin nurmisäilörehun osalta kuiva-ainenäytteenotto on edustava, eikä virhe ainakaan johtune riittämättömästä kuiva-ainepitoisuuden analysoinnista. Köhler ym. (2013) havaitsivat myös lähes vastaavalla tavalla toteutetun tutkimuksen toteutuksessa epätarkkuutta. Virheenmahdollisuuden he epäilivät syntyneen aineiston keruun tarkkuudesta ja alttiudesta virheille, johtuen pääosin kuiva-ainenäytteiden riittämättömästä määrästä (1 näyte/viikko) tai apevaunun vaa'an epätarkkuudesta.

Näkyvää rehuhävikkiä, eli pilaantunutta, syöttökeltontaa rehua, siilolta kokoviljasäilörehusta syntyi 0,4 prosenttia. Nurmirehulla määrä oli huomattavasti korkeampi 6,2 prosenttia. Kokovilja- ja nurmisäilörehu olivat laakasiilossa kerroksittain niin, että kokoviljasäilörehu oli alapuolella ja nurmirehu päällä. Tämä selittää erot näkyvässä rehuhävikissä karkearehujen välillä. Useimmiten aerobisesta pilaantumisesta johtuvat rehuhävikit syntyvät rehun pintaosissa sekä siilon reunoilla, koska siellä happea on useimmiten saatavilla (Holmes ja Muck 2007). Laakasiilosta syöttökeltontaa rehua suoraan siilolta olikin poistettu laakasiilon päädyistä sekä säilöntämuovin alta. Säilöntämuovin alla rehu oli lämmennyt ja siinä oli näkyviä mikrobikasvustoja (kuva 23). Aerobista pilaantumista oli tapahtunut jo varastoinnin aikana, jatkuen rehun syöttövaiheessa.



KUVA 23. Säilörehussa oli näkyviä mikrobikasvustoja säilöntämuovin alla (Puustinen 2019-10-24).

Rehunkorjuunopeudet kokoviljasäilörehulle oli 70 tn/h ja nurmirehulle 41 tn/h. Palva (s. a.) mukaan tiivistysajan säilörehulle tulee olla 2–3 min/rehutonni, tiivistyskoneen painon tulisi olla vähintään kolmasosa siilossa tunnissa tulevan tuorerehun painosta, sekä tiivistämisen tulisi jatkua tunnin viimeisen rehukuorman saapumisen jälkeen. Laakasiiloa oli tiivistetty 15 tonnin painoisella pyöräkuormajalla, eli maksimissaan tunnissa siilolle tuleva rehumäärä olisi voinut olla 45 tonnia. Kokoviljasäilörehun osalta korjuunopeus ylittää tämän. Kokoviljasäilörehulla kuiva-ainehävikkiä oli kuitenkin syntynyt vähän, mikä selittyy sillä, että kokoviljasäilörehu oli laakasiilossa pohjalla. Mahdollista siis on, että rehun pintahävikin syntyminen on aiheutunut riittämättömästä tiivistämisestä ja/tai peittämisestä ja painottamisesta heti rehunteon jälkeen tai myöhemmin mahdollisten säilöntämuoviin syntyneiden reikien takia. Siilo oli peitetty säilöntämuovilla, autonrenkaita painona käyttäen. Peittämisajankohdasta rehunteon jälkeen ei ole tietoa.

Navetasta syntyneiden rehutähteiden määrä oli 3,7 prosenttia laakasiiloon menneen sadon määrästä. Luken Kuopio Maanangan toimipisteen tutkijan mukaan tavoitteena tutkimusnavetassa on, että rehutähteitä lypsylehmiltä syntyy 3–5 prosenttia (Kajava 2019). Nousiaisen ym. (2010, 120) mukaan vapaassa rehustuksessa rehutähteitä tulee jäädä 5–10 prosenttia jaetun rehun määrästä. NurmiArtturi -kehittämishankkeessa maidontuotantotiloilta rehuhävikkiä navetasta syntyi 1–9 prosenttia silloin, kun tähteitä oli syntynyt (Anttila ym. 2014, 15). Tämä ei kerro kuitenkaan siitä, paljonko tähteitä on syntynyt verrattaessa kokonaissatoon.

8.2 Satopunnitukset

Case-tilalla ensimmäistä rehusatoa saatiin keskimäärin 3400 kg ka/ha ja toista satoa 3500 kg ka/ha. Rehusato yhteensä keskimäärin oli 6900 kg ka/ha. Suomessa esikuivatun säilörehun tuoesato vuonna 2018 oli keskimäärin 13 110 kg/ha (Luke 2018). Kuiva-aineprosentilla 28–35 % tämä tekee 3 670–4 589 kg ka/ha. Säilörehutuotannon satotasotavoitteena pidetään yli 6 000 kuiva-ainekiloa hehtaarilta (Peltonen ja Sairanen 2010, 11; FARMIT s.a.f.) ja parhaimmillaan päästään jopa 10 000 kuiva-ainekilon hehtaarisatoihin (Peltonen ja Sairanen 2010, 11.) Case-tilalla saatiin siis erittäin hyvä säilörehusato verrattuna suomen keskiarvosatoon sekä säilörehutuotannon satotavoitteeseen.

Säilörehun satopunnituksissa tehtiin havaintoja ja pyrittiin löytämään mahdollisia virhelähteitä, jotka voisivat vääristää mittaustuloksia. Satopunnituksissa havaittiin lohko kohtaisten satojen vaihtelevan enimmillään jopa yli 4000 kuiva-ainekiloa hehtaarilta. Lohkojen satoeroissa on vaihtelua esimerkiksi vaihtuvien kasvilajien, nurmen iän sekä pellon kasvukunnon mukaan. Tämän vuoksi satopunnituksia tehdessä onkin tärkeää, että sato punnitaan edustavasti. Tämä tarkoittaa, että kaikilta lohkoilta tulevaa rehua punnitaan. Mikäli mahdollista ei ole punnita jokaista kuormaa, tulisi lohkolta punnita vähintään muutama kuorma, ja kuormamäärän perusteella laskea kokonaissato (Anttila ym. 2014, 6). Suurin virhe kokonaissatoon aiheutuu, jos rehua punnitaan ja sato määritetään vain parhailta lohkoilta, joiden perusteella päätellään tilan kokonaissato.

Lisäksi satopunnituksissa havaittiin, että vaa'alle ajossa tulee olla tarkka. Traktorin ja rehukuorman kaikkien pyörien tulisi sopia vaa'alle. Case-tilalla tehdyssä satopunnituksessa havaittiin lisäksi vaa'alle tulonopeuden vaikuttavan punnitustulokseen. Pidempien johtopäätösten tekeminen asiasta vaatisi kuitenkin asian laajemman tarkastelun.

Myös kuiva-ainenäytteenotto tulee, satoa määritettäessä kuormakirjanpitoon tai punnitukseen perustuen, tehdä edustavasti ja huolellisesti. Case-tilalla ensimmäisessä rehunkorjuussa kuiva-aine vaihteli 230–365 g/kg. Toisessa rehunkorjuussa rehun kuiva-ainepitoisuus vaihteli 251–408 g/kg. Kuiva-ainepitoisuus voi vaihdella siis suuresti esikuivatulla rehulla esimerkiksi korjuuajankohdan tai kasvilajin mukaan. Tämän vuoksi on tärkeää ottaa riittävästi kuiva-ainenäytteitä ja ottaa tarvittaessa aina uusi näyte, esimerkiksi kasvilajin, maalajin tai korjuupäivän vaihtuessa.

Kuiva-ainenäytteenottoon siilolta tai aumalta rehunteon yhteydessä ei ollut saatavilla selkeää, tiivistettyä ohjetta ennen opinnäytetyötäni. Opinnäytetyön julkaisun jälkeen tietokortti on saatavilla opinnäytetyön liitteenä. Säilörehun satomäärän tunteminen on edellytys nurmentuotannon kehittämiseksi ja tuotantokustannuksen laskemiselle. Tästä syystä säilörehun satomääritykset todennäköisesti yleistynevätkin. Punnitus- ja kuormakirjanpitomenetelmä edellyttää kuiva-ainenäytteenottoa rehusta, jonka ottamiseen opinnäytetyössä koostettu tietokortti ohjeistaa.

8.3 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteina oli selvittää säilörehun kuiva-ainehävikkejä kahdella suomalaisella lypsykarjatilalla. Lisäksi tavoitteina olivat tietokortin koostaminen kuiva-ainenäytteenotosta siilolta tai aumalta rehunteon yhteydessä sekä satopunnituksista mahdollisten virhelähteiden löytäminen. Opinnäytetyön tavoitteet toteutuivat.

Tässä työssä tehtyjen säilörehun kuiva-ainehävikkitutkimusten tulokset vastasivat ulkomailla maatalaympäristöissä saatuja tutkimustuloksia, joissa kuiva-ainehävikit varastoinnin ja syöttövaiheen aikana ovat keskimäärin olleet 8–9 prosenttia (Ruppel ym. 1995; Köhler ym. 2013) ja Van Schooten ja Philipsen (2012) tapaustutkimuksessa 7,2–27,9 prosenttia. Case-tilalla vuoden ajanjaksolla säilörehun kuiva-ainehävikkiä syntyi 11 prosenttia, josta varastoinnin ja syöttövaiheen aikana syntyneitä hävikkiä oli 10 prosenttia. Laakasiilossa kuiva-ainehävikkiä varastoinnin ja syöttövaiheen aikana syntyi 8 prosenttia. Lisäksi laakasiilon syötön aikana navetasta rehutähteinä reuhävikkiä syntyi 3,7 prosenttia tuoresadosta.

