

Janne Keränen

## **Yhdistelmäpaalaus- ja noukinvaunukoneketjut vertailussa säilörehun korjuumenetelminä**

Case: Maatalousyritys Vanhapiha

Opinnäytetyö

Kevät 2017

SeAMK Elintarvike ja maatalous

Agrologi (AMK)

**SeAMK** 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Elintarvike ja maatalous

Tutkinto-ohjelma: Agrologi (AMK)

Suuntautumisvaihtoehto: Maatalousyrityksen liiketoiminta

Tekijä: Janne Keränen

Työn nimi: Yhdistelmäpaalaus- ja noukinvaunukoneketjut vertailussa säilörehun korjuumenetelminä – Case: Maatalousyritys Vanhapiha

Ohjaaja: Jussi Esala

Vuosi: 2017

Sivumäärä: 51

Liitteiden lukumäärä: 6

---

Opinnäytetyössä tutkittiin Kiuruvedellä sijaitsevalle maitotilalle vaihtoehtoista säilörehun korjuumenetelmää yrityksen tulevaa laajennusta ajatellen. Yrityksellä oli ennestään käytössä säilörehun korjuumenetelmänä yhdistelmäpaalaus. Tutkimukseen vertailtavaksi säilörehun korjuumenetelmäksi valikoitui noukinvaunukoneketju. Aiheesta tehtiin käytännön tutkimus kesällä 2015 ja tilalle vuokrattiin ja lainattiin tarvittavat koneet. Menetelmää tutkittiin työnmenekin ja -käytön sekä työtehon näkökulmista mittaamalla eri työvaiheisiin kuluneita aikoja. Lisäksi korjuumenetelmien silpun pituutta verrattiin keskenään.

Opinnäytetyön tulokset osoittivat, ettei noukinvaunukoneketju sovellu yrityksen tilusolosuhteisiin yhtä hyvin kuin yhdistelmäpaalaus. Yhdistelmäpaalainkoneketju todettiin työteholtaan noukinvaunukoneketjua paremmaksi. Koneketjuittain laskettu kokonaisaika sekä työvoiman tarve muodostuivat yhdistelmäpaalainkoneketjussa pienemmiksi. Noukinvaunukoneketjun työnmenekki todettiin olevan noin puolitoistakertainen yhdistelmäpaalainkoneketjuun nähden. Yhdistelmäpaalaimen tuntisäätö oli 2,0 hehtaaria tunnissa ja noukinvaunun vain 0,9 hehtaaria tunnissa. Noukinvaunun silppu oli yhdistelmäpaalaimen silppua tasalaatuisempaa.

Yrityksen nykyisessä säilörehun korjuumenetelmässä on useita ongelmia tulevaa laajennusta ajatellen. Eläinmäärän kasvaessa yritys siirtyy aperuokintaan. Paalirehun silppuaminen apevaunulla on hidasta ja kuluttaa vaunun koneistoa. Lisäksi säilörehun korjuualan määrä kasvaa, ja yhdistelmäpaalainkoneketju pitkittää korjuuta sekä heikentää rehun tasalaatuisuutta. Maatalousyrityksessä on jatkettava vaihtoehtoisen säilörehun korjuumenetelmän kartoittamista. Ajosilppurikoneketju on yksi varteenotettava vaihtoehto tulevaisuudessa, mutta sen tuomien korkeiden konekustannusten takia säilörehun korjuu olisi ulkoistettava.

Avainsanat: yhdistelmäpaalain, noukinvaunu, koneketju, korjuumenetelmä, työnmenekki, työnkäyttö, työteho

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Thesis abstract

Faculty: School of Food and Agriculture

Degree programme: Agriculture and Rural Enterprises

Specialisation: Business orientation

Author: Janne Keränen

Title of thesis: Comparing a combi baler and forage wagon machine chains as silage harvesting methods – Case study: Vanhapiha farm.

Supervisor: Jussi Esala

Year: 2017

Number of pages: 51

Number of appendices: 6

---

This thesis clarifies alternative silage harvesting methods for a dairy farm located in Kiuruvesi. The study was made because the farm is planning to carry out a production enlargement. The entrepreneurs are now making silage with a combi baler. The study examines a forage wagon machine chain's suitability to do silage harvesting at the farm and compares it with the combi baler machine chain. An experimental study was made in the summer of 2015. The farm hired or borrowed the needed machines. The silage harvesting methods' work efficiency was tested by timing the different operations and the length of the chopped straw.

The thesis showed that a forage wagon wasn't as suitable as a combi baler for the farm's lands. The work efficiency of the combi baler was better when measuring the total time and labor needed. The work efficiency of the forage wagon machine chain was about one and a half times less efficient than the combi baler machine chain's. The combi baler's work output was 2.0 hectares per hour and forage wagon's was 0.9 hectares per hour. The forage wagon's chopped straw was more homogeneous than the combi baler's.

There are many problems when making silage with the combi baler. With the enlargement the stock increases and the farm starts using mixed feeding. Silage stored in bales is slow when cutting it up and it damages the wagon. The harvesting area increases and baling prolongs the harvesting period and weakens the homogeneity of the silage. The farm continues to consider alternative methods for making silage. The forage harvester machine chain is one option in the future but it requires big financial costs and that is why it would be sensible to outsource silage harvesting then.

Keywords: forage wagon, combi baler, machine chain, work efficiency

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	8
1 JOHDANTO.....	9
1.1 Opinnäytetyön lähtökohta ja tavoitteet.....	9
1.2 Opinnäytetyön teoreettinen viitekehys.....	10
2 CASE-TILA.....	12
2.1 Maatalousyrityksen esittely.....	12
2.2 Suunniteltu laajennus lähtökohtana opinnäytetyölle.....	12
3 TOOREETTIINEN TAUSTA.....	14
3.1 Säilörehun korjuu ja sen haasteet laajentavassa maatalousyrityksessä ...	14
3.2 Silpun pituus, säilörehun tiivistäminen ja säilöntä.....	15
3.3 Työnkäyttö ja työteho.....	17
3.3.1 Säilörehun korjuu yhdistelmäpaalaimella.....	17
3.3.2 Säilörehun korjuu noukinvaunulla.....	18
3.4 Taloudellinen näkökulma.....	19
4 AINEISTO JA MENETELMÄT.....	21
4.1 Suunnittelu ja tutkimusvälineiden hankinta.....	21
4.1.1 Tutkimuslohkojen valinta.....	21
4.1.2 Koneet.....	24
4.1.3 Apuvälineet.....	27
4.1.4 Testipöytäkirjat.....	27
4.2 Toteutus.....	30
4.2.1 Tutkimusta edeltäneet työvaiheet.....	30
4.2.2 Noukinvaunukoneketju.....	30
4.2.3 Yhdistelmäpaalainkoneketju.....	32
4.3 Tulosten analysointi.....	32
5 TULOKSET.....	35

5.1 Kokonaistyönmenekki .....	35
5.2 Lohkokohtainen vertailu .....	35
5.3 Silpun pituuden vertailu .....	37
5.4 Työtehoerojen syyt.....	38
6 POHDINTA .....	40
LÄHTEET .....	43
LIITTEET .....	45

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Maatalousyrityksen peltolohkot ja valitut tutkimuslohkot.....	21
Kuva 2. Tutkimuslohkot.....	23
Kuva 3. Massey Ferguson 7495 ja noukinvaunu Krone 5XL keräämässä kuormaa. .....	24
Kuva 4. Massey Ferguson 6475, Massey Ferguson 7495, Krone 5XL - noukinvaunu sekä Hitachi Zaxis 130 -kaivinkone aumalla. ....	25
Kuva 5. Edessä Massey Ferguson 6475 ja yhdistelmäpaalain McHale Fusion 3. Taustalla Massey Ferguson 6455 ja OLA 2 -paalinkantolaite. ....	26
Kuva 6. Paalinajoa. ....	26
Kuva 7. Kuvassa A tutkimuksen apuvälineenä käytetty sekuntikello. Kuvassa B action-kamera. Kuvassa C traktorin ohjaamoon kiinnitetty testipöytäkirjojen kirjoitusalue. ....	27
Kuva 8. Tapa, jolla lohko korjattiin puoliksi noukinvaunulla ja yhdistelmäpaalaimella.....	31
Kuva 9. Kuvassa A. yhdistelmäpaalaimella ja kuvassa B. noukinvaunulla korjatun säilörehun silpun pituus. ....	37
Kuvio 1. Opinnäytetyön teoreettinen viitekehys. ....	11
Taulukko 1. Tutkimuslohkojen nimet, pinta-alat ja etäisyydet tilakeskukselta. ....	22
Taulukko 2. Yhdistelmäpaalaimen työnmenekin jakautuminen eri lohkoilla. ....	34
Taulukko 3. Työvaiheisiin kuluneet ajat koneketjuittain.....	35
Taulukko 4. Lohkokohtaisen vertailun lohkojen perustiedot.....	36

Taulukko 5. Säilörehun korjuukoneiden vertailu lohko kohtaisesti. .... 36

Taulukko 6. Koneketjujen työnmenekin vertailu lohko kohtaisesti. .... 37

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Työnkäyttö</b>	kertoo, mihin kaikkeen työaikaan käytetään.
<b>Työnmenekki</b>	ilmoittaa paljonko työaikaan kuluu tietyn työn tekemiseen.
<b>Työteho</b>	ilmaisee työskentelyn tehokkuuden.



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Opinnäytetyön lähtökohta ja tavoitteet

Opinnäytetyössä vertaillaan yhdistelmäpaalaus- ja noukinvaunukoneketjuja vaihtoehtoisina säilörehun korjuumenetelminä laajennusta suunnittelevassa maatalousyrityksessä, Vanhapihan tilalla. Maatalousyritys sijaitsee Pohjois-Savossa Kiuruvedellä. Yrityksellä on 38 lypsylehmää parsinavetassa. Nuorkarjansa yritys kasvattaa itse. Lisäksi yrityksellä on 100 lihasonnin kasvatuspaikkaa. Tällä hetkellä maatalousyrityksen rehunkorjuumenetelmänä on paalaus. Laajennuksen aloitusajankohdaksi suunnitellaan vuotta 2019. Laajennuksella maatalousyritys kasvattaa eläinmäärää 140:een lypsylehmään. Lypsyteknologiaksi valitaan automaattilypsy. Laajennuksen myötä maatalousyritys erikoistuu maidontuotantoon ja luopuu lihasonnien kasvatuksesta. Nuorkarjan maatalousyritys kasvattaa edelleen itse. Nykyinen tuotanto vaatii säilörehun korjuualaa noin 52 hehtaaria, jolta korjataan kaksi säilörehusatoa vuodessa. Laajennuksen jälkeen säilörehun korjuuala kasvaa noin 110 hehtaariin, jolta korjataan kaksi säilörehusatoa. Laajennuksen myötä eläinten ruokintamenetelmä muuttuu nykyisestä erillisruokinnasta seosrehuruokintaan.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, soveltuuko maatalousyrityksen säilörehun korjuumenetelmäksi noukinvaunukoneketju. Opinnäytetyö vastaa seuraaviin kysymyksiin:

- Mitkä ovat vertailussa olevien säilörehun korjuumenetelmien vahvuudet ja heikkoudet?
- Mikä on soveltuvin säilörehun korjuumenetelmä maatalousyrityksessä?

Tavoitteiden selvittämiseksi maatalousyrityksessä toteutetaan kokeellinen tutkimus, jossa vertaillaan noukinvaunu- ja yhdistelmäpaalainkoneketjun toimivuutta pääasiassa työnkäytön näkökulmasta. Kokeellisen tutkimuksen avulla selvitetään maatalousyrityksen tarpeisiin sopivin säilörehun korjuumenetelmä.