Säilörehun varastoinnin ja syöttövaiheen aikana syntynyt kuiva-ainehävikin määrä case-tilalla ja laakasiilossa oli tavanomainen hyvin säilyneille säilörehuille, joiden syöttövaihe hallitaan hyvin (Muck ja Holmes 2007; Borreani ym. 2018). Laakasiilossa näkymättömän varastointihävikin määrä oli kuitenkin pieni, 1,3 prosenttia, verrattuna ulkomaisiin tutkimustuloksiin sekä kirjallisuuslähteisiin. Lisäksi säilörehussa oli näkyviä mikrobikasvustoja säilöntämuovin alla, voidaan laakasiilossa syntyneen varastointihävikin vähäistä määrää edelleen kyseenalaistaa, sillä aerobinen mikrobitoiminta on kasvi-

hengityksen ja käymisen lisäksi kuluttanut rehun kuiva-ainetta varastoinnin aikana. Varastointihävikin pientä määrää voi osaltaan selittää tutkimusmenetelmässä havaittu epätarkkuus. Tuorekiloina laakasiilosta oli punnittu otetuksi enemmän rehua, kuin sinne oli mennyt, mikä on mahdotonta. Epätarkkuus tutkimuksessa voi johtua esimerkiksi tutkimuksessa käytettyjen vaakojen epätarkkuudesta.

Laakasiilossa lämpenemisen ja näkyvien mikrobikasvustojen takia kuiva-ainehävikkiä näkyvänä syöttökelvottomana rehuna syntyi 6,6 prosenttia alkuperäisen säilötyn rehun määrästä. Pintahävikin, eli varastoinnin aikana syntyvän aerobisen pilaantumisen, ja syöttövaiheessa syntyvien kuiva-ainehävikkien suuruus hyvin säilyneellä säilörehulla syöttövaihe hyvin halliten on 3 prosenttia (Borreani ym. 2018). Laakasiilon säilöntätekniikassa ja/tai syöttövaiheen hallinnassa on ollut puutteita.

Säilörehun lämpeneminen syöttövaiheessa onkin aina merkki mikrobitoiminnan aktiivisuudesta. Myöhemmin rehuun tulevat näkyviksi mikrobikasvustot. Aiheutunutta kuiva-ainehävikkiä on kuitenkin lähes mahdoton arvioida lämpenemisen perusteella, sillä lämpeneminen voi olla kausittaista tai jatkuvaa, lämpenemistä voi olla pienellä alueella rehussa tai laajemmalla alalla. Lisäksi lämpötilamittauksissa tulisi pystyä huomioimaan ilman lämpötila (Anttila ym. 2014, 14–15). Selvää kuitenkin on, että säilörehun lämmitessä rehua menetetään aluksi näkymättömänä hävikkinä ja myöhemmin tilanteen pahentuessa mahdollisesti myös syöttökelvottomana, pilaantuneena rehuna.

Suurien vältettävissä olevien kuiva-ainehävikkien syntyminen laakasiiloissa ja aumoissa onkin mahdollista. Kyseisissä rehusäilöissä on suuret hapelle altistuvat sekä peitettävät rehualat. Rehusäilöjen tiivistystyö tulee tehdä huolella, jotta hapen kulku rehumassassa estyy mahdollisimman tehokkaasti. Varsinkin aumojen reunojen tiivistäminen voi olla hankalaa. Auma voidaan tehdä myös maapohjalle, mikä edelleen nostaa riskiä kuiva-ainehävikkien syntymiselle. Syöttövaiheessa rehusäilöjen syöttövaiheiden hallinta vaikuttaa suuresti syntyviin kuiva-ainehävikkeihin.

Esimerkiksi Ruppel ym. (1995) havaitsivat tutkimuksessaan jopa 43 prosentin kuiva-ainehävikin säilörehun varastoinnin aikana ja Köhler ym. (2013) jopa 26 prosentin kuiva-ainehävikin varastoinnin ja syöttövaiheen aikana. Borreani ym. (2018) esittivät kirjallisuuskatsauksessaan, että kasvihengitys, käyminen ja puristeneste voivat varastoinnin aikana aiheuttaa jopa 18 prosentin kuiva-ainehävikin, mikäli rehua ei tehdä huolellisesti. Pintahävikki ja rehun syöttövaiheen heikompi hallinta puolestaan voisivat aiheuttaa jopa 21 prosentin kuiva-ainehävikin.

Satopunnituksissa tulisi huomioida punnittujen kuormien edustavuus, mikäli kaikkia rehukuormia ei voida punnita. Lohkokohtaiset satomäärät voivat vaihdella huomattavasti ja tilan kokonaissadon arvion perustaminen esimerkiksi vain parhailta lohkoilta punnittuihin satoihin ei anna luotettavaa kuvaa kokonaissadosta. Satopunnitusten onnistumisen edellytyksenä on myös onnistunut kuiva-ainenäytteenotto. Säilöttävän materiaalin kuiva-ainepitoisuus voi vaihdella esimerkiksi huomattavasti korjuuajankohdan tai kasvilajin muutoksen myötä, jolloin tulisi aina ottaa uusi näyte. Näytteiden säilytyksessä tulee olla myös huolellinen, jotta näytteen kuiva-ainepitoisuus vastaa todellisuutta. Kuiva-ainenäytteenoton epäonnistuessa tulee virhearvioitua koko säilörehusadon määrää.

Punnitusvaa'alle tulee myös ajaa riittävän tarkasti ja hitaalla nopeudella tarkan punnitustuloksen saamiseksi. Rehusäilöillä kuormia tyhjentäessä voi välillä tarkkailla, jääkö rehuvaunuihin esimerkiksi jäännösrehua, joka tulisi punnittua uudelleen seuraavan rehu kuorman mukana. Tarkkana rehu kuormien punnituksissa tulee olla myös, mikäli traktori-rehuvaunu yhdistelmiä vaihdetaan kesken korjuun. Tällöin uuden yhdistelmän tyhjäpaino tulee aina määrittää, jonka perusteella lasketaan kuorman rehupaino.

Eläinten rehunkäyttöön ja -tarpeeseen perustuvalla laskelmalla määritettävän säilörehusadon ja kasvustosta arvioidun sadon erotus voi nousta suureksi, sillä matkalla pellolta ruokintapöydälle matkalla tapahtuu monenlaisia hävikkejä. Säilörehun korjuu-, varastointi- ja syöttövaiheen kuiva-ainehävikit tulisikin huomioida sadonarviointimenetelmissä, jotka tehdään kasvustosta ennen korjuuta. Lisäksi ruokinnassa syntyy lähes aina jonkun verran rehutähteitä, jotka tulee huomioida lasketun ja arvioidun sadon erotuksessa. Rehutähteiden määrä vaihtelee tilakohtaisesti, mutta suosituksena lypsylehmien vaparuokinnassa on 5–10 prosenttia (Nousiainen ym. 2010, 120). Luke Maaningan toimipisteellä laakasiilon syötön aikana rehutähteinä hävikkiä syntyi 3,7 prosenttia. Huomioitavaa lisäksi on, että kasvustosta tehdyn arvion tulee olla riittävän edustava, sillä lohko kohtainen satoero voi olla huomattava. Esimerkiksi case-tilalla ensimmäisessä rehunkorjuussa kasvukaudella 2019 satoero lohkojen välillä oli suurimmillaan yli 4000 kuiva-ainekiloa hehtaarilta.

Esimerkiksi Van Schootenin ja Philipsenin (2012) tutkimuksessa niiton, pöyhinnän karhotuksen ja korjuun kuiva-ainehävikin määräksi muodostui yhteensä 5,3–11,8 prosenttia. Rotz ja Muck (1994, 858) mukaan nurmikasvien niiton, karhotuksen, pöyhinnän ja korjuun kuiva-ainehävikit ovat 4–33 prosenttia. Onnistuneesti säilyneellä säilörehulla kuiva-ainehävikkiä syntyy noin 8–16 prosenttia varastoinnin ja syöttövaiheen aikana (Ruppel ym. 1995; Holmes ja Muck 2007; Van Schooten ja Philipsen 2012; Köhler ym. 2013; Borreani ym. 2018).

Yhteensä siis korjuun, varastoinnin ja syöttövaiheen aikainen kuiva-ainehävikki voi olla hyvin säilyneellä säilörehulla syöttövaihe hyvin halliten 12–49 prosenttia. Huomattavaa onkin, että rehun korjuun, säilönnän ja syöttövaiheen onnistuessa heikommin kasvavat kuiva-ainehävikit tätäkin suuremmiksi. Esimerkiksi sateella rehusta voidaan menettää huuhtoutumalla 1–14 prosenttia 5–25 millimetrin sateella (Rotz ja Muck 1994). Lisäksi tilakohtaisesti on, paljonko rehutähteitä navetasta syntyy. Lisäksi rehua menetetään matkalla rehusäilöltä navettaan ja navetassa mekaanisesti sekä aerobisessa pilaantumisessa.

Säilörehun kuiva-ainehävikkiä on mahdollista tutkia opinnäytetyössä kuvatulla tavalla, eli punnitsemalla syöttöön otettu rehu sekä näkyvät rehuhävikit ja rehutähteet, mikäli halutaan päästä kiinni myös navetasta syntyneen rehun määrään. Tutkimusta on järkevää tehdä rehusäilökohtaisesti, sillä eri rehusäilöissä rehut voivat olla säilyneet eri tavoin. Kun rehusäilö on syötetty, on saatu tieto siitä, paljonko rehua on otettu syöttöön. Rehusatoa määritettäessä tulee muistaa kirjata rehusäilöihin menneiden rehujen määrät ylös. Lopuksi verrataan rehusäilöön menneen rehun määrää ja sieltä syöttöön otetun. Menetelmä edellyttää tarkkaa kirjanpitoa ja kuiva-ainenäytteenottoa riittävän usein rehua syöttöön otettaessa, sillä kuiva-ainepitoisuus muuttuu varastoinnin aikana nurmirehulla myös

vaihdellen rehusäilössä paikkakohtaisesti. Köhler ym. (2013) totesivatkin myös kyseisen menetelmän maataloille sopivaksi säilörehuhävikin määritysmenetelmäksi, joskin havaitsivat menetelmässä epätarkkuutta. Säilörehuhävikkien määrittäminen menetelmällä vaatii vaa'an, aikaa, tarkkuutta sekä riittävää kuiva-ainenäytteiden ottoa mikä tekeekin selvitystyöstä haastavaa.