## 1.2 Opinnäytetyön teoreettinen viitekehys

Opinnäytetyön viitekehys koostuu ulkoisesta ja sisäisestä viitekehuksesta. Opinnäytetyön ulkoinen viitekehys koostuu säilörehun korjuumenetelmän valinnasta maatalousyrityksessä. Maatalousyrityksen kokoluokka määrittää, millainen säilörehun korjuumenetelmä on yrityksessä järkevää ja millaista konekantaan kannattaa ylläpitää ja mihin investoida. Korjuumenetelmä ja ruokintamenetelmä ovat kiinteässä yhteydessä toisiinsa. Korjuumenetelmät sitovat eri määrän työntekijöitä, joten yrityksen korjuumenetelmän valintaan vaikuttaa käytössä oleva työvoima tai halu hankkia sitä väliaikaisesti käyttöönsä. Ennen korjuukalustoon investoimista on pohdittava mahdolliset koneysteistyökumppanit tai urakoitsijan käyttö. Korjuumenetelmän valinnan on pohjauduttava taloudellisesti perusteltuihin päätöksiin. Yrityksen tilusolosuhteet vaikuttavat säilörehun korjuuketjun työtehoon ja menetelmän valintaan, koska niihin vaikuttaminen on erittäin kallista tai monesti jopa mahdotonta.

Opinnäytetyön sisäinen viitekehys muodostuu työnkäytöstä säilörehun korjuussa, joista opinnäytetyössä käsitellään noukinvaunukoneketjua ja yhdistelmäpaalainkoneketjua. Työnkäyttöön vaikuttaa merkittävästi etäisyys lohkoille, lohkon muoto ja koko sekä varastointiin kulunut aika. Eri korjuukoneiden läpäisytehot ovat erilaisia ja aikaansaavat eroja suhteessa muihin säilörehun korjuumenetelmiin. Säilörehun silpun pituus vaikuttaa useissa työvaiheissa. Silpun pituus siihen, miten tiiviisti rehu on mahdollista kuljettaa tilakeskukselle ja miten tiiviisti rehu varastoituu. Lisäksi silpun pituus vaikuttaa rehun varastointikustannukseen ja säilyvyyteen. Hyvin silputtu rehu on helppoa käsitellä ruokintaprosessissa ja se sekoittuu hyvin seosrehun muihin komponentteihin. Opinnäytetyön teoreettinen viitekehys on esitetty kaaviona kuviossa 1.

<b>Ulkoinen viitekehys</b>	<b>Sisäinen viitekehys</b>
= Säilörehun korjuumenetelmän valinta maatalousyrityksessä	= Työnkäyttö säilörehunkorjuussa
Maatalousyrityksen koko	Etäisyys lohkolle
Ruokintamenetelmä	Lohkon muoto ja koko
Käytössä oleva työvoima	Varastointiin kulunut aika
Kustannustekijät	Korjuukoneen läpäisyteho
Tilusolosuhteet	Silpun pituus

Kuvio 1. Opinnäytetyön teoreettinen viitekehys.

## 2 CASE-TILA

### 2.1 Maatalousyrityksen esittely

Maatalousyritys Vanhapiha sijaitsee Kiuruvedellä. Yrityksellä on parsinavetta, johon viimeisin laajennus on tehty vuonna 2003. Tällä hetkellä lypsylehmien lukumäärä on 38. Lisäksi yrityksellä on 100 lihasonnin lihakarjapihatto, joka on rakennettu vuonna 2008. Yrittäjät ovat suunnitelleet rakentavansa uuden kahden robotin pihaton, jolloin yrityksen lehmämäärä nousee 140:een. Laajennuksen aloitusajankohdaksi suunnitellaan vuotta 2019. Nykyinen parsinavetta muutetaan vasikoiden tarpeisiin sopivaksi ja sonninavetasta remontoidaan hiehonavetta. Laajennuksen myötä maatalousyritys erikoistuu maidontuotantoon. (Keränen 2016.)

Peltoa maatalousyrityksellä on 146 hehtaaria. Lohkojen keskikoko on 2 hehtaaria. Osa yrityksen peltolohkoista on huonon muotoisia. Maatalousyrityksen tilussuhteet ovat heikot. Pellot ovat hajallaan ja kaukana tilakeskuksesta. Lähimmät pellot, jotka ovat aivan tilakeskuksen läheisyydessä, hyödynnetään nykyisellään laiduntamiseen. Suurin osa pelloista on 3–6 kilometrin päässä tilakeskuksesta. Pelloista 33 hehtaaria ovat 12 kilometrin päässä ja 10 hehtaaria 18 kilometrin päässä. (Keränen 2016.)

Maatalousyrityksen säilörehun rehunkorjuumenetelmänä on paalaus. Nykyinen tuotanto vaatii säilörehun korjuualaa noin 52 hehtaaria, jolta korjataan kaksi säilörehusatoa vuodessa. Laajennuksen jälkeen säilörehun korjuuala kasvaa 110 hehtaariin, jolta korjataan kaksi säilörehusatoa. Laajennuksen myötä eläinten ruokintamenetelmä muuttuu nykyisestä erillisruokinnasta seosrehuruokintaan. (Keränen 2016.)

### 2.2 Suunniteltu laajennus lähtökohtana opinnäytetyölle

Opinnäytetyön lähtökohtana oli selvittää noukinvaunukoneketjun soveltuvuutta vaihtoehtoisena säilörehun korjuumenetelmänä maatalousyritykselle. Opinnäytetyön aihe nousi esiin, koska Vanhapihan yrityksellä on laajentamissuunnitelmia. Laajennuksen myötä säilörehun korjuuala noin kaksinkertaistuisi ja siksi nykyiselle

säilörehun korjuumenetelmälle haluttiin kilpaileva menetelmä. Nykyään yritys korjaa säilörehun yhdistelmäpaalaimella. Säilörehun korjuualan noustessa yli 100 hehtaariin yhtä rehusatoa kohti, kului yhdistelmäpaalaimella korjuuseen vähintään neljä päivää. Yrittäjät eivät halua sitoa paljon pääomaa koneisiin ja säilörehun korjuu halutaan hoitaa mahdollisimman pienellä työntekijämäärällä. Näistä syistä noukinvaunukoneketju valikoitui vaihtoehtoiseksi säilörehun korjuumenetelmäksi opinnäytetyössä. (Keränen 2016.)

Säilörehun korjuumenetelmä on kiinteässä yhteydessä käytettävään ruokintamenetelmään. Yrityksen uusi tuotantorakennus tulisi olemaan robottipihatto. Ruokinnallisesti on tärkeää, että säilörehu on tasalaatuista. Varsinkin robottinavetassa tämä on erityisen tärkeää. Robottinavetan eläimet käyvät itse lypsyllä. Jos rehu ei ole tasalaatuista tai vaihtelevuus on päivittäistä, sillä on vaikutusta lehmien lypsykäynteihin. Jos eläimet eivät käy omatoimisesti lypsyllä, maitotuotos heikentyy ja tämä lisää työn määrää navetassa. (Keränen 2016.)

Lehmämäärän lisääntyessä myös rehunkulutus kasvaa, joten rehunjakokoneiden kanssa ilmenee haasteita. Eläinten ruokinta vaihdettaisiin erillisruokinnasta seosrehuruokintaan. Seosrehu tehtäisiin traktorivetoisella seosrehuvaunulla. Seosrehuvaunulla pystytään käsittelemään helposti ja nopeasti suuria massoja säilörehua. Sen ansiosta lehmien päivittäinen rehuannos voidaan tehdä kerran päivässä. Säilörehun korjuumenetelmä vaikuttaa suuresti seosrehun sekoitusaikaan. Noukinvaunulla korjattu säilörehu on huomattavasti nopeammin hienonnettavissa valmiiksi seosrehuksi kuin paalirehu. (Keränen 2016.)

### 3 TEOREETTIINEN TAUSTA

#### 3.1 Säilörehun korjuu ja sen haasteet laajentavassa maatalousyrityksessä

Karjatiloilta käsitellään vuosittain muutamista sadoista tonneista muutamiin tuhansiin tonneihin säilörehua (Peltonen, Karttunen & Pentti 2004, 1). Suurien rehumäärien säilymisen ja ruokinnallisen laadun suhteen on oltava huolellisia, koska säilörehu on pääkomponentti lypsykarjan ruokinnassa ja tuotannon peruspilari maitotiloilla (Peltonen, Karttunen & Pentti 2003, 2). Suomen olosuhteissa eläinten ympärivuotinen laidunnus ei ole mahdollista. Useimmilla maitotiloilla eläimet ruokitaan ympärivuoden varastoidulla esikuivatulla säilörehulla. Säilörehun korjuussa nurmikasvusto niitetään, esikuivatetaan pellolla, mahdollisesti karhotetaan ja lopuksi korjataan varastoon tilakohtaisesti valitulla säilörehun korjuumenetelmällä. Nykyisin yleisimmät korjuumenetelmät ovat noukinvaunu-, paalaus- ja ajosilppurikoneketjut.

Laajentavan yrityksen on yleensä kasvatettava peltoalaa, jolloin myös säilörehun korjuun kustannukset ja työmäärä kasvavat. Pellon saatavuus tilakeskuksen läheisyydestä voi olla hankalaa. Laajennuksen myötä yrityksen tilusrakenne voi heikentyä, mikä merkitsee kasvavia siirtymä- ja kuljetusmatkoja. Säilörehun korjuutyön määrän hallinta, töiden organisointi ja korjuulogistiikka aiheuttavat laajentavissa maatalousyrityksissä merkittäviä haasteita. (Lätti, Tuure, Eskelinen & Räisänen 2014, 1.) Tilakohtaisesti järkevillä teknologisilla ja taloudellisilla valinnoilla pystytään alentamaan säilörehun korjuun yksikkökustannuksia ja parantamaan tuotannon kannattavuutta. Tästä syystä säilörehun korjuuketjun valinta edellyttää maatalousyrityksissä huolellista suunnittelua. (Peltonen ym. 2004, 1.)

Esikuivatun säilörehun käyttö vähentää merkittävästi logistisia kustannuksia säilörehunkäsittelyketjussa (Peltonen ym. 2004, 1). Korjuukapasiteetti kasvaa, kun turhan veden siirto pellolta varastoon vähenee, puristenesteen määrää pystytään vähentämään ja varastoitu rehu pysyy sulana (Harmoinen, Peltonen & Puurunen 2010, 77). Puristenesteen mukana säilörehusta menetetään ruokinnallista arvoa. Esikuivatun säilörehun puristenesteen erittyminen loppuu 28–30 % kuiva-ainepitoisuudessa. (Peltonen ym. 2003, 1.) Säilörehun korjuuketjun on oltava tehokas, sillä sääolosuhteet määrittävät säilörehun korjuuajankohtaa (Lätti ym. 2014, 1). Oikein

ajoitettu korjuu on merkittävä tekijä hyvänlaatuisen säilörehun saamiseksi, mutta rehukustannuksen pienentämiseksi on tavoiteltava myös hyvää kuiva-ainesatoa. Nurmirehun laatu on suoraan yhteydessä lypsylehmien maitotuotokseen. (Harmoinen ym. 2010, 71–72.)

Rehunkorjuuketjun pullonkaula muodostuu useimmissa maatalousyrittäjissä rehuvarastolle. Rehun kunnollisesta tiivistämisestä ei kuitenkaan saa tinkiä rehun laadun varmistamiseksi. Lohkojen ollessa hankalan muotoisia tai pieniä tai peltojen sijaitessa kaukana tilakeskuksesta korjuuketjun tehokkuus laskee ja rehun kuljetuksesta tai korjuusta muodostuu pullonkaula. (Peltonen ym. 2004, 1.) Pohjois-Savossa tilusolosuhteet ovat haastavat. Maakunnassa on paljon vesistöjä, metsiä, korkeuseroja ja kivisiä maita, jotka tekevät haastavaksi lohkon muodon ja koon optimoinnin.

Pohjois-Savossa sään puolesta sopivia korjuupäiviä ensimmäiselle säilörehusadolle on keskimäärin 5,2 vuorokautta ja toisen sadon korjuuseen 8,5 vuorokautta. Työtehoseuran mallinnuksen mukaan esimerkin kahden robotin tilalle ensimmäisen sadon korjuu täysin kuivana saataisiin tehtyä ainoastaan ajosilppurikonketjulla ja toisessa rehunkorjuussa myös yhdistelmäpaalainkonketjulla. Yhdellä noukinvaunukonketjulla sääriski kasvaa sopivien korjuupäivien puitteissa liian suureksi ja täysin kuivan säilörehusadon saamiseksi tarvittaisiin rinnalle toinen noukinvaunukonketju tai jokin muu säilörehun korjuumenetelmä. (Lätti ym. 2014, 8.) Karhottaminen lisää työtehoa ja mahdollistaa korjuukoneiden kapasiteetin maksimoinnin sekä korjuuseen kuluneen ajan lyhentämisen.