Mahdollista on myös arvioida näkyvien reuhävikkien tai rehutähteiden määrää kuutioarvioinnin perusteella, eli arvioimalla rehun tilavuutta. Huomattavaa kuitenkin on, että näkyvän reuhävikin määrä ei kuitenkaan kerro todellista reuhävikin määrää, sillä esimerkiksi syöttökelvoton rehu poistetaan usein siinä vaiheessa, kun rehussa havaitaan näkyviä mikrobikasvustoja. Ennen kuin rehuun syntyy näkyviä mikrobikasvustoja, voi syntyneet kuiva-ainehävikit olla jo suuria, jopa 5–20 prosenttia (Holmes ja Muck 2000). Lisäksi säilörehuhävikin määrän arvioimisessa ja mittaamisen pohjalla tulee olla tieto tilan kokonaissadon määrästä, johon hävikkimäärää voidaan verrata ja saada tietoa reuhävikin määrästä prosentteina. Tämä tarkoittaa siis, että tilan rehusato tulee mitata, koska pelkkä tieto reuhävikistä (kg tai tn) ei kerro vielä paljoakaan.

Myös opinnäytetyössä käytetty karjan rehuntarpeen/ kulutuksen vertaaminen tilan rehusatoon osoittautui käyttökelpoiseksi menetelmäksi säilörehuhävikkejä laskettaessa. Maataloilla tuotannonseuranta ja varastokirjanpito ovat suhteellisen helppoja toteuttaa ja osa tiedoista kerääntyy itsestään esimerkiksi tilan kuuluessa tuotosseurantaan. Kyseisen menetelmän edellytyksenä on myös alkuperäisen säilörehusadon määrän mittaaminen. Opinnäytetyössä käytetyllä Tilamalli-laskentapohjalla voidaan lisäksi laskea säilörehun tuotantokustannus.

Säilörehuhävikkien määrän arvioiminen tai selvittäminen maataloilla on kuitenkin työlästä ja melko vaikeaa. Reuhävikkien seuraaminen on kuitenkin palkitsevaa, sillä reuhävikkejä seuraamalla mahdollista selvittää säilörehun todellinen tuotantokustannus, eli syöttöön menneen rehun hinta. Todellisen tuotantokustannuksen perusteella on mahdollista laskea ja suunnitella tilan taloutta luotettavammin. Säilörehun todellinen tuotantokustannus muuttuu merkittävästi, jos reuhävikkejä syntyy runsaasti. Tavanomaisesti syntyvät reuhävikit säilörehun tuotantokustannuksen laskemisessa olisi mahdollista ottaa automaattisesti huomioon vähentämällä prosenttiosuus säilörehun tuotantomäärästä.

Ehkä maataloilla reuhävikkien selvittämistä käyttökelpoisempaa onkin tiedostaa reuhävikkien olemassaolo ja kustannusvaikutukset, kiinnittää huomiota näkyvän reuhävikin määrään ja panostaa säilörehun laatuun tekemällä rehu huolellisesti. Paras keino ennaltaehkäistä ylimääräisten reuhävikkien syntyminen on tehdä rehu hyvin: käyttää oikein valittua säilöntäaineita riittävällä annostuksella, huolehtia kasvimateriaalin puhtaudesta, tiivistää rehu huolella, peitellä ja painottaa rehu hyvin sekä suojata säilöntämuovi niin, etteivät luonnoneläimet pääse sitä rikkomaan.

Syöttövaiheessa tulee rehua leikata niin, että leikkuurintamus pysyy siistinä, eikä irtorehujaa jää kohutuuttomasti edustalle. Rehua tulisi irrottaa vain syöttöön otettava määrä. Pilaantunutta rehua ei tule ottaa eläinten rehuksi, sillä pilaantunut rehu aiheuttaa riskin eläinterveydelle, maidon laadulle, rehun

maittavuus on heikkoa, ravintoainetappiot heikentävät ennestään rehun laatua sekä ennestään pilaantunut rehu esimerkiksi apeseoksessa pilaa nopeasti koko erän. Myös rehusäilön syöttönopeuden tulee olla riittävä. Jo laakasiiloja suunniteltaessa tulisikin suunnitella siilon mitat niin, että syöttönopeus siilolta saadaan riittävän suureksi (Kainulainen ja Nousiainen 2010, 95–98). Säilörehun lämpenemistä ruokintalaitteistoissa tulee seurata ja esimerkiksi rehunjakovaunut puhdistaa riittävän usein vanhoista rehujäämistä. Lämpimillä ilmoilla on tärkeää puhdistaa rehunjakolaitteet ja eläinten ruokintapöydät useammin, kuin kylmänä vuodenaikana.

Lopuksi on hyvä vielä muistaa, että kaikkea rehuhävikkiä ei voida välttää. Säilönnässä kuiva-ainehävikkiä syntyy väistämättä, eikä lypsylehmien ruokinnassakaan tähteettömyys ole suotavaa. Käytännössä myös vältettävissä olevaa rehuhävikkiä syntyy aina jonkun verran. Onnistuneen säilönnän ja rehusäilön syöttövaiheen tavoitteena voitaneenkin pitää noin 6–16 prosentin kuiva-ainehävikin määrää, johon on myös hyvä varautua.

9 PÄÄTÄNTÖ

Alun perin opinnäytetyössä oli tarkoitus selvittää säilörehun kuiva-ainehävikkiä Tilamalli-laskentapohjaa apuna käyttäen kuudelta maatilalta. Tilat olisivat olleet sellaisia, joilta säilörehun sato oli punnittu kasvukaudella 2018. Opinnäytetyöhön saatiin kuitenkin mukaan vain yksi tila. Useammilta tutkimus-tiloilta olisi saatu laajemmin tietoa säilörehuhävikin kuiva-ainehävikkeistä Suomessa. Useammalta tilalta asian tutkiminen olisi kuitenkin loppujen lopuksi vienyt todella paljon aikaa, varsinkin jos säilörehusäilöistä olisi tehty vielä varastosaldojen määritykset. Opinnäytetyön laadun kannalta parempi olikin, että tutkittavan oli yksi case-tila, josta asia tutkittiin tarkoin.

Tässä opinnäytetyössä case-tilan tutkimus toteutettiin takautuvasti, eli tutkimuksessa tarkasteltiin jo kulunutta ruokintavuotta. Tästä johtuen esimerkiksi osaan kysymyspatteristolla kerättyihin tietoihin ei pystytty määrittämään vastausta. Lopulta kysymyspatteriston merkitys jäikin tutkimuksessa melko vähäiseksi, johtuen osin myös siitä, että reuhävikin määrä case-tilalla ei ollut tavanomaista suu-rempi. Tarkemmin aiheitta, eli säilörehun kuiva-ainehävikkejä, voisi tutkia toisin. Järkevää olisi mitata säilörehun sato ensin, jonka jälkeen säilörehun säilönnällistä laatua ja hävikkien määrää seurattaisiin ruokintavuoden ajan. Rehuvarastosaldojen määritykset pystyttäisiin tekemään myös tarkastelujakson alussa, mikä parantaisi tutkimuksen luotettavuutta. Tässä opinnäytetyössä aikataulun puitteissa ei kuitenkaan ollut mahdollisuutta toteuttaa case-tilan tutkimusta edellä kuvatulla tavalla, vaikka case-tilalta määritettiin säilörehun sato kasvukaudella 2019.

Kuitenkin opinnäytetyön case-tilan tutkimuksessa onnistuttiin ja tutkimuksesta saatiin käyttökelpoinen tulos, jota kysymyspatteristolla kerätyt tulokset tukivat. Säilörehu aiheena on laaja. Opinnäytetyötä tehdessä opin paljon säilörehusta ja sen teosta ja säilönnän onnistumiseen vaikuttavista tekijöistä. Syy-seuraussuhteita säilörehun säilönnän ja syöttövaiheen onnistumiseksi tai epäonnistumiseksi on paljon. Rehun kuiva-ainehävikkien syntyminen onkin monimutkaista. Säilörehunteko, säilöntä ja syöttövaihe on prosessi, jossa jokaiseen vaiheeseen vaikuttavat omat tekijänsä sekä edellinen vaihe. Tämän takia kuiva-ainehävikkejä ei voikaan yksinkertaisesti summata prosessien mukaan yhteen. Jossakin tapauksessa voi esimerkiksi olla mahdollista, että pahoin voi happokäynyt säilörehu on kokonaan syöttökelvotonta.

Rehun kuiva-ainehävikkien syntymissyiden laajuuden takia olisi opinnäytetyön tutkimuksessa voinut selvittää vielä enemmän case-tilan säilörehuun liittyviä tekijöitä. Näitä olisi ollut muun muassa säilöntäaineen annostus l/tn, rehusäilöjen peitto: kuinka nopeasti on tehty rehunteon jälkeen ja millaista säilöntämuovia on käytetty. Säilöntäaineen annostukseen löytyy suosituksia, joihin annostusta olisi voinut verrata. Myös säilöntämuoveista on tehty vertailevia tutkimuksia. Säilörehu tulisi peitellä mahdollisimman nopeasti rehunteon jälkeen, muutoin kasvihengityksestä johtuneet hävikit pääsevät kasvamaan aiheuttaen lämpenemistä ja riskiä muille reaktioille rehussa.

Tulevaisuudessa voisi muissa varastomuodoissa syntyvää rehun kuiva-ainehävikkiä tutkia Suomessa, esimerkiksi pyöröpaalatun rehun kuiva-ainehävikkiä. Myös reuhävikkien taloudellisia vaikutuksia

voisi selvittää tarkemmin. Kustannukset eivät rajoitu ainoastaan menetettyyn rehuun, vaan reuhävikit aiheuttavat lisäksi epäsuoria kustannuksia.

9.1 Case-siilo

Opinnäytetyössä selvitettiin yhden laakasiilon varastoinnin ja syötön aikana syntynyt rehun kuiva-ainehävikki. Luke Kuopion Maaningan toimipisteessä reuhävikkiseurantaa jatketaan muiden siilojen osalta. Useamman laakasiilon tutkimustiedot olisivat antaneet laajemman ja luotettavamman kuvan Suomessa laakasiilossa syntyvästä säilörehun kuiva-ainehävikistä. Opinnäytetyön aikataulun puitteissa ei kuitenkaan ollut mahdollista odottaa tutkimustuloksia useammista säilörehusiiloista.