### **3.2 Silpun pituus, säilörehun tiivistäminen ja säilöntä**

Säilörehun korjuussa lyhyempi ja tasaisempi silpun pituus mahdollistaa, että rehua menee enemmän noukinvaunuun tai paaliin. Näin säilörehun korjuu tehostuu. Siilolla ja rehuaumalla lyhyt silpun pituus helpottaa ja nopeuttaa kuorman tasoittamista ja painottamista. Huolellisesti tiivistetty säilörehu säilyy hyvin ja vähentää varastotilan tarvetta. Lyhyt silpun pituus vaikuttaa ruokinnassa niin, että säilörehu sekoittuu lyhyemmässä ajassa muihin rehukomponentteihin. (Suokannas 2013, 48.) Näin ruokinta on vaivattomampaa ja kuluttaa vähemmän rehunjakokoneita.

Teoreettinen silpun pituus oli opinnäytetyössä käytetyssä noukinvaunussa 3,7 senttiä ja yhdistelmäpaalaimessa noin 4,5 senttiä (Krone ZX-monitoimirehuvaunut 2013, 30; Paalainkäärimet/Combi, [viitattu 2.4.2017]). Paalaimessa teriä on vähemmän kuin noukinvaunussa (Harmoinen ym. 2010, 80) ja paalaimen sulloja kapeampi kuin noukinvaunun. Terävälit ovat paalaimessa ja noukinvaunussa yleensä yhtä suuret, mutta noukinvaunun suuremman läpäisytehon vuoksi terien läpi liikkuu koko ajan suurempia rehumassoja, joten korsi silppuuntuu tehokkaammin eikä pääse ohittamaan teriä.

Auman tiivistymiseen vaikuttavia tekijöitä ovat tiivistävän koneen paino, tiivistämisaika rehutonna kohti, rehukerroksen paksuus, rehun kuiva-ainepitoisuus, rehusilpun pituus ja rehukasan korkeus (Suokannas 2013, 13; Harmoinen ym. 2010, 84). Tiivistystyötä voidaan tehostaa käyttämällä useampaa tiivistyskonetta, lisäämällä tiivistämiskoneen painoa ja tiivistämällä ohuita kerroksia kerrallaan (Harmoinen ym. 2010, 84). Siilon tiiviyden tavoitteeksi tulisi asettaa vähintään  $220 \text{ kgka/m}^3$  (Suokannas 2013, 75).

Kun säilörehu on tiivistetty siiloon tai aumaan, tulee säilörehu peittää muovilla. Muutoin rehumassa alkaa lämmetä. Nurmirehun säilyvyys perustuu esikuivatulla säilörehulla (kuiva-aineprosentti 25–45 %) alhaiseen pH-tasoon, silppuamiseen, tiivistämiseen ja peittelyyn, hapettomiin olosuhteisiin sekä säilöntäaineisiin. Käytännössä lämpeneminen tarkoittaa ravintoainetappioita. Tämä johtuu siitä, että nurmen entsyymitoiminta jatkuu, mikä kuluttaa säilörehun sokeri- ja valkuaisvaroja. Samalla ammoniakkin erityy kasvaa ja pH nousee sekä todennäköisyys haittamikrobien yleistymiselle kasvaa. Haittamikrobit kiihdyttävät ravintoainetappioita, laskevat rehun syöntiä sekä ovat riski terveydelle ja maidon laadulle. Siksi tätä tapahtumaa on pyrittävä vastustamaan. (Harmoinen ym. 2010, 88.)

Markkinoilla on rehun säilöntään tarjolla happopohjaisia ja biologisia säilöntäaineita. Annostelutarkkuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Säilöntäaineen kulutus nähdään annostelulaitteen näytöltä tai arvioidaan annostelutavoitteen ja kuluneen säilöntäaineen määrän vertaamisella, rehun painon selvittämällä sekä ajonopeuden avulla. Säilöntäaine pitää levittää rehumassaan mahdollisimman tasaisesti. Säi-



lörehun varastointitappiot ovat noin 5–15 %. (Harmoinen ym. 2010, 73, 82.) Rehuanalyyseillä voidaan todeta säilörehun laatu ja arvioida tältä kannalta korjuutyön onnistumista.

Kasvuasteeltaan nuori nurmikasvusto tiivistyy siilossa vanhaa nurmea vaivattomammin, mutta tarvitsee enemmän säilöntäainetta. Tämä johtuu siitä, että nuoressa nurmessa on korkea valkuais- ja kivennäisainepitoisuus, mikä puskuroi eli hidastaa pH:n laskua. Voimakas typpilannoitus heikentää rehun säilyvyyttä alentamalla sokeripitoisuutta ja nostamalla pH:n puskurikapasiteettia. (Harmoinen ym. 2010, 76.)

### **3.3 Työnkäyttö ja työteho**

Lohkon koolla ja muodolla on vaikutusta lohkolla käytettävään työaikaan ja ne vaikuttavat merkittävästi lohkon viljelykustannuksiin. Pienikokoisilla ja epäsäännöllisillä lohkoilla nykyaikaisella konekalustolla toimiminen on hankalaa ja lohkolla kulutettu aika sisältää enemmän ei-tehollista työaikaa, kun ajonopeus hidastuu ja reuna- ja päisteajo lisääntyy. (Klemola, Kaila, Karttunen, Laaksonen & Kirkkari 2002, 1–3.) Myös esimerkiksi avo-ojitus lisää työnmenekkiä (Peltonen ym. 2003, 6).

Ajotekniikalla voidaan vaikuttaa lohkolla kuluvaan työaikaan. Viljelysuuntaan nähden pitkänomaiset lohkot ovat työnkäytön kannalta järkeviä. Jos suorakaiteen muotoinen lohko jaetaan keskeltä kahtia muodostaen kaksi kolmion muotoista lohkoa, kasvaa työnmenekki yhtenäiseen lohkoon verrattuna 6–25 % riippuen viljelykasvista ja jaettavan lohkon koosta. Lohkokoon ja -muodon tulisi vaikuttaa myös viljelykasvin valintaan, sillä erikoiskasveilla työnmenekki on moninkertainen viljan viljelyyn verrattuna. (Klemola ym. 2002, 1–3.) Pienikokoiselle tai heikon muotoiselle lohkolle ei siis kannata valita työläitä viljelykasveja.

#### **3.3.1 Säilörehun korjuu yhdistelmäpaalaimella**

Yhdistelmäpaalainkoneketju sitoo kaksi kuljettajaa. Toisen kuljettajan yhdistelmäpaalaimelle ja toisen paalien siirtämiseen. (Harmoinen ym. 2010, 79.) Työt voidaan

organisoida myös niin, että koneketju työllistää vain yhden henkilön, joka tekee molemmat työvaiheet. Tällöin korjuuprosessi pitkittyy. Opinnäytetyössä käytetyn yhdistelmäpaalaimen teoreettinen työsaavutus on 50–60 paalia tunnissa (Paalainkäärimet/Combi, [viitattu 2.4.2017]). Yhdistelmäpaalaimia on kahdenlaisia: muuttuvakammioisia ja kiinteäkammioisia. Muuttuvakammioisessa paalaimessa paalin koko on säädettävissä, mutta kiinteäkammioisessa paalaimessa paalin kokoa ei voi muuttaa. Parasta säilörehua saadaan silppuavalla paalaimella. Ajonopeus tulee valita siten, että paalaimen läpäisyteho on käytössä lähes maksimaalisesti. Kun sullojan läpi menee tasaisesti suuri rehumassa, saadaan mahdollisimman lyhyttä silppua, mikä mahdollistaa tiiviin paalin.

Yhdistelmäpaalainkoneketjussa paalit on helppo varastoida pellon reunalle ja ajoittaa niiden siirto sesongin ulkopuolelle. Siirto ei riipu edes vuodenajasta. Siirtoon on valittavissa monenlaisia menetelmiä kuten suuret paalikärryt tai rekkakuljetukset. Paalin tilavuuspaino on aina huomattavasti korkeampi kuin muissa säilörehun korjuuvaihtoehtoissa. Paalien kuljetuksen työnmenekkiin vaikuttavat paalin paino, paalinsiirtovaunun koko, siirtonopeus, siirtomatka sekä lastaus- ja tyhjennysnopeudet. Myös kuormaustaktorin ominaisuuksilla ja satotasolla on vaikutusta. (Lätti ym. 2014, 9–11.)

### **3.3.2 Säilörehun korjuu noukinvaunulla**

Noukinvaunukoneketju on tehokas korjuumenetelmä, kun kuljetusetäisyydet ovat lyhyet. Työsaavutus heikentyy kuitenkin nopeasti kuljetusetäisyyden kasvaessa. Työtehoon säilörehun korjuussa noukinvaunulla vaikuttavat lohkoetäisyyksien lisäksi ajonopeus, pellon koko ja muoto, valitut työkoneet ja niiden kapasiteetti. (Lätti ym. 2014, 1–2, 4). Noukinvaunu sitoo kuljettajansa lisäksi tiivistäjän siilolla. Noukinvaunukoneketjun kapasiteetti on 1,5–2 hehtaaria tunnissa alle kahden kilometrin yhdensuuntaisella kuljetusmatkalla. (Harmoinen ym. 2010, 79.) Noukinvaunulla korjattu säilörehu säilötään siiloon tai aumaan tilakeskukselle. Noukinvaunu kuluttaa runsaasti vetotaktorin tehoa. Noukinvaunun tehontarpeeseen vaikuttavat ajono-

peus, karhon koko, sulojan ominaisuudet sekä terien määrä, rakenne ja kunto. Nykyisin lähes kaikki noukinvaunut ovat roottorisulojalla varustettuja. (Esala, [viitattu 26.3.2017], 14–15.)

Lyhyillä siirtoetäisyyksillä noukinvaunun työteho on hyvä, mutta se heikkenee etäisyyksien kasvaessa. Korjuun kustannus ei poikkea eri vaunukokojen osalta merkittävästi lyhyillä kuljetusmatkoilla, mutta suurempiin vaunuihin tarvitaan aina tehokkaampi traktori eteen. (Suokannas 2013, 23.) Isompaa vaunua puoltavat esimerkiksi suuren korjuualan tilanteessa rehun laatutekijät, mutta toisaalta pienempää vaunua taas pellon pienempi tiivistymisvaikutus (Lätti ym. 2014, 11, 13). Pienintä mahdollista silppua saadaan, kun sulojan läpi kulkee tasaisesti tarpeeksi suuri rehumassa.

### **3.4 Taloudellinen näkökulma**

Onnistunut säilörehun korjuu edellyttää maatalousyrityksissä pitkälle tulevaisuuteen ulottuvia taloudellisia panostuksia (Peltonen ym. 2003, 1). Laajentavilla tiloilla on mietittävä tarkkaan, onko yrityksessä resursseja tarpeeksi oman säilörehun korjuukoneketjun tai edes sen osien ylläpitämiseen ja onko se ylipäättään kannattavaa. Yksikkökustannukset alenevat korjuussa merkittävästi korjattavan rehualan kasvaessa. (Peltonen ym. 2004, 1, 3.) Mitä suuremmilla koneilla säilörehua korjataan, sitä tehokkaammin säilörehun korjuu tapahtuu. Tehokkaammat säilörehun korjuukoneet kuluttavat enemmän polttoainetta. Polttoainekustannus tulee suhteuttaa korjattuihin säilörehutonneihin, että tulokset ovat vertailukelpoisia. Polttoaineen kulutus vaikuttaa säilörehun korjuukustannuksiin. Suuret koneet aiheuttavat suuremman vetovastuksen sekä vaativat vetotraktorilta enemmän painoa ja voimaa. Suomen maatalousyritysten kokoluokassa usein järkevämpiä vaihtoehtoja ovat yhteiskoneet tai urakoitsijan käyttö.