Tutkitun laakasiilon osalta lisätietoa olisi antanut, jos laakasiilosta olisi selvitetty syöttönopeus (m/vk), kuutiopaino (kg/m^3), rehusilpun pituus ja D-arvot. Kuutiopainon avulla olisi tiivistymisen onnistumista voinut tarkastella tarkemmin. Myös rehusilpun pituuden sekä D-arvojen vaikutusta rehun tiivistymisen onnistumiseen olisi ollut mahdollista pohtia, mikäli nämä olisivat olleet tiedossa. Lisäksi rehun säilönnällistä laatua olisi ollut mahdollista arvioida rehunäytetulosten perusteella. Kyseisiä tietoja pyydettiin opinnäytetyön käyttöön, mutta ne jäivät toimittamatta.

9.2 Satopunnitukset

Case-tilalla säilörehun satopunnitukset ja kuiva-ainenäytteiden ottamiset onnistuivat hyvin. Kaikki rehuormat kahdessa rehunkorjuussa punnittiin. Kuiva-ainenäytteet saatiin otettua suunnitelman mukaisesti, tarvittaessa lisäten kuiva-ainenäytteiden määrää esimerkiksi korjuupäivän vaihtuessa. Case-tilalta saatiin määritettyä myös lohko kohtaisia satoja, joskin pieniä lohkoja korjattiin yhteen, jolloin lohko kohtainen sadon määrittäminen ei ollut mahdollista. Näitä pieniä lohkoja kuitenkin viljeltiin myös yhdessä, jolloin lohkon rajat olivat periaatteessa vain kartalla. Näissä tapauksissa järkevämpää luultavasti onkin ajatella lohkoa viljelyn mukaisena lohkona.

Satopunnitusten perusteella opinnäytetyössä koostamaani tietokorttiin olen tyytyväinen. Tietokortin rakenteen ja sisällön tekeminen oli helppoa satopunnituksissa saamani käytännön kokemuksen myötä. Lisätietoa sain kirjallisista lähteistä sekä opinnäytetyön toimeksiantajalta. Vastaava, tiivistetty, selkeää ohjetta ei ollut saatavilla ennen opinnäytetyötäni. Nyt tietokortti on saatavilla opinnäytetyön liitteenä. Todennäköisesti säilörehusatojen mittaaminen yleistyy ja tietokortista on hyötyä monelle tilalliselle.

Alun perin opinnäytetyössä oli tarkoitus lisäksi tutkia lohko kohtaisia satopunnitustuloksia lohkojen NDVI-karttojen antamiin kasvillisuusindekseihin tavoitteena selvittää, voisiko NDVI-karttojen perusteella tehdä johtopäätöksiä tulevasta sadon määrästä. Tämä osuus työstä jäi kuitenkin tekemättä, sillä työssä oli jo muutoin paljon tehtävää. Tämä olisikin mahdollinen aihe jollekin muulle vaikkapa opinnäytetyöksi.

9.3 Yhteenveto

Opinnäytetyön prosessissa opin erittäin paljon säilörehusta. Opin säilörehun teosta, säilönnästä, säilörehun hävikeistä sekä säilörehun sadon määrittämisestä. Satomittauksiin osallistuminen oli ammatillisesta näkökulmasta erittäin merkittävä ja arvokas kokemus. Opinnäytetyötä tehdessäni luin paljon englanninkielisiä artikkeleita, joista opin varsinkin säilörehuun liittyvää sanastoa.

Haastavinta opinnäytetyön tekemisessä oli selvittää säilörehun kuiva-ainehävikkejä. Säilörehun oli tutkittu laboratorio-olosuhteissa, maatilaympäristöissä, eri maissa, erilaisilla menetelmillä sekä säilörehua oli tehty useista eri kasvilajeista. Tutkimuksista tuli kaivaa opinnäytetyön aiheen kannalta oleelliset artikkelit, eikä aina ollut selvää, mikä oli näkyvän ja näkymättömän reuhävikin määrä sekä prosessit, joissa kuiva-ainehävikkiä oli syntynyt. Tutkimuksissa ja kirjallisuuslähteissä käytettiin myös erilaisia jaotteluja hävikeille. Kaikista tutkimuksista tai kirjallisuuslähteistä hävikkien erottelu prosessikohtaisesti tai näkymättömänä ja näkyvänä reuhävikkinä ei esimerkiksi tutkimusmenetelmistä joihtuen ollutkaan mahdollista.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- ADESOGAN, A. T. ja NEWMAN, Y. C. 2017. Silage harvesting storing and feeding [verkkajulkaisu]. Ifas Extension. [Viitattu 2019-05-07.] Saatavissa: <https://pdfs.semanticscholar.org/213a/1b93e64892c2a4dad160e1caec1038ac7412.pdf>
- AIRAKSINEN, Tinna ja Vilka, HANNA 2003. Toiminnallinen opinnäytetyö. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- AIV s.a. AIV-menetelmä – suomalaisen rehunsäilönnän historiaa. [Viitattu 2020-01-09.] Saatavissa: <https://aiv.fi/meista/historia/>
- ALL ABOUT FEED 2019. Silage effluent: Problems and Solutions [verkkajulkaisu]. [Viitattu: 2020-02-05.] Saatavissa: <https://www.allaboutfeed.net/Raw-Materials/Articles/2019/7/Silage-effluent-Problems-and-solutions-451491E/>
- ANTTILA, Anne 2013. Säilörehun ruokintahävikit [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-10-12.] Saatavissa: https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/loppuseminaari_seinajoki_ruokintahavikit_5.12.13_anne_anttila.pdf
- ANTTILA, Anne, NISKANEN, Markku, PALVA, Reetta, PUUMALA, Lea ja VALLINHOVI, Sari 2014. NurmiArtturi. Hävikit kuriin ja säilörehun laadunvaihtelu hallintaan [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-03-21.] Saatavissa: <https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/nurmiartturi-lehti.pdf>
- AUTIO, Elina 2015. Hevosen ruoansulatuselimistön rakenne ja toiminta [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2020-01-20.] Saatavissa: https://www.hevostietokeskus.fi/uploads/files/Suomen_Hevostietokeskus_Hevosten_ruokintakoulu_osa-1_A4_15_02_09_net_SUOJATTU.pdf
- BASTIMAN, B. Factors affecting silage effluent production. *Experimental Husbandry* 31, 1–32.
- BORREANI, G. ja TABACCO, E. 2010. The relationship of silage temperature with the microbiological status of the face of corn silage bunkers. *Journal of Dairy Science* 93 (6), 2620–2629.
- BORREANI, G., TABACCO, E., SCHMIDT, R. J., HOLMES, B. J. ja MUCK, E., 2017. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silage. *Journal of Dairy Science* 101 (5), 3952–3979.
- EDU 2010. Kriittinen lukeminen ja luotettavan tiedon löytäminen [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-03-27.] Saatavissa: https://www.edu.fi/etalukioetusivu/vinkkeja_verkko_opiskeluun/miten_opiskella_verkossa/kriittinen_lukeminen_ja_luotettavan_tiedon_loytaminen
- ELLÄ, Anu 2014. Säilörehut rahaksi. [Viitattu 2020-01-23.] Saatavissa: https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/tulosseminaari_2014_sailorehutulokset_2013_ae_js_netiversio_0.pdf
- FABA s.a. Nautarodut. [Viitattu 2020-01-19.] Saatavissa: <https://faba.fi/karjan-kehittaminen/jalostus/jalostustietoa/nautarodut/>
- FARMIT s.a.a. Arvioi nurmen satotaso uudella satotasolaskimella [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-03-21.] Saatavissa: <https://www.farmit.net/kasvinviljely/2013/06/04/arvioi-nurmen-keskisato-uudella-satolaskimella>
- FARMIT s.a.b. Säilöntäprosessi [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-03-22.]. Saatavissa: <https://www.farmit.net/kotielain/rehunsailonta/sailorehun-valmistus-ja-sailonta/sailontaprosessi>
- FARMIT s.a.c. Biologinen rehunsäilöntä [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-05-08.] Saatavissa: <https://www.farmit.net/kotielain/rehunsailonta/biologinen-rehunsailonta>
- FARMIT s.a.d. Säilöntä [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-11-05.] Saatavissa: <https://www.farmit.net/kasvinviljely/kasvuohjelma/saeiloerehun-korjuu-ja-saeiloenta/hevosen-saeiloerehuruokinta/saeiloenta-0>
- FARMIT s.a.e. Esikuivattu säilörehu [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2020-01-07.] Saatavissa: <https://www.farmit.net/kotielain/rehunsailonta/sailorehun-valmistus-ja-sailonta/esikuivattu-sailorehu>
- FARMIT s.a.f. Säilörehunurmi [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2020-01-08.] Saatavissa: <https://www.farmit.net/kasvinviljely/nurmiakasvit/sailorehunurmi>