Vaikka säilörehun laatu on kiinteästi yhteydessä eläinten maitotuotokseen, ei esimerkiksi D-arvon maksimointiin kannata panostaa ylimäärin, sillä tämä saattaa edellyttää omaa rehunkorjuukoneketjua ja kalliita rehuntuotantokustannuksia. Maidontuotantotilat, joiden säilörehun D-arvo on korkea, tuottavat rehua teknisesti tehokkaasti. Keskimääräistä kustannustehokkaammilla maitotiloilla säilörehun D-arvo jää

kuitenkin alemmalle tasolle. On aina tilakohtaisesti mietittävä, miten pystytään toimimaan kustannustehokkaasti tuotantopanoshintojen tai säilörehun D-arvojen muuttuessa. (Sipiläinen & Ovaska 2012, 29.)

Halvinta säilörehua esimerkiksi Karhulan (2012, 49–50) mukaan tehtiin 38 m<sup>3</sup>:n noukinvaunu 180 lehmän maatalousyrityksessä. Kalleinta säilörehua tehtiin 60 lehmän maatalousyrityksessä ajosilppuriketjulla. Työssä vertailtiin 38 ja 50 m<sup>3</sup>:n noukinvaunukoneketjuilla, ajosilppurikoneketjulla ja paalainkäärijäyhdistelmällä korjatun säilörehun kustannusta 100:a maitokiloa kohden 40 ja 50 päivän korjuuvälillä. Tutkimuksen oletuksena oli, että ajosilppuri ei joudu odottamaan kuljetuskalustoa. Kun tilakoko suurenee, kuljetuskapasiteetin tarve ajosilppuriketjussa lisääntyy peltojen etäisyyksien kasvaessa. Eri koneketjut eivät olleet suoraan vertailukelpoisia keskenään tutkimuksessa, sillä laskelma ei huomionnut eri ketjuilla korjatun säilörehun laatueroja. (Karhula 2012, 34, 49–50.) Sidontaverkko ja muovikustannus yhdistelmäpaalauksessa muodostavat moninkertaisen kustannuserän siilomuoviin verrattuna (Peltonen ym. 2004, 1).

## 4 AINEISTO JA MENETELMÄT

### 4.1 Suunnittelu ja tutkimusvälineiden hankinta

#### 4.1.1 Tutkimuslohkojen valinta

Tutkimukseen valittiin viljelykierrossa säilörehunurmella olleista lohkoista 14 lohkoa. Valinnassa huomioitiin, että valitut lohkot edustaisivat mahdollisimman hyvin ja monipuolisesti maatalousyrityksen tilusolosuhteita. Kuvassa 1 näkyvät lähes kaikki maatalousyrityksen lohkot ja valittujen tutkimuslohkojen sijainnit. Kuvasta puuttuu noin 15 hehtaaria, jotka ovat omistajansa tilatunnuksen alla eivätkä näy kuvassa.



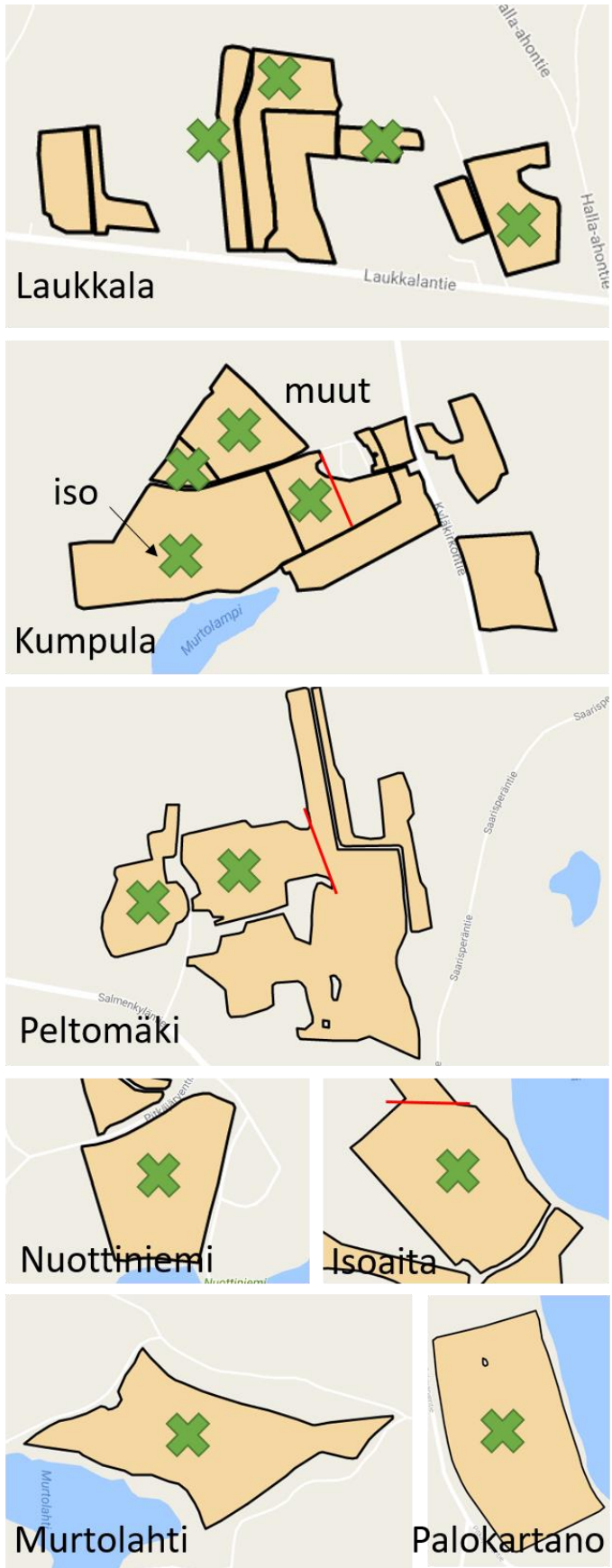
Kuva 1. Maatalousyrityksen peltolohkot ja valitut tutkimuslohkot. (Peltolohkot 2016).

Tutkimuksessa mukana olleiden peltolohkojen yhteispinta-ala oli 32,29 hehtaaria. Taulukossa 1 esitetään tutkimuslohkojen nimet, pinta-alat ja etäisyydet tilakeskuksesta. Tutkimuksessa käytetyt testipöytäkirjat oli laadittu kahdeksalle lohkokoryhmälle taulukon 1 mukaisesti. Laukkala sisälsi neljä lohkoa. Kumpula (muut) sisälsi kolme lohkoa. Peltomäki sisälsi kaksi lohkoa. Kumpula (iso), Palokartano, Nuottiniemi, Isoaita ja Murtolahti olivat yksittäisiä lohkoja. Tutkimuslohkojen etäisyydet tilakeskuksesta vaihtelivat 1,4 kilometristä 18 kilometriin.

Kuvassa 2 esitetään tutkimuslohkot. Kuvasta käyvät ilmi kahdeksan lohkokoryhmää, niiltä tutkimukseen valitut peltolohkot sekä lohkojen muodot. Tutkimuslohkot Laukkala ja Kumpula koostuvat useammasta kuin yhdestä lohkokosta. Kyseiset lohkot yhdistettiin tutkimukseen yhdeksi isommaksi lohkokoryhmäksi, koska alkuperäiset lohkot olivat niin pieniä, ettei yhdeltä lohkolta olisi saatu yhtä täyttä noukinvaunukuormaa. Lohkot oli helppo yhdistää isommaksi, koska ne ovat vierekkäin. Laukkalan ja Kumpulan lohkojen mukaan ottaminen tutkimukseen oli tärkeää, sillä ne ovat isoja peltokeskittymiä etäämpänä tilakeskuksesta.

Taulukko 1. Tutkimuslohkojen nimet, pinta-alat ja etäisyydet tilakeskuksesta.

<b>Nimi</b>	<b>Pinta-ala, ha</b>	<b>Etäisyys tilakeskuksesta, km</b>
Laukkala	5,45	18,0
Kumpula, iso	6,90	12,0
Kumpula, muut	4,79	12,0
Palokartano	2,24	5,6
Nuottiniemi	2,19	4,9
Peltomäki	2,92	4,8
Isoaita	3,80	2,7
Murtolahti	4,00	1,4
<b>Yhteensä</b>	<b>32,29</b>	



Kuva 2. Tutkimuslohkot. (Peltolohkot 2016).

#### 4.1.2 Koneet

Niittomurskaimet, joilla tutkimuksessa olleet lohkot niitettiin, olivat maatalousyrityksen oma Taarup 4236 sekä urakoitsijan Elho Duett 7300. Taarupin työleveys oli 3,6 metriä ja Elhon 7,3 metriä eli molempien niittomurskaimien karhossa oli heinää likimäärin sama määrä. Tutkimuslohkojen karhotuksen teki urakoitsija Elho V-Twin 750 -karhottimella, jolla yhdistettiin kaksi niittomurskaimen karhoa yhteen.

Noukinvaunukoneketjuun koneet lainattiin ja vuokrattiin. Noukinvaunun vetotraktorina oli vuosimalliltaan 2008 Massey Ferguson 7495, vaihteistona Dyna-VT eli portaattomalla voimansiirrolla oleva traktori, jossa oli noin 200 hevosvoimaa. Traktori saatiin koekäyttöön Kuopion Konekesko Oy:ltä. Noukinvaunu oli vuosimallin 2005 Krone 5XL, jossa oli Junkkari HP-2000 -hapotin. Noukinvaunu vuokrattiin Turun Konekeskus Oy:ltä. Kuvassa 3 ja 4 on esitetty noukinvaunukoneketjun koneita. Aumatyöskentelyn hoiti kaivinkoneurakoitsija Hitachi Zaxis 130 -kaivinkoneella. Maatalousyritys maksoi tutkimukseen kuluneet polttoaineet ja urakoitsijoiden kustannukset sekä noukinvaunun vuokran.



Kuva 3. Massey Ferguson 7495 ja noukinvaunu Krone 5XL keräämässä kuormaa.





Kuva 4. Massey Ferguson 6475, Massey Ferguson 7495, Krone 5XL -noukinvaunu sekä Hitachi Zaxis 130 -kaivinkone aumalla.

Yhdistelmäpaalainkoneketjun koneet olivat maatalousyrityksen omia. Yhdistelmäpaalaimen vetotraktorina oli vuosimalliltaan 2011 Massey Ferguson 6475, vaihteistona Dyna-6 eli Powershift-vaihdelaatikolla oleva traktori, jossa ohjelmoinnin jälkeen oli noin 195 hevosvoimaa. Yhdistelmäpaalain oli vuosimalliltaan 2013 McHale Fusion 3, jossa oli Junkkari HP20-hapotin. Paaliensiertotraktorina käytettiin vuosimalliltaan 2010 Massey Ferguson 6455, vaihteistona Dyna-6 eli Powershift-vaihdelaatikolla oleva traktori. Traktorissa oli Quicke 45 -etukuormaaja, jossa oli McHale:n paalipihti. Traktorin nostolaitteissa oli OLA 2 -paalinkantolaite, jolla pystyi kantaamaan kahta paalia kerralla. Paaliensiertoyhdistelmällä pystyi kaikkiaan siirtämään kolme paalia kerrallaan pellon varteen. Kuvassa 5 on esitetty yhdistelmäpaalainkoneketjun koneita. Paalienajotraktorina käytettiin samaa traktoria kuin paalauksessa. Paalit kuormattiin McHale-paalipihdillä. Paalikärrynä käytettiin Junkkari J-16 -yleisperävaunua, johon mahtui lavajatkon ansiosta 13 paalia. Kuvassa 6 on esitetty kuva paalinajosta.



Kuva 5. Edessä Massey Ferguson 6475 ja yhdistelmäpaalain McHale Fusion 3. Taustalla Massey Ferguson 6455 ja OLA 2 -paalinkantolaite.



Kuva 6. Paalinajoa.