- FARMIT s.a.g. Laadukkaan säilörehun edellytykset ja vaikutus kannattavuuteen [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2020-02-04.] Saatavissa: <https://www.farmit.net/kotielain/rehunsailonta/aiv-rehunsailonta-ja-happosailonta/rehunsailontatutkimukset/laatusailorehun-edellytykset-ja-vaikutus-kan>
- HIRSJÄRVI, Sirkka, REMES, Pirkko ja SAJAVAARA, Paula 2009. Tutki ja kirjoita. 15. painos. Helsinki: Tammi.
- HOLMES, Brian ja MUCK, Richards 1999. Factors Affecting Bunker Silo Densities. Applied Engineering in Agriculture 16 (6), 613–619.
- HOLMES, Brian ja MUCK, Richards 2000. Preventing Silage Storage Losses [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-11-09.] Saatavissa: <https://fyi.extension.wisc.edu/forage/files/2014/01/prevent-silage-storage7.pdf>
- HOLMES, Brian ja MUCK, Richards 2004. Managing and designing bunker and trench silos (AED-43). Ames, IA: MidWest Plan Service.
- HOLMES, Brian ja MUCK, Richards 2007. Packing Bunkers and Piles to Maximize Forage Preservation. International Dairy Housing Conference Proceeding (6).
- HONIG, H. 1991. Reducing losses during storage and unloading of silage. Forage Conservation Towards 2000.
- HONIG, H., PAHLOW, G., THAYSEN, J. 1999. Aerobic instability-effects and possibilities for its prevention. Proceeding of International Silage Conference, 288–289.
- HUHTANEN, Pekka, NOUSIAINEN, Juha, KHALILI, Hannele, JAAKKOLA, Seija ja HEIKKILÄ, Terttu 2003. Relationships between silage fermentation characteristics and milk production parameters: analyses of literature data. Livestock Production Science 81 (1), 57–53.
- HULSEN, Jan ja AERDEN, Dries 2014. Ruokintahavainnot, 12. Vaasa: Oy Fram Ab.
- HUUSKONEN, Arto, SAIRANEN, Auvo ja NYKÄNEN, Arja 2010. Kokoviljasäilörehu. Julkaisussa: PELTONEN, Sari, PUURUNEN, Tapani ja HARMOINEN, Taina (toim). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. 132. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten liitto, 40–41.
- JAAKKOLA, Seija 2010. Karkearehut. Julkaisussa: KYNTÄJÄ, Juho, NOKKA, Sanna ja HARMOINEN, Taina (toim.) Lypsylehmän ruokinta. 133. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten liitto, 63–65.
- JAAKKOLA, Seija, RINNE, Marketta ja NOUSIAINEN, Juha 2010. Lehmän tärkeimmät ravintoaineet. Julkaisussa: KYNTÄJÄ, Juho, NOKKA, Sanna ja HARMOINEN, Taina (toim.) Lypsylehmän ruokinta. 133. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten liitto, 11–12.
- JAAKKOLA, Seija, SAIRANEN, Auvo, NOUSIAINEN, Juha ja RINNE, Marketta 2010. Säilöntä ja rehujen laatu. Julkaisussa: PELTONEN, Sari, PUURUNEN, Tapani ja HARMOINEN, Taina (toim). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. 132. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten liitto, 87–94.
- JONES R. 2001. Reducing silage loss. The Livestock Data Transfer. ADAS/IGER/University of Bristol. [Viitattu 2020-02-05.] Saatavissa: <http://adlib.everysite.co.uk/adlib/defra/content.aspx?id=94779>
- JUUTINEN, Elina, HYRKÄS, Maarit, PAKARINEN, Kirsi ja SUOMELA, Raija 2012. Nurmen lohkohtaisen sadon mittaaminen. Julkaisussa: Karpe -hanke 2009–2012. Päätösjulkaisu Nurmesta se kaikki lähtee! [Viitattu 2019-05-12.] Saatavissa: <http://www.karpe.fi/materiaalit/karpekirjasto/paatosjulkaisu.pdf>
- KAJAVA, Sari 2019-12-20. Säilörehun punnitustulokset vuodelta 2018 case-tilalta [sähköpostiviesti]. Kuopio.
- KAJAVA, Sari, SAIRANEN, Auvo ja JÄÄSKELÄINEN, Marita 2018. Säilörehuntuotannon tehokkuus. Julkaisussa: KAJAVA, Sari (toim.) EuroMaito-verkosto -tukea maidontuotannon resurssitehokkuuden ja kestävyuden kehittämiseen. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 26/2019. Helsinki: Luonnonvarakeskus, 8.

- KAMK s.a. Tapaustutkimus (case study) [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-11-29.] Saatavissa: <https://www.kamk.fi/fi/opari/Opinnaytetyopakki/Teoreettinen-materiaali/Tukimateriaali/Tutkimustyytit/Kuvaileva/Tapaus>
- KAJAVA, Sari 2018. Case-tilan rehunkorjuuraportti vuodelta 2018. Kuopio: Luonnonvarakeskus.
- KANANEN, Jorma 2013. Case-tutkimus opinnäytetyönä. Jyväskylän ammattikorkeakoulu: Jyväskylä.
- KIVISAARI, Hannu 2016. Nurmisadon mittausmenetelmät [verkkojulkaisu]. ProAgria Etelä-Pohjanmaa. Nurmex tietoisku. [Viitattu 2019-03-23.] Saatavissa: https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/nurmisadon_mittausmenetelmatwebex_10_hannu_k_06.02.2017.pdf
- KOUSA, Matti ja KARTTUNEN, Janne 2008. Säilörehun esikuivatus, niitto ja karhotus [verkkojulkaisu]. Suomen Nurmihdistyksen ja MTT:n julkaisusarja. [Viitattu 2019-05-06.] Saatavissa: http://www.nurmihdistys.fi/Nurmitieto/NT_5-1-2.pdf
- KUNG, Limin 2005. Aerobic Stability of Silages. Proc. of the Conference on Silage for Dairy Farms. Harrisburg, PA. 2005.
- KUNG, Limin 2011. Silage temperatures: How Hot is Too Hot? [verkkojulkaisu]. Dairy Research, Teaching, and Extension. [Viitattu 2019-05-07.] Saatavissa: <https://cdn.canr.udel.edu/wp-content/uploads/2014/02/HowHotisTooHot-2011.pdf>
- KURKI, Päivi 2010. Karjanlannan käyttö ja rehun hygienia. Julkaisussa: PELTONEN, Sari, PUURUNEN, Tapani ja HARMOINEN, Taina (toim). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. 132. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten liitto, 68–69.
- KVANTIMOTV. Kyselylomakkeen laatiminen [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-09-20.] Saatavissa: <https://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kyselylomake/laatiminen.html>
- KYNTÄJÄ, Juho, KARLSTRÖM, Tiina, RINNE, Marketta, NOUSIAINEN, Juha, PALVA, Reetta ja NOKKA, Sanna 2010. Pitkän tähtäimen ruokinnan suunnittelu. Julkaisussa: KYNTÄJÄ, Juho, NOKKA, Sanna ja HARMOINEN, Taina (toim.) Lypsylehmän ruokinta. 133. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten liitto, 46.
- KÖHLER, Birgitte, DIELPOLDER, Michael, OSTERTAG, Johannes THURNER, Stefan ja SPIEKER, Hubert 2013. Dry matter losses of grass, lucerne and maize silage in bunker silos. Agricultural and food science 22, 145–150.
- LINDGREN, Sven, PETTERSSON, Kjell, KASPERSSON, Anders, JONSSON, Anders ja LINGVALL Per 1985. Microbial dynamics during aerobic deterioration of silages. Journal of the Science of Food and Agriculture 36 (9), 765–774.
- LUKE 2018a. Viljelykasvien sato 2018. [Viitattu 2020-01-08.] Saatavissa: http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__02%20Maatalous__04%20Tuotanto__14%20Satotilasto/01_Viljelykasvien_sato.px/table/tableViewLayout2/?rxid=570526a1-5d12-48bd-b480-d5da6ba439c9
- LUKE 2018b. Satotilasto. [Viitattu 2020-01-08.] Saatavissa: <https://stat.luke.fi/satotilasto>
- LUKE s.a. Nurmentuotanto [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2020-01-08.] Saatavissa: <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/maatalous-ja-maaseutu/nurmentuotanto/>
- LUKE REHUTAULUKOT s.a. Lypsylehmien energiantarve [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-06-15.] Saatavissa: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/Ruokintasuosukset/Marehtijat/Lypsylehmien_energian_tarve
- MAATILAN PELLERVO 2018. Kuinka mittaan nurmisadon määrän? [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-03-21.] Saatavissa: <https://maatilanpellervo.fi/2018/05/02/kuinka-mittaaan-nurmisadon-maaran/>
- MCALLISTER, T. A. ja HRISTOV, A. N. 2000. The fundamentals of making good quality silage. Advanced Dairy Science and Technology 12, 381–399.

- MCDONALD, P., HENDERSON, A. R., ja HERON, S. J. E. 1991. The biochemistry of silage. 2. Lincoln: Chalcombe publications.
- MCDONALD, P. 1981. Influence of oxygen on Ensilage. Julkaisussa: WILEY, John & Sons. Chichester, UK.
- MAFF 1975. Energy allowances and feeding systems for ruminants. Tech. Bull. 33. Her Majesty's Stationery Office, London.
- MAFF 1981. Animal Science 1979. ADAS Agricultural science service, research and developments reports. Reference book 254. Her Majesty's Stationery Office, London. 103 p.
- MAFF 1984. Energy allowances and feeding systems for ruminants. Reference Book 433. Her Majesty's Stationery Office, London.
- MERO, Henna ja KYNTÄJÄ, Juho 2010. Nurmirehujen merkitys tilan taloudelle. Julkaisussa: PELTONEN, Sari, PUURUNEN, Tapani ja HARMOINEN, Taina (toim). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. 132. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten liitto, 4.
- MOISIO Tauno ja HEIKONEN, Matti 1992. AIV-rehun perusteet. Kirjayhtymä Oy, Helsinki. Tampere: Tammer-paino Oy, 111.
- MUCK, R. E., MERTENS, D. R. ja WALGENBACH, R. P. 1996. Proteolysis in different forage silages. Research Summaries 1996, 50–51.
- MUCK, R. E. ja HOLMES, B. J. 2000. Factors affecting bunker silo densities. Applied Engineering in Agriculture 16 (6), 613–619.
- MUCK R.E. ja SHINNERS K. J. Conserved Forage (Silage and Hay): Progress and Priorities, 2001 [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2020-01-04.] Saatavissa: https://www.researchgate.net/profile/Kevin_Shinners/publication/50858871_Conserved_forage_silage_and_hay_progress_and_priorities/links/0046352155f3f75799000000/Conserved-forage-silage-and-hay-progress-and-priorities.pdf
- MUSTONEN, Arja. Case: Lannan sijoittaminen mahdollisti suorakylvön karjatilalla. Julkaisussa: PALVA, Reetta, ALASUUTARI, Sakari ja HARMOINEN, Taina (toim). Lannan käsittely ja käyttö. 128. Keuruu: ProAgria Keskusten liitto, 31–32.
- MÄKINIEMI, Kirsi 2019-05-12. Satotasomittaukset ja rikkakasvien vaikutus säilörehun säilöntäprosessiin [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Hertta Puustinen. Saatavissa: Kuopio.
- NISKANEN, Markku ja KAINULAINEN, Pertti 2010. Säilörehun varastointi. Julkaisussa: PELTONEN, Sari, PUURUNEN, Tapani ja HARMOINEN, Taina (toim). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. 132. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten liitto, 95–97.
- NISKANEN, Markku ja NIEMELÄINEN, Oiva 2010. Nurmikasvilajit. Julkaisussa: PELTONEN, Sari, PUURUNEN, Tapani ja HARMOINEN, Taina (toim). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. 132. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten liitto, 31–35.
- NISKANEN, Markku ja NYKÄNEN, Arja 2010. Siemenseokset nurmenviljelyssä. Julkaisussa: PELTONEN, Sari, PUURUNEN, Tapani ja HARMOINEN, Taina (toim). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. 132. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten liitto, 37.
- NOKKA, Sanna 2019. Lypsykarjan tuotosseurannan tulokset 2018 [verkkojulkaisu]. ProAgrian Keskusten liitto: Maito Tulosseminaari 19.3.2019. [Viitattu 2019-03-26.] Saatavissa: https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/lypsykarjan_tuotosseurannan_tulokset_2018_sanna_nokka.pdf
- NOUSIAINEN, Juha, NISKANEN, Heikki, KAINULAINEN, Pertti ja TOIVAKKA, Minna 2010. Korjuu. Julkaisussa: PELTONEN, Sari, PUURUNEN, Tapani ja HARMOINEN, Taina (toim). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. 132. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten liitto, 71–75.
- NurmiArtturi -kehittämishanke 2011–2014. Nurmesta tulosta [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-09-28.] Saatavissa: https://etela-pohjanmaa.proagria.fi/sites/default/files/attachment/pp-esitys-nurmestatulosta_sari_muokannut_1.11.2018.pdf

OPETUSHALLITUS s.a. SWOT-analyysi [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-04-06.] Saatavissa:

https://www.oph.fi/saadokset_ja_ohjeet/laadunhallinnan_tuki/wbl-toi/menetelmia_ja_tyovalineita/swot-analyysi

OUDE ELFERINK, Stefanie, KROONEMAN, Janneke, GOTTSCHAL, Jan, SPOELSTRA, Sierk, FABIER, Folkert ja DRIEHUIS, Frank 2000. Anaerobic Conversion of Lactic Acid to Acetic Acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. *Applied and Environmental Microbiology* 2001 (1), 125–132.

PAHLOW, Günter, MUCK, Richard, DRIEHUIS, Frank ja OUDE ELFERINK, Stefanie, SPOELSTRA, Sierk 2003. *Microbiology of Ensiling*. Julkaisussa: *Silage Science and Technology*. 42. 31–93.

PALMIO, Annu, RINNE, Marketta ja MÄNTYSAARI, Päivi 2014. Hiehojen ruokintasuositusten kansainvälinen vertailu [verkkójulkaisu]. [Viitattu 2020-01-23.] Saatavissa: [https://ju-](https://ju-kuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/485111/hiehojen%20ruokinta.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[kuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/485111/hiehojen%20ruokinta.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ju-kuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/485111/hiehojen%20ruokinta.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

PALVA, Reetta 2010. Satotasojen lohkoittainen määrittäminen [verkkójulkaisu]. TEHO-hankkeen julkaisuja 3/2010. [Viitattu 2019-03-21.] Saatavissa: [https://docplayer.fi/1887720-Satotasojen-loh-](https://docplayer.fi/1887720-Satotasojen-lohkoittainen-maarittaminen.html)

[koittainen-maarittaminen.html](https://docplayer.fi/1887720-Satotasojen-lohkoittainen-maarittaminen.html)

PALVA, Reetta 2017. Tiivistymisen onnistuminen Nurmirturtiloilla [verkkójulkaisu]. Nurmesta Tulosta-hanke: Säilöntälaadun varmistaminen -korjuuteknikka ja säilöntä 27-01-2017. [Viitattu 2019-10-23.] Saatavissa: [https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/270117_tivistami-](https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/270117_tivistaminen_palva.pdf)

[nen_palva.pdf](https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/270117_tivistaminen_palva.pdf)

PALVA, Reetta s.a. Säilörehun tiivistäminen [verkkójulkaisu]. Nurmesta tulosta -hanke. [Viitattu 2019-10-30.] Saatavissa: [https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/nurmestatulostatie-](https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/nurmestatulostietokortti_2_.pdf)

[tokortti_2_.pdf](https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/nurmestatulostietokortti_2_.pdf)

PARSONS, David 1991. Modelling gas flow in a silage clamp after opening. *Journal of Agricultural Engineering Research* 50, 209–218.

PELTONEN, Sari ja SAIRANEN, Auvo 2010. Nurmirehujen tuotantokustannusten hallinta. Julkaisussa: PELTONEN, Sari, PUURUNEN, Tapani ja HARMOINEN, Taina (toim). *Nurmirehujen tuotanto ja käyttö*. 132. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten liitto, 11.

PITT, R. E., MUCK, R. E. ja LEIBENSPERGER R. Y. 1985. A quantitative model of the ensilage process in lactate silages. *Grass Forage Science* 40, 279–303.

PITT, R. E. ja MUCK, R. E. 1993. A diffusion model of aerobic deterioration at the exposed face of bunker silos. *Journal of Agricultural Engineering Research* 55 (1), 11–26.

PROAGRIA s.a. Tuotantovarmuutta nurmesta (Varmanurmi). [Viitattu 2020-02-04.] Saatavissa:

<https://ita-suomi.proagria.fi/hankkeet/tuotantovarmuutta-nurmesta-varmanurmi-14087>

PUURUNEN, Tapani, VIRKAJÄRVI, Perttu ja NYKÄNEN, Arja 2010. Kasvinsuojelu. Julkaisussa: PELTONEN, Sari, PUURUNEN, Tapani ja HARMOINEN, Taina (toim). *Nurmirehujen tuotanto ja käyttö*. 132. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten liitto, 53–55.

PUUSTINEN, Hertta 2019-05-30 [digikuva]. Rikkakasvipitoisilla lohkoilla voi sadon määrä ja laatu heikentyä. Lisäksi rikkakasvit voivat vaikuttaa rehun säilöntään. Sijainti: Kuopio: tekijän sähköiset kokoelmat.

PUUSTINEN, Hertta 2019-06-16 [digikuva]. Case-tilalla rehukuormien punnitseminen tapahtui siirrettäviä punnitustasoja käyttäen vuonna 2018. Sijainti: Kuopio: tekijän sähköiset kokoelmat.

PUUSTINEN, Hertta 2019-10-24 [digikuva]. Säilörehun hävikkiseuranta kohdistui siiloon numero 4, joka kuvassa on vasemmanpuoleisin laakasiilo. Sijainti: Kuopio: tekijän sähköiset kokoelmat.

PUUSTINEN, Hertta 2019-10-24 [digikuva]. Luke Kuopio Maaningan siilon numero 4 yleisilme siilon ollessa syötössä jo loppusuoralla. Sijainti: Kuopio: tekijän sähköiset kokoelmat.

PUUSTINEN, Hertta 2019-10-24 [digikuva]. Ruokintakuppi Luke Kuopio Maaningan tutkimusnavetassa. Sijainti: Kuopio: tekijän sähköiset kokoelmat.

PUUSTINEN, Hertta 2019-10-24 [digikuva]. Rehutähteiden punnitukseen käytetty vaaka navetassa. Sijainti: Kuopio: tekijän sähköiset kokoelmat.

PUUSTINEN, Hertta 2019-07-27 [digikuva]. Toinen säilörehusato korjattiin laakasiiloon sekä yhteen maapohjaiseen aumaan. Sijainti: Kuopio: tekijän sähköiset kokoelmat.

PUUSTINEN, Hertta 2019-06-11 [digikuva]. Punnitseminen tapahtui hitaasti yliajaen. Sijainti: Kuopio: tekijän sähköiset kokoelmat.

PUUSTINEN, Hertta 2019-06-11 [digikuva]. Rehukuormien punnitukseen käytettiin kiinteää ajoneuvovaakaa, joka punnitsi korjuuyhdistelmät akseli kerrallaan. Sijainti: Kuopio: tekijän sähköiset kokoelmat.

PUUSTINEN, Hertta 2019-06-12 [digikuva]. Kuiva-ainenäytteitä ensimmäisessä rehunkorjuussa otettiin 11 kappaletta. Osanäytteet säilytettiin omista pusseistaan kylmälaukussa ennen varsinaisen näytteen sekoittamista. Sijainti: Kuopio: tekijän sähköiset kokoelmat.

PUUSTINEN, Hertta 2019-06-11 [digikuva]. Kuiva-ainenäytteen osanäyte kerättiin 10 eri kohdasta kiptatusta rehukuormasta. Sijainti: Kuopio: tekijän sähköiset kokoelmat.

PUUSTINEN, Hertta 2019-10-24 [digikuva]. Lämmennyttä ja homeista säilörehua siilosta numero 4 säilöntämuovin alta. Sijainti: Kuopio: tekijän sähköiset kokoelmat.

PUUSTINEN, Hertta 2019-06-11 [digikuva]. Säilörehun leikkurintamus case-tilalla on tasainen ja siisti. Sijainti: Kuopio: tekijän sähköiset kokoelmat.

PUUSTINEN, Hertta 2019-20-24 [digikuva]. Säilörehussa oli näkyviä mikrobikasvustoja säilöntämuovin alla. Sijainti: Kuopio: tekijän sähköiset kokoelmat.

REES, D. V. H. 1982. The aerobic deterioration of grass silages and its effects on water-soluble carbohydrates and the associated heat production. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 33, 499–508.

RINNE, Marketta 2014. Lehmien ruokinnan perusteet ja peruskäsitteet [verkojulkaisu]. [Viitattu 2019-03-23.] Saatavissa: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/Tietosiilo/Rehutietoutta/Naudat/Rehuarvot_MRinne_4.11.2014.pdf

RINNE, Marketta ja NOUSIAINEN, Juha 2010. Rehuarvot ja rehujen sulavuus. Julkaisussa: KYNTÄJÄ, Juho, NOKKA, Sanna ja HARMOINEN, Taina (toim.) Lypsylehmän ruokinta. 133. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten liitto, 75–81.