### 4.1.3 Apuvälineet

Tutkimuksessa oli käytössä tavallinen sekuntikello sekä puhelimen sekuntikello. Puhelimen sekuntikellolla oli mahdollisuus ottaa väliaikoja, jotka näkyivät koko ajan ruudulla. Tutkimusta varten tehtiin traktorin hyttiin telineet kirjoituslustalle ja action-kameralle. Kirjoituslusta oli helpottamassa testipöytäkirjoille kirjaamista, sillä testipöytäkirjoja täytettiin reaaliajassa tutkimusta tehtäessä. Sony HDR-AS20 -action-kamera oli kiinnitettynä traktorin takaikkunaan. Se kuvasi traktorin taakse varmistukseksi, mikäli sekuntikelloajanotto epäonnistuisi. Kuvassa 7 esitetään tutkimuksessa käytetyt apuvälineet.



Kuva 7. Kuvassa A tutkimuksen apuvälineenä käytetty sekuntikello. Kuvassa B action-kamera. Kuvassa C traktorin ohjaamoon kiinnitetty testipöytäkirjojen kirjoituslusta.

### 4.1.4 Testipöytäkirjat

Jokaiselle työvaiheelle laadittiin oma testipöytäkirja. Testipöytäkirjoissa oli valmiit kohdat jokaiselle kirjattavalle ja mitattavalle asialle, jotta ne oli helppo kirjoittaa ylös työn ohessa.

Noukinvaunukoneketjun työvaiheita olivat:

- Säilörehun korjuu noukinvaunulla
- Säilörehun tiivistäminen aumalla
- Auman perustaminen ja peittäminen

Yhdistelmäpaalainkoneketjun työvaiheita olivat:

- Säilörehun paalaus yhdistelmäpaalaimella
- Paalien siirto pellonvarteen
- Paalien ajo tilakeskukselle

**Säilörehun korjuu noukinvaunulla** -testipöytäkirjan kirjattavia kohtia oli 14. Ensimmäiseksi kirjattiin päivämäärä, jona lohkon säilörehun korjuu suoritettiin. Lohkon aloituskellonaika tarkoitti aikaa, jolloin tilakeskuksesta lähdettiin hakemaan ensimmäistä kuormaa kyseiseltä lohkolta. Lopetuskellonaika kertoi, milloin lohkon viimeinen säilörehukuorma oli purettu aumalle. Myös lohkon nimi, jolta mittaukset tehtiin, kirjattiin ylös. Testipöytäkirja sisälsi kohdan, johon voi kirjata mahdollisiin valmistelutöihin menneen ajan ennen lohkolle siirtymistä. Valmistelutyöt sisälsivät esimerkiksi säilöntäainepullojen täytön ja sekoituksen. Lisäksi kirjattiin etäisyys lohkolle tilakeskuksesta, kuormien lukumäärä, päisteajokerrat sekä päisteajoajat sekunteina eli kuinka kauan meni aikaa vaihdettaessa karhoa. Tieajoajat minuutteina ja kuorman purkuajat sekä kuorman muodostusajat eli aika joka on mennyt kuorman keräämisessä. Lisäksi lohko-kohtaisissa testipöytäkirjoissa oli kohta muistiinpanoille sekä viimeisenä viivästyksille ja huomioille. Muistiinpanoihin laitettiin muistiin kuormakohtaisia kellonaikoja eri hetkinä. Muistiinpanojen tarkoituksena oli selventää jokaisen kuorman tieajo-, korjuu- ja purkuajoja. Säilörehun korjuu noukinvaunulla -testipöytäkirja yhdeltä lohkolta esitetään liitteessä 1.

**Säilörehun tiivistäminen aumalla** -testipöytäkirjaan kirjattiin päivämäärä, jolloin tiivistystyötä tehtiin. Lisäksi kirjattiin tiivistämiseen kulunut aika eri päivinä. Testipöytäkirjan lopussa oli kohta mahdollisille huomioille. Säilörehun tiivistäminen aumalla -testipöytäkirja esitetään liitteessä 2.

**Auman perustaminen ja peittäminen** -testipöytäkirjaan kirjattiin päivämäärä, jolloin auma perustettiin, siihen kulunut aika sekä henkilöiden lukumäärä, jotka työtä olivat tekemässä. Testipöytäkirjassa oli samat kohdat myös auman peittämiselle. Lopussa aumatyöt laskettiin yhteen. Auman perustaminen ja peittäminen -testipöytäkirja esitetään liitteessä 3.

**Säilörehun paalaus yhdistelmäpaalaimella** -testipöytäkirjan kirjattavia kohtia oli 15. Ensimmäiseksi kirjattiin päivämäärä, jona lohkon säilörehu korjattiin. Lohkon

aloituskellonaika tarkoitti aikaa, jolloin tilakeskuksesta tai edelliseltä lohkolta lähdettiin siirtymään kyseiselle lohkolle. Lopetuskellonaika kertoi, milloin lohko saatiin paalettua. Myös lohkon nimi, jolta mittaukset tehtiin, kirjattiin ylös. Testipöytäkirja sisälsi kohdan, johon voitiin kirjata mahdollisiin valmistelutöihin kulunut aika ennen lohkolle siirtymistä. Valmistelutyöt sisälsivät esimerkiksi säilöntäainepullojen täytön ja sekoituksen sekä käärintämuovirullien lastauksen. Lisäksi kirjattiin aika, joka kului lohkolle siirtymiseen tilakeskuksesta tai edelliseltä lohkolta, paalien lukumäärä, päisteajokerrat sekä päisteajoajat sekunteina eli kuinka kauan meni aikaa vaihdettaessa karhoa. Myös paikallaanoloajat kirjattiin testipöytäkirjaan, eli kauanko kului aikaa paalin verkottamisessa sekä sen siirtämisessä käärijälle. Paalinmuodostusaika sisälsi sen, kauanko verkotetun (ei vielä käärityn) paalin valmistumiseen meni aikaa. Tehokas paalinmuodostusaika puolestaan tarkoitti, kauanko aikaa kului, kun paalin muodostusajasta vähennettiin päisteajo. Lisäksi lohkoakohtaisissa testipöytäkirjoissa oli kohta mahdollisille käärintämuovirullien ja verkkorullien vaihtoajoille sekä viimeisenä kohta viivästyksille ja huomioille. Säilörehun paalaus yhdistelmäpaalaimella -testipöytäkirja yhdeltä lohkolta esitetään liitteessä 4.

**Paalien siirto pellonvarteen** -testipöytäkirjaan kirjattiin jokaisen lohkon nimi ja päivämäärä, jolloin työ tehtiin. Aloituskellonaika, jolloin lohkolle saavuttiin ja lopetuskellonaika, jolloin paalit saatiin siirrettyä lohkon reunaan, kirjoitettiin ylös. Lisäksi kirjattiin paalien määrä, minuutit kauanko lohkolta työskenneltiin sekä aika, joka kului lohkolle siirtymiseen tilakeskuksesta tai edelliseltä lohkolta. Paalien siirto pellonvarteen -testipöytäkirja yhdeltä lohkolta esitetään liitteessä 5.

**Paalien ajo tilakeskukselle** -testipöytäkirjan kirjattavia kohtia oli 9. Ensimmäiseksi kirjattiin jokaisen lohkon nimi ja päivämäärä, jona lohkon paalien ajo suoritettiin. Aloituskellonaika, jolloin tilakeskuksesta lähdettiin hakemaan ensimmäistä kuormaa kyseiseltä lohkolta ja lopetuskellonaika, jolloin lohkon viimeinen paalikuorma oli purettu tilakeskukselle, kirjoitettiin ylös. Lisäksi kirjattiin etäisyys lohkolle tilakeskuksesta, siirtymään kulunut aina meno- ja paluumatkalla, kuormausaika, purku-aika sekä kokonaisaika, joka yhden kuorman hakemisessa kului. Paalien ajo tilakeskukselle -testipöytäkirja yhdeltä lohkolta esitetään liitteessä 6.

## 4.2 Toteutus

### 4.2.1 Tutkimusta edeltäneet työvaiheet

Tutkimuslohkot niitettiin 13.8.2015. Lohkot niitettiin siten, että lohkolle tuli kuusi karhoa ympäri ja lohkon keskiosa viljelysuunnan mukaisesti. Karhotus tehtiin 14.8.2015. Lohkot karhotettiin siten, että kaksi niittomurskaimen karhoa yhdistettiin yhdeksi.

### 4.2.2 Noukinvaunukoneketju

Tutkimuksessa säilörehu korjattiin ensin noukinvaunulla. Säilörehuauma perustettiin 14.8.2015 tilakeskuksen viereiselle laidunlohkolle. Auman perustaminen tarkoitti muovin levittämistä auman alle. Auman alusmuovin koko oli 14m x 30m. Alusmuovin laittoon osallistui kolme työntekijää. Samana päivänä korjattiin noukinvaunulla kuusi ensimmäistä tutkimuslohkoa. Auman tiivistettiin 14.8. traktorilla. Loput kahdeksan tutkimuslohkoa korjattiin seuraavana päivänä, jolloin säilörehuaumaa tiivistettiin kativinkoneella. 16.8. viimeisteltiin vielä auman pinnan tiiviys traktorilla ennen auman peittämistä. Säilörehuauman peitettiin 16.8.2015. Muovin koko oli 14m x 30m. Auman reunat painotettiin sähkötolpilla ja hiekalla sekä päällystä hiekalla ja autonrenkailla. Hiekka ripoteltiin traktorin kauhalla. Peittämiseen osallistui kolme työntekijää. Seuraavissa kappaleissa on kerrottu tarkemmin säilörehun korjuusta noukinvaunulla.

Ennen ensimmäiselle lohkolle lähtöä säilöntäainepulloihin tehtiin säilöntäaineseos. Säilöntäaineena käytettiin Lactosil-biologista säilöntäainetta. Kun noukinvaunulla lähdettiin hakemaan ensimmäistä kuormaa lohkolta, kirjattiin kellonaika testipöytäkirjaan sekä laitettiin sekuntikello (tavallinen) päälle. Pellolle saavuttua otettiin sekuntikellosta aika ylös, että saatiin siirtymäaika muistiin. Lohkon säilörehun korjuu suoritettiin siten, että ajettiin ensin sisimmäisin reunakarho ja vähän yli puolet keskimmäisestä karhosta. Kun noukinvaunukoneketjulle kuuluva osa reunakarhoista oli kerätty, alettiin kerätä viljelysuunnan mukaisesti niitettyjä, keskiosan, karhoja. Lohkon keskiosa korjattiin siten, että alettiin kerätä toisesta reunasta lohkoa ja ajettiin

joka toinen karho. Korjattaessa joka toinen karho, saatiin lohko korjattua puoliksi noukinvaunulla ja jäljelle jäivät karhot, jotka myöhemmin paalattiin. Kuvassa 8 esitetään tapa, jolla lohko korjattiin puoliksi noukinvaunulla ja yhdistelmäpaalaimella. Vaaleanvihreät karhot korjattiin noukinvaunulla ja tummanvihreät yhdistelmäpaalaimella. Noukinvaunulla kerättiin ensin sisin reunakarho, ettei se olisi tiellä kerätessä viljelysuunnan mukaisesti niitettyjä karhoja.



Kuva 8. Tapa, jolla lohko korjattiin puoliksi noukinvaunulla ja yhdistelmäpaalaimella.

Puhelimen sekuntikello oli päisteajoaikojen ja mahdollisten viivästysten kellottamista varten. Jokaiselta tutkimuslohkolta mitattiin useita kertoja päisteajoon kulunut aika. Päisteajoaika tarkoitti sitä, että karhon loppuessa, puhelimen sekuntikello laitettiin päälle ja saavuttaessa seuraavan karhon alkupäähän, kello sammutettiin ja säilörehunkorjaaminen jatkui. Päisteajoaika oli aika, jolloin noukkimelle ei tullut karhoa.

Kuorman täytyttyä otettiin jälleen aika (tavallisesta) sekuntikellosta muistiin, että saatiin tilakeskukselle siirtymiseen kulunut aika kirjattua testipöytäkirjaan. Tilakeskukselle saavuttaessa katsottiin sekuntikellosta, kauanko aikaa siirtymässä kului. Kun kuorma saatiin purettua aumalle, sekuntikello lopulta sammutettiin ja taas aika kirjattiin testipöytäkirjaan. Jokaisella kuormalla kulunut aika mitattiin samalla tavalla. Kun lohkon viimeinenkin kuorma oli purettu aumalle ja sekuntikello sammutettu, kirjattiin myös kellonaika testipöytäkirjaan. Säilörehua korjattaessa, ajonopeus oli noin 10 kilometriä tunnissa. Säilöntäaineen käyttömäärä oli noin neljä litraa rehutonna

kohden. Noukinvaunukuormasta otettiin näyte, josta tutkittiin noukinvaunun silpun pituutta.

#### **4.2.3 Yhdistelmäpaalainkoneketju**

Tutkimuksen toisessa osassa, säilörehun korjuu yhdistelmäpaalaimella, korjattiin ensin 13 lohkoa 16.8.2015 ja seuraavana päivänä viimeinen lohko. Paalit siirrettiin heti korjuun edetessä, kunhan paalain oli saanut tarpeeksi etumatkaa. Ennen ensimmäiselle lohkolle lähtöä nostettiin käärintämuovirullat yhdistelmäpaalaimen muovirullatelineisiin sekä tehtiin säilöntäainepulloihin säilöntäaineseos. Säilöntäaineena käytettiin Lactosil-biologista säilöntäainetta.

Ensimmäiselle lohkolle tilakeskuskelta lähdettäessä kirjattiin kellonaika testipöytäkirjaan sekä laitettiin (tavallinen) sekuntikello päälle. Pellolle saavuttua, otettiin sekuntikellosta aika ylös, että saatiin siirtymäaika muistiin. Yhdistelmäpaalaimella korjattiin loput karhot, jotka olivat jääneet lohkoille. Puhelimen sekuntikellolla mitattiin päisteajoaika, paalinmuodostusaikaa, viivästyksiä, muovi- ja verkkorullien vaihtoaikaa sekä kauanko yhdistelmä oli pysähdyksissä paalin verkotuksessa ja sen siirtämisessä käärijälle. Kun lohko oli korjattu, (tavallinen) sekuntikello sammutettiin. Sekuntikellon aika sekä senhetkinen kellonaika kirjattiin testipöytäkirjaan. Seuraavan lohkon testipöytäkirjan kirjaukset sekä ajan mittaukset suoritettiin samalla tavalla. Poikkeuksena oli, että ensimmäisen lohkon korjaamisen jälkeen, seuraavan lohkon aloituskellonaika kirjattiin alkamaan aina edelliseltä lohkolta lähdettäessä (eikä tilakeskuskelta lähdettäessä kuten ensimmäisen lohkon kohdalla). Myös sekuntikello käynnistettiin edelliseltä lohkolta lähdettäessä seuraavalle lohkolle. Yksi paali purettiin ja rehusta otettiin näyte, josta tutkittiin yhdistelmäpaalaimen silpun pituutta.

#### **4.3 Tulosten analysointi**

Tulosten koonti aloitettiin siten, että testipöytäkirjojen traktoriversiot kirjoitettiin tietokoneella puhtaaksi. Testipöytäkirjan traktoriversiolla tarkoitetaan säilörehun korjuun



aikana traktorissa käsin täytettyä pöytäkirjaa. Puhtaaksi kirjoittamisen jälkeen aikatiedot vietiin Excel-ohjelmaan, jolla tehtiin taulukot ja laskelmat tuloksia varten. Taulukossa 2 esitetään esimerkki, miten yhdistelmäpaalaimen työnmenekki jakautui eri lohkoilla. Jokaisen työvaiheen työnmenekki koostettiin esimerkin tavoin. Noukinvaunun ja yhdistelmäpaalaimen silppunäytteet aseteltiin allekkain omiin riveihinsä tasaiselle alustalle. Jokainen näytteen heinän korsi eroteltiin toisistaan silpun pituuden arviointia varten ja tilanteesta otettiin kuva. Silpun pituutta ja tasaisuutta arvioitiin silmämääräisesti sekä mittanauhalla mittaamalla.

Taulukko 2. Yhdistelmäpaalaimen työnmenekin jakautuminen eri lohkoilla.

Lohko	Säilörehun paalaus yhdistelmäpaalaimella									
	Aloitus, klo	Lopetus, klo	Valmistelutyöt, min	Siirtyminen, min	Paaleja, kpl	Päisteaajo keskim. sek				
	9,55	10,29	90	10	8	24				
Palokartano	Päisteaajokerrat, kpl	Verkotusaika keskim. sek	Paalimmuodostusaika, sek	Muovirullanvaihto, min	Verkkorullanvaihto, min	Viivästykset, min				
	6	16	130	0	0	0				
	Aloitus, klo	Lopetus, klo	Valmistelutyöt, min	Siirtyminen, min	Paaleja, kpl	Päisteaajo keskim. sek				
Nuottiniemi	10,29	11,00	0	2	11	26				
	Päisteaajokerrat, kpl	Verkotusaika keskim. sek	Paalimmuodostusaika, sek	Muovirullanvaihto, min	Verkkorullanvaihto, min	Viivästykset, min				
	9	17	120	0	0	2				
Peltomäki	Aloitus, klo	Lopetus, klo	Valmistelutyöt, min	Siirtyminen, min	Paaleja, kpl	Päisteaajo keskim. sek				
	11,00	11,55	0	4	17	21				
	Päisteaajokerrat, kpl	Verkotusaika keskim. sek	Paalimmuodostusaika, sek	Muovirullanvaihto, min	Verkkorullanvaihto, min	Viivästykset, min				
Isoaita	13	18	90	3	4,6	2,5				
	Aloitus, klo	Lopetus, klo	Valmistelutyöt, min	Siirtyminen, min	Paaleja, kpl	Päisteaajo keskim. sek				
	11,55	12,44	0	11	18	26				
Laukkala	Päisteaajokerrat, kpl	Verkotusaika keskim. sek	Paalimmuodostusaika, sek	Muovirullanvaihto, min	Verkkorullanvaihto, min	Viivästykset, min				
	10	18	105	0	0	5,6				
	Aloitus, klo	Lopetus, klo	Valmistelutyöt, min	Siirtyminen, min	Paaleja, kpl	Päisteaajo keskim. sek				
Kumpula, iso	17,27 (1), 18,35 (2)	18,23 (1), 18,57 (2)	30	27	13	25				
	Päisteaajokerrat, kpl	Verkotusaika keskim. sek	Paalimmuodostusaika, sek	Muovirullanvaihto, min	Verkkorullanvaihto, min	Viivästykset, min				
	16	18	130	0	0	9				
Kumpula, muut	Aloitus, klo	Lopetus, klo	Valmistelutyöt, min	Siirtyminen, min	Paaleja, kpl	Päisteaajo keskim. sek				
	19,37	21,14	0	12	33	26				
	Päisteaajokerrat, kpl	Verkotusaika keskim. sek	Paalimmuodostusaika, sek	Muovirullanvaihto, min	Verkkorullanvaihto, min	Viivästykset, min				
Kumpula, muut	15	18	90	3,5	0	10				
	Aloitus, klo	Lopetus, klo	Valmistelutyöt, min	Siirtyminen, min	Paaleja, kpl	Päisteaajo keskim. sek				
	21,14	22,00	0	1	13	16				
Murtolahti	Päisteaajokerrat, kpl	Verkotusaika keskim. sek	Paalimmuodostusaika, sek	Muovirullanvaihto, min	Verkkorullanvaihto, min	Viivästykset, min				
	20	18	110	2,6	0	6				
	Aloitus, klo	Lopetus, klo	Valmistelutyöt, min	Siirtyminen, min	Paaleja, kpl	Päisteaajo keskim. sek				
Murtolahti	10,08	10,48	0	4,5	13	23				
	Päisteaajokerrat, kpl	Verkotusaika keskim. sek	Paalimmuodostusaika, sek	Muovirullanvaihto, min	Verkkorullanvaihto, min	Viivästykset, min				
	12	18	80	0	0	4				

## 5 TULOKSET

### 5.1 Kokonaistyönmenekki

Tutkimuksessa säilörehun korjuuala oli yhteensä 32 hehtaaria. Koneketjukohtaisesti korjattava ala oli 16 hehtaaria. Taulukossa 3 esitetään työvaiheisiin kuluneet ajat koneketjuittain ja ne on yhdistetty kokonaisajaksi koneketjuittain. Kokonaisaika on aika, kuinka monta ihmistyötuntia kului kokonaisuudessaan säilörehualan korjaamiseen. Kokonaisaika sisälsi sen, kuinka monta ihmistyötuntia koneketjuilla kului sadon korjaamiseen, kuljettamiseen tilakeskukselle sekä säilörehusadon säilömiseen. Taulukosta huomataan, että koneketjujen työnmenekki eroaa suuresti. Noukinvaunun koneketjun työnmenekki todettiin olevan noin puolitoistakertainen yhdistelmäpaalainkoneketjuun nähden. Yhdistelmäpaalaimen tuntisaavutus oli 2,0 ha/h ja noukinvaunun vain 0,9 ha/h. Maatalousyrityksen tilusrakenne oli niin heikko, ettei noukinvaunu pääse oikeuksiinsa. 48% noukinvaunun työnmenekistä kuluu tieajoon.

Taulukko 3. Työvaiheisiin kuluneet ajat koneketjuittain.

Koneketju	Työvaiheet	Työvaiheeseen kuluneet tunnit yht.
<b>Yhdistelmäpaalain</b>	Säilörehun paalaus yhdistelmäpaalaimella	8
	Paalien siirto pellonvarteen	4
	Paalien ajo tilakeskukselle	9
<b>Korjaamiseen kuluneet tunnit yhteensä</b>		<b>22</b>
Koneketju	Työvaiheet	Työvaiheeseen kuluneet tunnit yht.
<b>Noukinvaunu</b>	Säilörehun korjuu noukinvaunulla	17
	Säilörehun tiivistäminen aumalla	11
	Auman perustaminen ja peittäminen	7
<b>Korjaamiseen kuluneet tunnit yhteensä</b>		<b>34</b>

### 5.2 Lohkokohtainen vertailu

Tarkempaan vertailuun valittiin kolme lohkoa, joilla havainnollistettiin tilakeskuksen ja lohkon välisen etäisyyden vaikutusta työnmenekkiin eli miten koneketjujen työnkäyttö muuttuu suhteessa toisiinsa, kun matka tilakeskukselle kasvaa. Valituista kolmesta lohkoista ensimmäinen oli 1,4 kilometrin, toinen 4,9 kilometrin ja kolmas lohko

12 kilometrin päässä tilakeskuksesta. Taulukossa 4 esitetään vertailussa olleiden lohkojen perustiedot.

Taulukko 4. Lohkokohtaisen vertailun lohkojen perustiedot.

Lohkon nimi	Etäisyys tilakeskuksesta, km	Pinta-ala, ha
Murtolahti	1,4	4,0
Nuottiniemi	4,9	2,2
Kumpula, iso	12,0	6,9

Taulukossa 5 esitetään lohkoittainen vertailu noukinvaunun ja yhdistelmäpaalaimen välillä. Taulukossa on eritelty lohkoittaisesti molempien korjuukoneiden työnkäytön jakauma. Taulukon avulla havainnoitiin, miten tilakeskuksen ja lohkon välinen etäisyys vaikutti työnkäyttöön. Taulukosta näkee myös erittelyn, miten korjuukoneiden työnmenekki vaihteli kunkin lohkon korjuussa. Taulukosta on huomattavissa työtehoeroja matkan kasvaessa tilakeskuksen ja lohkon välillä.

Taulukko 5. Säilörehun korjuukoneiden vertailu lohkoittaisesti.