RINNE, Marketta ja SAIRANEN, Auvo 2010. Nurmirehut ruokinnassa. Julkaisussa: PELTONEN, Sari, PUURUNEN, Tapani ja HARMOINEN, Taina (toim.) Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. 132. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten liitto, 16–18.

RUOHO, Olli 2009. Lannan käytön hygieniä. Julkaisussa: PALVA, Reetta, ALASUUTARI, Sakari ja HARMOINEN, Taina (toim.) Lannan käsittely ja käyttö. 128. Keuruu: ProAgria Keskusten liitto, 44.

RUOKATIETO s.a. Lihakarjaan kuuluu monenrotuisia nautoja. [Viitattu 2020-01-19.] Saatavissa: <https://www.ruokatieto.fi/ruokakasvatus/ruokaketju-ruuan-matka-pelloilta-poytaan/maatila/kotielaimet/lihakarja>

RUPPEL, K. A., PITT, R. E., CHASE, L. E., GALTON, D. M., 1995. Bunker Silo Management and its Relationship to Forage Preservation on Dairy Farms. *Journal of Dairy Science* 78, 141–153.

SAARINEN, Asmo s.a. Nurmien rikkakasvitorjunnalla terveellistä ja tuottavaa nurmea [verkojulkaisu]. Julkaisussa: HEIKKINEN, Anne-Mari, PAKARINEN, Kirsi, PUNKKI, Pia, ROSSI, Anu, PUURUNEN, Tapani, SAIRANEN, Auvo ja VIRKAJÄRVI, Perttu. Pohjois-Savon nurmiopas [verkojulkaisu]. [Viitattu 2019-05-08.] Saatavissa: <https://portal.mtt.fi/portal/pls/mttdocspub/docs/F328498331/POHJOIS-SAVON%20NURMIOPAS%202007.PDF>

SAIRANEN, Auvo 2017. Maatilan säilörehusato kiloiksi [verkojulkaisu]. [Viitattu 2019-09-07.] Saatavissa: <http://euromaito.savonia.fi/images/Sairanen.pdf>

SAIRANEN, Auvo 2018a. Säilörehun tuotantokustannus kuriin. Käytännön maamies 5, 12–16.

SAIRANEN, Auvo 2018b. Säilörehun tuotantokustannus. JULKAISUSSA: KAJAVA, Sari (toim.) Euro-Maito-verkosto – tukea maidontuotannon resurssitehokkuuden ja kestävyiden kehittämiseen. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 26/2019. Helsinki: Luonnonvarakeskus, 17.

SEPPÄLÄ, Arja 2014. Säilöntähaasteiden hallinta [verkkajulkaisu]. MTT. Kotieläintuotannon tutkimus. [Viitattu 2019-04-02]. Saatavissa: https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/481143/Sepp%C3%A4l%C3%A4_s%C3%A4il%C3%B6nn%C3%A4n%20perusteet%20lampureille_2013.pdf?sequence=1

SIPILÄ, Anna ja SAARISALO Eeva 2006. Rehun säilöntä [verkkajulkaisu]. MTT. Kotieläintuotannon tutkimus. [Viitattu 2019-03-26]. Saatavissa: http://www.nurmiyhdistys.fi/Nurmitieto/NT_3-1-1.pdf

SIRKJÄRVI, Tiina 2013. Säilörehuhävikki. Mitä se on ja miten se voidaan välttää? [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-10-01.] Saatavissa: https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/sailoreuhavikki_juha_nousiainen.pdf

SJAUNJA, L. O., BAEVRE, L., JUNKKARINEN, L., PEDERSEN, J. ja SETÄLÄ, J. 1990. A Nordic proposal for an energy corrected milk (ecm) formula. Julkaisussa: Performance recording of animals: State of the art 1990. PUDOC: Wageningen, Alankomaat.

SUOKANNAS, Antti, NYSAND Matts ja NISKANEN, Heikki 2010. Korjuumenetelmät. Julkaisussa: PELTONEN, Sari, PUURUNEN, Tapani ja HARMOINEN, Taina (toim). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. 132. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten liitto, 77.

SUOKANNAS, Antti 2017. Nurmisadon mittaamisen käytäntö ja nykyteknologia [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-03-23.] Saatavissa: <https://docplayer.fi/45040810-Nurmisadon-mittaamisen-kaytanto-ja-nykyteknologia-antti-suokannas-vihrea-teknologia-automatisaatio-ja-digitaaliset-ratkaisut.html>

TOIVAKKA, Minna 2010. Säilörehun kuiva-ainesadon arviointi. Julkaisussa: PELTONEN, Sari, PUURUNEN, Tapani ja HARMOINEN, Taina (toim). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. 132. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten liitto, 74–75.

TTS s. a. Säilörehun säilönnällinen laatu. Automaattilypsyä tehokkaasti [tietokortti]. [Viitattu 2019-09-28.] Saatavissa: https://www.tts.fi/files/385/AMS-TIETOKORTTI_2_sa_ilo_rehu.pdf

TTS 2014. Karjanhoitotyön tuottavuus automaattilypsytiloilla [verkkajulkaisu]. Työtehosteuran tutkimustiedotteita 4/2016. [Viitattu 2020-01-03.] Saatavissa: https://www.tts.fi/files/1542/Karjanhoitotyön_tuottavuus_automattilypsytiloilla.pdf

VALIO s.a. Meijeri ja ruokatalo. [Viitattu 2020-01-22.] Saatavissa: <https://www.valio.fi/yritys/>

VALLINHOVI, Sari s.a. Säilöntäaineet, niiden annostelu ja levitystasaisuus [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2020-01-23.] Saatavissa: https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/nurmestatulostietokortti_17_sailontaaineet_niiden_annostelu_ja_levitystasaisuus.pdf

VAN SCHOOTEN, Herman ja PHILIPSEN, Bert 2012. Grass silage management affecting greenhouse gas emissions and farm economics [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-03-10.] Saatavissa: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/265367>

VIINIKAINEN, Matti 2013. Mikä on syönti-indeksin arvo? [verkkajulkaisu]. ProAgria Keski-Suomi: ProAgria Maito -valmennus 05.09.2013. [Viitattu 2019-10-22.] Saatavissa:

https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/mika_on_syonti_indeksin_arvo_viinikainen_1.pdf

VIITALA, Hannu 2019-03-19. Lehtori [ONT aloituskokous zoom -yhteydellä]. Kuopio.

VIITALA, Hannu, KÄRKKÄINEN, Leena ja KEKKONEN, Piia. Tilamallit [verkkodokumentti]. [Viitattu 2019-03-21.] Saatavissa: <https://maatila2020.savonia.fi/images/talous/kannattavuus/julkaisut/Tilamallit.pdf>

VILKKA, Hanna s. a. Tutki ja mittaa [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-09-27.] Saatavissa: <http://hanna.vilka.fi/wp-content/uploads/2014/02/Tutki-ja-mittaa.pdf>

VILKKA, Hanna 2015. Tutki ja kehitä. 4., uudistettu painos. Jyväskylä: PS-kustannus.

VILPAS, Pertti s.a. 1. Kvantitatiivinen tutkimus [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-10-12.] Saatavissa:

<https://users.metropolia.fi/~pervil/kvantsu/Moniste.pdf>

VIRKAJÄRVI, Perttu, PAKARINEN, Kirsi, HYRKÄS, Maarit ja SUOMELA, Raija 2012. Rikkakasvien torjunta nurmivuosina [verkkajulkaisu]. Julkaisussa: Karpe -hanke 2009–2012. Päätösjulkaisu Nurmesta se kaikki lähtee! [Viitattu 2019-05-08.] Saatavissa: <http://www.karpe.fi/materiaalit/karpekir->

[jasto/paatosjulkaisu.pdf](http://www.karpe.fi/materiaalit/karpekir-jasto/paatosjulkaisu.pdf)

WILKINSON J. M. ja DAVIES D. R. 2012. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. *Grass and Forage Science* 68 (1), 1–19.

WOOLFORD, M. K. 1990. The detrimental effects of air on silage. *Journal of Applied Microbiology* 68 (2), 101–116.

WOOLFORD, M.K., HONIG, H. ja FENLON J. S. 1977. Untersuchungen ueber aerobe Umsetzungen in Silage mit Hilfe einer Labortechnik. *Das wirtschaftseigene Futter* 23, 10–22.

LIITE 1: KYSYMYPATTERISTO

KYSYMYPATTERISTOT

Kysymyspatteriston avulla on tarkoitus selvittää hävikkirehumääriä sekä tilakohtaisia selittäviä tekijöitä hävikin syntymiselle. Kysymyspatteristojen aiheet ovat: rehun hävikit, rehun käyttö ja rehun korjuu. Kussakin patteristossa on aluksi selvitetty, mitä vuotta kysymyspatteriston kysymykset koskevat (2018/2019).

Rehun hävikit, ruokintakausi 2018-2019**Rehusäilöiltä syntyneet hävikit:**

1. Arvioikaa rehusäilöjenne **syöttönopeutta** rehusäilökohtaisesti. Monenko metrin matkalta säilörehua syötettiin viikossa säilörehusäilöstä (m/vk)?

SIILO A:

SIILO B:

SIILO C:

SIILO D:

AUMA A:

AUMA B:

2. Arvioikaa siiloilta/aumalta poistetun syöttökelvottoman rehun määrää yhteensä tonneina (tn), tai rehusäilökohtaisesti (siilo/auma), mikäli tämä on mahdollista. Arvioikaa paalirehun hävikki prosentteina (%).

yhteensä tn:

tai eriteltyinä:

paalirehu, hävikin osuus prosentteina (%):

3. Syöttökelvottoman rehun **erottelun tarkkuus** tilallanne. Kuvaillkaa, kuinka tarkkaan erottelette rehusta pilaantuneet kohdat pois tunkioon tms.? Esimerkiksi, kaikki epäpuhtaudet erotellaan, eikä esim. homeista rehua saa päätyä ruokintapöydälle.