Murtolahti	Yht. min	Min/ha	Tieajo, min	Tehokas keräys, min	Päisteajo, min	Purku, min	Pysähdyksissä oloaika(verkotus), min	Viiivästyset/muu, min
Noukinvaunu	71	18	18	27	3,6	9		13
Paalain	40	10	4,5	23	4,6		4	4
<b>Nuottiniemi</b>								
Noukinvaunu	71	32	45	12,4	2,6	11		
Paalain	31	14	2	20,0	3,9		3	2
<b>Kumpula, iso</b>								
Noukinvaunu	253	37	135	51,3	4,7	20		42
Paalain	97	14	12	56	6,5		9	13,5

Taulukossa 6 esitetään lohkoittainen vertailu koneketjujen välillä. Vertailussa otettiin huomioon molempien koneketjujen kaikki työvaiheet. Auman tiivistämiseen kulunut aika merkattiin ylös vain työtunteina. Auman tiivistämisen työnmenekkiä ei kelloitettu lohkoittaisesti, joten se on mahdoton määrittää täsmällisesti. Lohkovertailussa auman polkemisaika lohkoa kohti asetettiin samaksi, kuin noukinvaunulla kulunut aika. Auman perustamiseen ja peittämiseen kulunut aika lohkoa kohti saatiin, kun kokonaisaika jaettiin kerätyillä hehtaareilla ja kerrottiin lohkon pinta-alalla. Paalien siirron hehtaarityönmenekki kasvaa lohkokoon kasvaessa, koska pellonreunan on silloin pitempi matka.

Taulukko 6. Koneketjujen työnmenekin vertailu lohkoittain.

Koneketju	Paalainkoneketju							
Lohko	Etäisyys tilakeskukselta, km	Pinta-ala, ha	Paalaus, min	Paalien siirto, min	Paalien ajo, min	Yht. min	min/ha	
Murtolahti	1,4	4,0	40,0	23,5		37,9	101,4 25,4	
Nuottiniemi	4,9	2,2	31,0	18,0		43,3	92,3 42,1	
Kumpula, iso	12,0	6,9	97,0	69,0		153,9	319,9 46,4	
Koneketju	Noukinvaunukoneketju							
Lohko	Etäisyys tilakeskukselta, km	Pinta-ala, ha	Noukinvaunulla, min	Auman tiivistäminen, min	Auman perustaminen/peittäminen, min	Yht. min	min/ha	
Murtolahti	1,4	4,0	71,0	71,0	101,1	243,1	60,8	
Nuottiniemi	4,9	2,2	71,0	71,0	55,3	197,3	90,1	
Kumpula, iso	12,0	6,9	231,0	231,0	174,4	636,4	92,2	

### 5.3 Silpun pituuden vertailu

Kuvassa 9, kohdassa A esitetään yhdistelmäpaalaimella korjatun säilörehun silpun pituus ja kohdassa B esitetään noukinvaunulla korjatun säilörehun silpun pituus. Kuvan pihalaatan sivunpituus on 29 senttimetriä. Noukinvaunulla korjatun säilörehun silpun pituus on melko tasaista verrattuna yhdistelmäpaalaimella korjattuun säilörehun silpun pituuteen. Yhdistelmäpaalaimella korjatun säilörehun silpun pituus vaihteli neljästä senttimetristä kahteenkymmeneen viiteen senttimetriin, kun taas noukinvaunulla korjatun säilörehun silpun pituus vaihteli kolmesta senttimetristä, kahteenkymmeneen senttimetriin. Noukinvaunun silpun pituus oli tasaisempaa ja keskimäärin lyhyempää kuin yhdistelmäpaalaimen. Noukinvaunulla korjatulla säilörehulla oli sen ansiosta paremmat edellytykset säilyä hyvin ja se toimii paremmin ruokintaprosessissa.



Kuva 9. Kuvassa A. yhdistelmäpaalaimella ja kuvassa B. noukinvaunulla korjatun säilörehun silpun pituus.

## 5.4 Työtehoerojen syyt

Noukinvaunukoneketju jäi työteholtaan yhdistelmäpaalausta huomattavasti huonommaksi, sillä maatalousyritysten peltojen ollessa hajallaan ja kaukana tilakeskuksesta, tieajo söi suuren osan tehokkaasta korjuutyöajasta noukinvaunulla. Lisäksi rehuauman tiivistämisessä menetettiin työaika, kun yhden kuorman saamisessa aumalle kului kohtuuttomasti aikaa. Noukinvaunukoneketjulle muodostui suurempi työnmenekki kuin yhdistelmäpaalainkoneketjulle, vaikka noukinvaunulla oli suurempi säilörehun läpäisyteho. Pisin aika, joka kului yhden kuorman hakemiseen tilakeskukselle noukinvaunulla, oli 86 minuuttia. Tutkimuksessa yhden kuorman levittämiseen ja tiivistämiseen aumalla kului tehokkaimmillaan noin 25 minuuttia. Kauimmaisilta lohkoilta säilörehua korjattaessa kertyi niin sanottua hukka-aikaa tiivistämiseen kuluneeseen aikaan nähden noin kolminkertaisesti.

Noukinvaunun kilpailukykyä yhdistelmäpaalaimen nähden heikensi myös se, että noukinvaunukoneketju satoi koko ajan kaksi työntekijää. Lisäksi auman perustaminen ja peittäminen sitoivat hetkellisesti 2–3 ihmisen työpanoksen, mikä lisäsi paljon ihmistyötunteja. Jos noukinvaunukorjuu olisi ollut yrityksen säilörehun korjuumenetelmä jo ennestään, olisi aumalaatta tai laakasiilot olleet valmiina. Tässä tutkimuksessa auman perustaminen pellolle vaati auman perustamistöissä paljon ihmistyötunteja, mikä kasvatti noukinvaunukoneketjun työnmenekkiä. Yhdistelmäpaalainkoneketju vaati ainoastaan yhden työntekijän samanaikaisesti ja paalien siirto lohkonvarteen tapahtui nopeasti. Yhdistelmäpaalainkoneketjussa paalien kuljettaminen tilakeskukselle on mahdollistaa ajoittaa sesonkiajan ulkopuolelle, mikä tasaa säilörehun korjuun työhuippuja.

Noukinvaunukoneketjun kustannustehokkuuteen voitaisiin vaikuttaa siten, että tiivistystyötä tekee yrityksen työntekijä. Yrityksen työntekijä voi seuraavaa kuormaa odottaessaan käyttää työaikansa hyödyllisemmin kuin esimerkiksi ulkopuolinen urakoitsija tai työntekijä. Myös lohkojen korjuujärjestyksellä voidaan vaikuttaa tiivistämisen aikana syntyvään hukka-aikaan. Lohkokohtaisessa vertailussa oli haastavaa arvioida, kuinka paljon työaika kului säilörehuauman tiivistämiseen lohkoa kohti. Auman tiivistämisen työnmenekki olisi pitänyt kellottaa myös lohkokohtaisesti, eikä kirjata ylös pelkästään kokonaistyötunnit.

Opinnäytetyön tutkimuksessa käytetty yhdistelmäpaalain oli nykyaikainen. Noukinvaunu puolestaan oli yli kymmenen vuotta vanha. Tutkimuksessa noukinvaunulle karhotettiin kaksi 3.6 metrin leveän niittomurskaimen karhoa, ajonopeuden ollessa noin kymmenen kilometriä tunnissa. Tällä tavoin saatiin noukinvaunun läpäisyteho maksimiin. Uudemmallalla noukinvaunulla läpäisyteho olisi voinut olla melkein kolmanneksen suurempi. Uudemmalle noukinvaunulle olisi voitu karhottaa kolme niittomurskaimen karhoa ja silti ajonopeus olisi voinut olla lähes sama. Lisäksi työnmekkiä olisi noukinvaunulla voitu parantaa suuremmalla vaunun koolla. Lohkojen hehtaarisato vaikuttaa korjuukoneiden työsaavutukseen.

## 6 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoitus oli kartoittaa maatalousyrittäjien tulevaisuutta silmällä pitäen vaihtoehtoisia säilörehun korjuumenetelmiä. Opinnäytetyön tulosten perusteella todettiin, ettei noukinvaunukoneketjua valita tulevan laajennuksen yhteydessä yrityksen säilörehun korjuumenetelmäksi. Yhdistelmäpaalainkoneketju oli työtehollaan noukinvaunukoneketjua parempi. Yhdistelmäpaalainkoneketjussa ihmistyötuntien määrä ja työvoiman tarve olivat pienempiä. Yhdistelmäpaalainkoneketjun vaatima korjuukoneen vetokoneen koko oli myös huomattavasti pienempi. Yhdistelmäpaalainkoneketjun polttoaineen kulutus oli merkittävästi vähäisempi kuin noukinvaunukoneketjulla pienemmästä työnmenekistä sekä pienemmästä vetotehon tarpeesta johtuen. Yhdistelmäpaalainkoneketjun työnmenekkiä olisi voitu edelleen parantaa paalikuorman kokoa suurentamalla.

Nykyisessä yhdistelmäpaalainkorjuussa on kuitenkin monta heikkoutta, miksi se ei ole tehokkain korjuumenetelmä laajentavassa yrityksessä. Eläinmäärän kasvaessa yritys siirtyy jakamaan eläimille rehun apevaunulla. Paalirehun silppuaminen apevaunulla on hidasta ja kuluttaa vaunun koneistoa. Lisäksi säilörehun korjuualan määrä kasvaa ja yhdistelmäpaalainkoneketju pitkittää korjuuta sekä heikentää rehun tasalaatuisuutta. Yrityksessä on jatkettava tehokkaamman korjuutavan kartoittamista.

Noukinvaunukoneketjun valintaa opinnäytetyön tutkimusosioon yhdistelmäpaalainkoneketjun rinnalle puolsi se, että maatalousyrittäjä selviää niissä ajosilppurikoneketjua vähemmällä työvoimalla. Vastaavasti yritys otti riskin siinä, että korjuu noukinvaunulla ja yhdistelmäpaalaimella venyy pidemmälle ajanjaksolle, joka voi vaikuttaa rehun laatuun sääolosuhteiden ja kasvuasteen muuttuessa. Samalla rehun tasalaatuisuus kärsii. Korjuualaa ei tutkimuksessa ollut mukana kuitenkaan valtavaa määrää ja korjuupäivien säät suosivat.

Ennen tutkimusta oli vaikea ennakoita, miten heikoksi korjuumenetelmäksi noukinvaunukoneketju osoittautui maatalousyrittäjien heikoissa tilusolosuhteissa. Noukinvaunu olisi tehokas korjuukoneketju, jos kaikki lohkot olisivat alle viiden kilometrin päässä tilakeskuksesta. Maatalousyrittäjässä olisi mahdollista järjestää nykyiselle karjalle säilörehu tilakeskusta lähimpänä olevilta pelloilta, mutta viljelykierron vuoksi



syistä näin ei ole tähän asti haluttu toimia. Tuotantorakennusinvestoinnin yhteydessä nurmiala yrityksessä kasvaa ja säilörehua on korjattava vuoroin jokaiselta lohkolta, että nurmia saadaan uudistettua tarpeeksi usein. Noukinvaunun työnmenekkiä olisi voitu pienentää tekemällä kauimmaisille lohkoille oma auma. Se ei kuitenkaan olisi vähentänyt noukinvaunukoneketjun työnmenekkiä, koska etäauman rehu olisi jouduttu kuitenkin ajamaan tilakeskukselle.

Mahdollisuutena olisi ollut vertailla opinnäytetyön kokeellisessa osuudessa nykyisen säilörehukorjuumenetelmän vaihtoehtona myös ajosilppurikoneketjua. Silloin opinnäytetyön toteutus olisi vaatinut maatalousyriykseltä suurempia rahallisia sijoituksia. Työvoiman tarve olisi kasvanut merkittävästi ja säilörehun korjuussa olisi jouduttu turvautumaan urakoitsijaan. Urakoitsijaa käytettäessä systemaattisesta ajanmittaamisesta olisi tullut hankalaa ja liikkuvia osia olisi ollut enemmän.