4. **Rehun lämpeneminen ja erottelun syyt.** Ilmoittakaa rehusäilökohtaisesti havaittuko rehun lämpenemistä syöttöreunassa sekä syntyikö rehusäilöistä syöttökelpotonta rehua. Lisäksi ilmoittakaa syyt syöttökelpottoman rehun syntymiselle.

JOKAISALLE REHUSÄILÖLLE OMA

a. Rehun syöttöreunassa havaittiin lämpenemistä

- x. ei
- x. kyllä ja lämpeneminen oli
 - a. kausittaista, ohimenevää
 - b. jatkuvaa

b. Rehua poistettiin rehusäilöiltä

(VOI VALITA USEITA)

- x. kun siilo avattiin
- x. rehun syöttöreunasta; syy
 - a. kausittainen lämpeneminen
 - b. jatkuva lämpeneminen
 - c. näkyvät mikrobikasvustot (esim. home)
 - d. rehun väri muuttunut ruskeaksi/tummanruskeaksi
 - e. myy syy, mikä?
 - ja määrä;
 - i. vähän, n. kerran kuukaudessa
 - ii. kohtalaisesti, n. kerran viikossa
 - iii. paljon, lähes joka kerta rehua otettaessa
- x. rehun päältä säilöntämuovin alta keskimäärin syvyydeltä cm: _____ ja syy;
 - a. kausittainen lämpeneminen
 - b. jatkuva lämpeneminen
 - c. näkyvät mikrobikasvustot
 - d. rehun väri muuttunut ruskeaksi/tummanruskeaksi
 - e. muu syy, mikä?
- x. reunoilta
 - a. kausittainen lämpeneminen
 - b. jatkuva lämpeneminen
 - c. näkyvät mikrobikasvustot
 - d. rehun väri muuttunut ruskeaksi/tummanruskeaksi
 - e. muu syy, mikä?
- x. pohjalta, _____ cm paksuudelta
- x. ei ollenkaan
- x. en muista, ei tietoa

Navetassa syntyneet rehutähteet 2018-2019

5. Paljonko navettaan on mennyt säilörehua syöttöön tn/pv?
6. Paljonko navetassa syntyi keskimäärin poistettavia rehutähteitä kg/pv?

Rehun käyttö 2018:

1. Mikä on tilanne poistolehmien keskiteuraspaino (kg)?
2. Mikä on karjanne päärotu (esim. Holstein, Ayrshire, Suomenkarja)?
3. Mitkä ovat karjanne muut rodut ja niiden osuudet karjassa? (*Tarkkuudeksi tähän riittää esimerkiksi 1/3 -osa karjasta Ay*).
4. Arvioikaa yliaruokinnan määrää tilallanne, esimerkiksi eläinten kuntoluokkaa arvioimalla (kuntoluokka ≥ 4) (esim. yksittäisiä tapauksia, 1/3 osa karjasta).

Rehun korjuu 2018

1. Mikä oli tilallanne säilörehunkorjuuketju vuonna 2018 ja tehtiinkö rehu tuoreena vai esikuivattuna säilörehuna?
2. Mikä oli säilörehun silpun pituus (cm)?
3. Mikä oli rehun keskimääräinen esikuivausaika (h)?
4. Säilörehussa käytetty säilöntäaine ja mahdolliset lisäaineet?
5. Rehun keskimääräinen korjuunopeus tn/h? Tai rehunteon siilokohtainen kesto (h)?
6. Siilon tiivistys. Millä koneilla siilojen tiivistys tapahtui? Jos mahdollista, merkitkää myös koneen paino (kg).
7. Mikä oli/arvioikaa säilörehunkorjuussa olevien rikkapitoisten (rikkoja $> 10-20\%$) alojen (ha) määrä? Mitä rikakasveja lohkoilla havaittiin?
8. Lannoitettiinko tilallanne nurmia lietteellä? Montako tn tai m³/ha ja kuinka monesti kesässä? Lietteenlevityskalusto?

LIITE 2: REHUHÄVIKKISEURANTA

TAULUKKO 1. Luke Kuopion Maaningan Halolan tutkimusyksikössä tehdyn säilörehuhäviikkiseurannan tulokset laakasiilosta numero 4.

	Nurmisäilörehu	Kokoviljasäilörehu	Yhteensä	Osuus sadosta, prosenttia
Sato, kg	119275	128750	248025	
Sato, kg ka	48903	50213	99115	100
Otettu syöttöön, kg ka	42007	49288	97859	98,7
Näkyvä reuhävikki siilolta, kg ka	6174	390	6564	6,6
Varastointihävikki, kg ka	722	535	1256	1,3
Navetasta syntynyt näkyvä reuhävikki, kg	4785	4397	9182	3,7

LIITE 3: TIETOKORTTI



SÄILÖREHUN KUIVA-AINENÄYTTEEN OTTAMINEN SIILOLTA TAI AUMALTA REHUNTEON YHTEYDESSÄ

Jotta säilörehusadon määrä kuiva-ainekiloina voidaan määrittää kuormakirjanpito- tai punnitusmenetelmällä, tarvitaan rehusta edustava kuiva-ainenäytteenotto rehunkorjuun yhteydessä. Kuiva-aineen määrittäminen voidaan tehdä lähettämällä näyte rehulaboratorioon tai kotikonstein esimerkiksi mikroaaltouunissa, hyötykasvikuivurissa, sähköuunissa tai pikamittarilla.*

Näytealat. Näytteen tulee edustaa mahdollisimman hyvin lohkolta korjattua satoa. Suurilta lohkoilta tai lohko-kohtaisen sadon määrittämiseksi tulisi jokaiselta lohkolta ottaa oma näyte. Mikäli tämä ei ole mahdollista, voidaan samantyyppiset, samana päivänä korjattavat pienet lohkot yhdistää samaksi näytteeksi. Kuitenkin aina kun kuiva-ainepitoisuus tai rehulaatu muuttuu, tulee ottaa uusi näyte. Esimerkiksi kasvilajien tai maalajin vaihtuessa tulee muodostaa omat näytteet. Kivennäismaista ja eloperäisistä maista tulisi ottaa omat näytteet.

Näytteenotto. Näytteen muodostavilta lohkoilta tulleista rehu-kuormista otetaan osanäytteet. Osanäyte kerätään siilolta tai aumalta. Näyte kerätään ainakin kahdesta eri kohdasta rehukasaa, mutta sen voi koostaa myös esimerkiksi 10 eri kohdasta rehukasaa (kuva 1), näytteen edustavuuden varmistamiseksi. Näyte kerätään pieneen pakastepussiin. Tärkeää on tehdä näytteenotto samalla tavalla läpi rehunkorjuun.

Osanäytteen säilytys. Kun näyte on kerätty pakastepussiin, tulee siitä puristaa ylimääräiset ilmat pois ja sulkea pussi tiiviisti. Näyte on hyvä toimittaa kylmäsäilytykseen kylmälaukuilla varustettuun kylmälaukuun tai jääkaappiin 15 minuutin kuluessa näytteenotosta näytteen laadun varmistamiseksi (kuva 2).

Näytteen valmistaminen. Osanäytteiden valmistuttua koostetaan varsinainen näyte. Osanäytteet puretaan esimerkiksi suureen astiaan tai pussiin, jossa ne on helppo sekoittaa. Osanäytteet sekoitetaan huolellisesti keskenään, jonka jälkeen varsinainen näyte otetaan näytepussiin. Näytepussista puristetaan ylimääräiset ilmat pois ja se suljetaan tiiviisti. Rehulaboratorioon lähtevän näytteen mukaan lisätään rehulaboratorion ohjeiden mukaisesti näytelähetteet.

Näytteen säilytys. Valmis näyte säilytetään kylmässä, esimerkiksi jääkaapissa. Näyte lähetetään tutkittavaksi tai kuiva-aine määritetään kotikonstein mahdollisimman pikaisesti.

Tulosten hyödyntäminen. Näytteiden kuiva-ainepitoisuuden perusteella voidaan säilörehun sato kuiva-aineena laskea. Näytealojen muodostamisesta on hyvä pitää tarkkaa kirjanpitoa, jotta näytetulokset tulevat kohdistetuksi oikein.

LÄHTEET.

* JUUTINEN, Elina. Nurmiraaka-aineen ja säilörehun kuiva-ainepitoisuuden määrittäminen

kasvikuivurilla. Saatavissa: http://www.karpe.fi/materiaalit/karpekirjasto/hvotv-kasvikuivuri_ohje.pdf

MÄKINIEMI, Kirsi 2019-05-12. Satotasomittaukset ja rikkakasvien vaikutus säilörehun säilöntäprosessiin [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Hertta Puustinen. Saatavissa: Kuopio.

SAIRANEN, Auvo ja JUUTINEN, Elina 2018. Säilörehuvaraston laatu selville jo kesällä! Saatavissa:

http://www.karpe.fi/materiaalit/karpekirjasto/sailorehuvuvaraston_laatu_selville_10_ksella.pdf

TOIVAKKA, Minna 2010. Säilörehun kuiva-ainesadon arviointi. Julkaisussa: PELTONEN, Sari, PUURUNEN, Tapani ja HARMONINEN, Taina (toim). Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. 132. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten liitto, 74–75.

KUVAT 1 & 2. Hertta Puustinen.



Kuva 1. Osanäytteen poiminta tapahtuu rehukasasta.



Kuva 2. Osanäytteitä voi säilyttää kylmälaukuilla varustetussa kylmälaukussa.

Näytteen laatu

Kylmäsäilytys ja ilmatiiviys ovat pääpointit näytteen laadun säilyttämiseksi.

Näytettä säilytettäessä avonaisessa astiassa, lisäksi pahimmillaan auringossa, näyte pääsee kuivumaan, jolloin näytteen kuiva-ainepitoisuus ei vastaa enää todellisuutta.

Rehunäytteen lämmitessä tapahtuu rehussa energia- ja kuiva-ainetappioita, jolloin näytteen kuiva-ainepitoisuus ei vastaa enää todellisuutta.

>> Kuiva-aineen virheellinen määrittäminen vääristää koko säilörehun satomäärän.