Ajosilppuriketjussa rehu korjataan nopeasti, mutta työvoimaa tarvitaan enemmän ja jokainen lisäsiirtovaunu aiheuttaa kustannuksia. Ajosilppuriketjussa kuljetuskapasiteetin optimointi on tärkeää. Muutoin kokonaistyöaika kasvaa, kun joko ajosilppuri tai kuljetuskalusto joutuu odottamaan. Ajosilppuriketjussa rehkuljetuksen tehokkuuteen vaikuttaa ajomatka, vaunun tilavuus, siirtonopeus ja silppurin teho. Ajosilppuriketjulla voidaan päästä 8–10 hehtaarin työsaavutukseen tunnissa erittäin hyvissä olosuhteissa, yhdensuuntaisen kuljetusmatkan ollessa alle 5 kilometriä. (Suokannas 2013, 24). Realistinen työsaavutustavoite ajosilppuriketjulle on 5–6 hehtaaria tunnissa (Lätti ym. 2014, 4–5, 14).

Ajosilppurikorjuun soveltuvuutta yrityksen olosuhteisiin on syytä tulevaisuudessa harkita. Oletettavasti ajosilppurikoneketju voisi soveltua yrityksen olosuhteisiin noukinvaunukoneketjua paremmin. Ajosilppurikoneketjulla säilörehun korjuu on tehokasta heikoissakin tilusolosuhteissa. Ajosilppurilla korjatun säilörehun silpun pituus on optimaalinen rehun kuljettamiseen, säilöntään ja ruokintaan. Yritys tuskin tulee hankkimaan ajosilppurikoneketjua itselleen, joten ainoa vaihtoehto olisi säilörehun korjuun ulkoistaminen. Se antaisi mahdollisuuden keskittyä ydinbisnekseen eli case-yrityksen tapauksessa maidontuotantoon. Tällä tavoin myös koneisiin sidottu pääoma pysyy kohtuullisena.

Opinnäytetyö olisi ollut mahdollisuutena toteuttaa myös laajempaa tutkimusprojektina, mikäli siihen olisi hankittu yhteistyökumppaneiksi ja rahoittajiksi maatalouskauppoja ja Työtehoseuran kaltaisia tahoja. Näin tutkimus olisi voitu toteuttaa entistä laajemmin ja ammattitaitoisemmin, mutta tällöin työmäärä olisi yhdelle opiskelijalle kasvanut jo yli opinnäytetyön laajuusvaatimusten.

## LÄHTEET

- Esala, J. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. Nurmikasvien korjuun energiankulutus. Seinäjoki: Energia-akatemia. [Viitattu 26.3.2017]. Saatavana: [http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/74/Nurmikasvien\\_korjuun\\_energiankulutus\\_netti.pdf](http://www.energia-akatemia.fi/attachments/article/74/Nurmikasvien_korjuun_energiankulutus_netti.pdf)
- Harmoinen, T., Peltonen, S. & Puurunen, T. 2010. Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Vantaa: ProAgria keskusten liitto.
- Karhula, V. 2012. Säilörehun korjuuketjujen taloudellinen vertailu: pitkän aikavälin tarkastelu. Helsingin yliopisto. Maatalous- ja metsätieteellinen tiedekunta. Pro gradu -työ. Julkaisematon.
- Keränen, J. 2016. Yksityinen ammatinharjoittaja. Maatalousyritys Vanhapiha. Haastattelu 22.10.2016.
- Klemola, E., Kaila, E., Karttunen, J., Laaksonen, K. & Kirkkari, A-M. 2002. Lohkon koon ja muodon vaikutukset työaikaan. Työtehoseura. Työtehoseuran julkaisuja 545.
- Krone ZX-monitoimirehuvaunut: Tekniset tiedot. 2013. [Verkkajulkaisu]. Krone. [Viitattu 1.4.2017]. Saatavana: [http://www.hankkija.fi/Liitetiedot/Docs/ZX\\_2011\\_Druck\\_FI\\_144dpi1.pdf](http://www.hankkija.fi/Liitetiedot/Docs/ZX_2011_Druck_FI_144dpi1.pdf)
- Lätti, M. & Tuure, V-M., Eskelinen, P. & Räisänen, J. 2014. Säilörehun laajentuvalla karjatilalla. Työtehoseura. Työtehoseuran julkaisuja 655.
- Paalainkäärimet/Combi: Fusion 3 – Paalainkäärin. Ei päiväystä. [Verkkosivusto]. Irlanti: McHale. [Viitattu 2.4.2017]. Saatavana: <http://www.mchale.net/finnish/products/mchale-fusion-3/>
- Peltolohkot. 19.5.2016. [Verkkosivu]. Maaseutuvirasto & Jaakko Koskenkorva. [Viitattu 21.10.2016]. Saatavana: <https://peltolohkot.fi/>
- Peltonen, M., Karttunen, J. & Pentti, S. 2003. Säilörehunkorjuun työnmenekki: korjuumenetelmät ja toiminnallisuus. Työtehoseura. Työtehoseuran julkaisuja 560.
- Peltonen, M., Karttunen, J. & Pentti, S. 2004. Säilörehun korjuuketjun suunnittelu: rehuketjun kustannukset ja pullonkaulojen minimointi. Työtehoseura. Työtehoseuran julkaisuja 568.
- Sipiläinen, T. & Ovaska, S. (toim.) 2012. [Verkkajulkaisu]. Maitotilalle kilpailukykyä tuottavuutta ja tehokkuutta kehittämällä. Jokioinen: MTT. [Viitattu 2.4.2017]. Saatavana: <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti78.pdf>

Suokannas, A. 14.11.2013. [Verkojulkaisu]. Koneet vaihtoon – mihin säilönnän sudenkuoppa siirtyi? Miksi säilöntäaine ei toimi? Vihti: MTT. [Viitattu 2.4.2017]. Saatavana: [https://proagria.fi/sites/default/files/attachment/antti\\_suokannas\\_koneet\\_vaihtoon.pdf](https://proagria.fi/sites/default/files/attachment/antti_suokannas_koneet_vaihtoon.pdf)

## LIITTEET

Liite 1. Säilörehun korjuu noukinvaunulla -testipöytäkirja

Liite 2. Säilörehun tiivistäminen aumalla -testipöytäkirja

Liite 3. Auman perustaminen ja peittäminen -testipöytäkirja

Liite 4. Säilörehun paalaus yhdistelmäpaalaimella -testipöytäkirja

Liite 5. Paalien siirto pellonvarteen -testipöytäkirja

Liite 6. Paalien ajo tilakeskukselle -testipöytäkirja

## LIITE 1 Säilörehun korjuu noukinvaunulla -testipöytäkirja

### SÄILÖREHUN KORJUU NOUKINVAUNULLA

Pvm: \_\_\_\_\_ Aloitus (klo): \_\_\_\_\_ Lopetus (klo): \_\_\_\_\_

Lohkon nimi: \_\_\_\_\_

Huoltotyöt ennen lohkolle saapumista? (HUOM EI KORJAUS): \_\_\_\_\_ min

Etäisyys lohkolle: \_\_\_\_\_ km

Kuormien kokonaismäärä lohkolta: \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ kpl

Päisteajoaika (min):

_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

Päisteajokerrat (kpl): \_\_\_\_\_

Tieajoaika (min):

_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

Kuorman purkuaika (min):

_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

Yhden kuorman muodostusaika: \_\_\_\_\_ min

Yhden kuorman tehokas muodotusaika (ei sis. päisteajoa): \_\_\_\_\_ min

Viivästys, huomioita ym?

**LIITE 2 Säilörehun tiivistäminen aumalla -testipöytäkirja****SÄILÖREHUN TIIVISTÄMINEN AUMALLA**

Pvm: \_\_\_\_\_ Aloitus (klo): \_\_\_\_\_ Lopetus (klo): \_\_\_\_\_

Kokonaistyöaika per päivä (tautot pois laskettuna): \_\_\_\_\_ h \_\_\_\_\_ min

---

Pvm: \_\_\_\_\_ Aloitus (klo): \_\_\_\_\_ Lopetus (klo): \_\_\_\_\_

Kokonaistyöaika per päivä (tautot pois laskettuna): \_\_\_\_\_ h \_\_\_\_\_ min

---

Pvm: \_\_\_\_\_ Aloitus (klo): \_\_\_\_\_ Lopetus (klo): \_\_\_\_\_

Kokonaistyöaika per päivä (tautot pois laskettuna): \_\_\_\_\_ h \_\_\_\_\_ min

---

**HUOMIOITA?**

POLJENTA-AIKA YHTEENSÄ KOKO REHUNTEOSSA: \_\_\_\_\_ h \_\_\_\_\_ min

**LIITE 3 Auman perustaminen ja peittäminen -testipöytäkirja****AUMAN PERUSTAMINEN JA PEITTÄMINEN**

Pvm: \_\_\_\_\_

Kesto aika: \_\_\_\_\_ min

Henkilömäärä: \_\_\_\_\_ kpl

**PEITTELY**

Pvm: \_\_\_\_\_

Kesto aika: \_\_\_\_\_ min

Henkilömäärä: \_\_\_\_\_ kpl

**AUMATYÖT YHTEENSÄ: \_\_\_\_\_ h \_\_\_\_\_ min**



## LIITE 4 Säilörehun paalaus yhdistelmäpaalaimella -testipöytäkirja

### SÄILÖREHUN PAALAUUS YHDISTELMÄPAALAIMELLA

Pvm: \_\_\_\_\_ Aloitus (klo): \_\_\_\_\_ Lopetus (klo): \_\_\_\_\_

Lohkon nimi: \_\_\_\_\_

Huoltotyöt ennen lohkolle saapumista? (HUOM EI KORJAUS): \_\_\_\_\_ min

Siirtyminen lohkolle edelliseltä lohkolta/pihasta: \_\_\_\_\_ min

Paalimäärä lohkolta: \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ kpl

Päisteajoaika (min):  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Päisteajokerrat (kpl): \_\_\_\_\_

Verkotus (pysähdysaika): \_\_\_\_\_ min

Paalinmuodostusaika: \_\_\_\_\_ min

Tehokas paalinmuodostusaika (ei sis. päisteajoa) \_\_\_\_\_ min

Muovirullan vaihto: \_\_\_\_\_ min

Verkkorullan vaihto?: \_\_\_\_\_ min (HUOM! Suhteuta lopuksi sadon kokonaispaalimäärään)

Viivästys, huomioita ym?

**LIITE 5 Paalien siirto pellonvarteen -testipöytäkirja****PAALIEN SIIRTO PELLONVARTEEN**

Pvm: \_\_\_\_\_ Aloitus (klo): \_\_\_\_\_ Lopetus (klo): \_\_\_\_\_

Lohkon nimi: \_\_\_\_\_

Pvm: \_\_\_\_\_ Aloitus (klo): \_\_\_\_\_ Lopetus (klo): \_\_\_\_\_

Lohkon nimi: \_\_\_\_\_

Pvm: \_\_\_\_\_ Aloitus (klo): \_\_\_\_\_ Lopetus (klo): \_\_\_\_\_

Lohkon nimi: \_\_\_\_\_

Pvm: \_\_\_\_\_ Aloitus (klo): \_\_\_\_\_ Lopetus (klo): \_\_\_\_\_

Lohkon nimi: \_\_\_\_\_

Pvm: \_\_\_\_\_ Aloitus (klo): \_\_\_\_\_ Lopetus (klo): \_\_\_\_\_

Lohkon nimi: \_\_\_\_\_

Pvm: \_\_\_\_\_ Aloitus (klo): \_\_\_\_\_ Lopetus (klo): \_\_\_\_\_

Lohkon nimi: \_\_\_\_\_

Pvm: \_\_\_\_\_ Aloitus (klo): \_\_\_\_\_ Lopetus (klo): \_\_\_\_\_

Lohkon nimi: \_\_\_\_\_

**LIITE 6 Paalien ajo tilakeskukselle -testipöytäkirja****PAALINAJO**

Pvm: \_\_\_\_\_ Aloitus (klo): \_\_\_\_\_ Lopetus (klo): \_\_\_\_\_

Lohkon nimi:  Isoaita \_\_\_\_\_

Etäisyys lohkolle: \_\_\_\_\_ km

Siirtymäaika lohkolle:      Meno (min) \_\_\_\_\_

Paluu (min) \_\_\_\_\_

Kuormausaika (min): \_\_\_\_\_

Purkuaika (min): \_\_\_\_\_

Kokonaisaika per kuorma: \_\_\_\_\_ h \_\_\_\_\_ min