

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

2019

Ossi Kokko

# RAKEISTUSKONERYHMÄN KÄYTÖN TEHOSTAMINEN

Ossi Kokko

# RAKEISTUSKONERYHMÄN KÄYTÖN TEHOSTAMINEN

Opinnäytetyön tavoite on tutkia rakeistukseen liittyviä ongelmia ja ratkaista, miten rakeistuksesta saadaan tehokkaampi. Opinnäytetyön tilaajana toimii Hankkija Oy, Turun rehutehdas.

Tutkimalla tuotteiden tyhjentämisaikoja eri koneista saadaan selville, ilmeneekö jonkin koneen tyhjentämisessä ongelmia. Jonoajon mahdollisuuksia selvitetään ja tutkitaan raekoneiden parhaimmat mahdolliset käyttötavat. Tyhjentämisajat saadaan kellottamalla koneiden tyhjennykset ja jonoajon hyöty selviää kokeilemalla. Eri koneita käyttämällä selviää, mikä on niiden paras käyttötapa. Tässä opinnäytetyössä käydään läpi myös yleisesti rehujen rakeistaminen ja Turun rehutehtaan tuotanto.

Lopputulokseksi saatiin raekoneen ajotapa, jolla koneesta saa parhaimman hyödyn irti. Jonoajon hyödyt selvitettiin ja neljännen linjan öljyjen annosteluun tarvitaan pumppu, mikä nopeuttaisi annostelua.

## ASIASANAT:

Rakeistus, Rehu, Tyhjennysaika, Tuotanto, Kapasiteetti

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical and Production Engineering

2019 | 37 pages

Ossi Kokko

# IMPROVING THE USE OF THE PELLET MACHINE LINE

The objective of this thesis was to examine the problems of granulation and to find a solution on how to make it more effective. This thesis was commissioned by Hankkija Oy, Turku feed factory.

By examining the emptying time of different feeds, it is possible to find out if there are problems with the emptying of any of the pellet machines. The possibilities of a queue drive and the best use of the pellet machines were examined. By clocking the emptying of the pellet machines, it is possible to find out the emptying times and by trying the queue drive is the way to see its benefits. By using different pellet machines is the way find out how use those most effectively. This thesis also covers the granulation and production of Turku feed factory.

As a result, the way to use a pellet machine that is the most effective way was found out. The benefits of the queue drive was examined, and a pump is necessary for oil dosing in the fourth line. That will make dosing faster.

## KEYWORDS:

Granulation, Feed, Emptying time, Production, Capacity

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 RAKEISTUS</b>	<b>8</b>
2.1 Rakeistuslinja	10
2.2 Höyrysekoittaja	11
2.3 Rakeistuskoneet	12
2.3.1 Rakeistuskone 1	14
2.3.2 Rakeistuskone 2	15
2.3.3 Rakeistuskone 3	17
2.3.4 Rakeistuskone 4	18
2.4 Jäähdytin	19
2.5 Mureistin	20
2.6 Seula	21
2.7 Jälkirasvaus	22
<b>3 TYÖN TOTEUTUS</b>	<b>23</b>
3.1 Työn aloitus	23
3.2 Koneiden tyhjentäminen	23
3.3 Jonoajo	26
3.4 Kapasiteetti ja virta	27
<b>4 RAELINJOJEN KEHITTÄMINEN</b>	<b>33</b>
4.1 Neljänneen raekoneen tyhjentämisen tehostaminen	33
4.2 Raekoneen käytön yhtenäistäminen	34
<b>5 LOPUKSI</b>	<b>35</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>36</b>



## KUVAT

Kuva 1 Turun rehutehtaan tuotanto, kuva on Turun rehutehtaan, tehdaspäällikkön Jarno Erkamaan Perehdytys Power Point -esitelmästä.	8
Kuva 2 Progres flowchart, kuva on Turun rehutehtaan, tehdaspäällikkön Jarno Erkamaan Perehdytys Power Point -esitelmästä.	9
Kuva 3 Rakeistuslinja, kuva on Turun rehutehtaan, tehdaspäällikkön Jarno Erkamaan Perehdytys Power Point -esitelmästä.	10
Kuva 4 Höyrysekoittaja.	11
Kuva 5 Raekoneen matriisi.	12
Kuva 6 Raekoneen kolli.	13
Kuva 7 Ensimmäinen raekone.	14
Kuva 8 Ensimmäinen raekone avattuna.	15
Kuva 9 Toinen raekone.	16
Kuva 10 Toinen raekone avattuna.	16
Kuva 11 Kolmas raekone.	17
Kuva 12 Neljäs raekone.	18
Kuva 13 Kaksipohjainenjäähdytin.	19
Kuva 14 Mureistin.	20
Kuva 15 Seula.	21
Kuva 16 Jälkirasvaus (Forberg).	22

## KUVIOT

Kuvio 1 Ensimmäisen raelinjan tyhjennysajat.	23
Kuvio 2 Toisen raelinjan tyhjennysajat.	24
Kuvio 3 Kolmannen raelinjan tyhjennysajat.	24
Kuvio 4 Neljännen raelinjan tyhjennysajat.	25
Kuvio 5 Ensimmäisen raekoneen kapasiteetit.	27
Kuvio 6 Ensimmäisen raekoneen virrat.	28
Kuvio 7 Toisen raekoneen kapasiteetit.	28
Kuvio 8 Toisen raekoneen virrat.	29
Kuvio 9 Kolmannen raekoneen kapasiteetit.	29
Kuvio 10 Kolmannen raekoneen virrat.	30
Kuvio 11 Neljännen raekoneen kapasiteetit.	30
Kuvio 12 Neljännen raekoneen virrat.	31

## TAULUKOT

Taulukko 1 Grundfos annostelupumpputyypin vertailu.	33
Taulukko 2 Raekoneen virrat.	34

## KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

A	Ampeeri, mittayksikkö
bar	Paine, mittayksikkö
l	Litra, mittayksikkö
m <sup>3</sup>	Kuutiometri, mittayksikkö
ml	Millilitra, mittayksikkö
mm	Milligramma, mittayksikkö
kg	Kilogramma, mittayksikkö
rpm	Kierrosta minuutissa, mittayksikkö
t/h	Tonnia tunnissa, mittayksikkö

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön on tilannut Hankkija Oy, Turun rehutehdas, joka valmistaa rehuja broilereille, kalkkunoille, kanoille ja sioille. Turun rehutehdas on aloittanut toimintansa 1973. Turun rehutehdas kuuluu nykyään Hankkija Oy:öön. (Suomen rehu 2019a.)

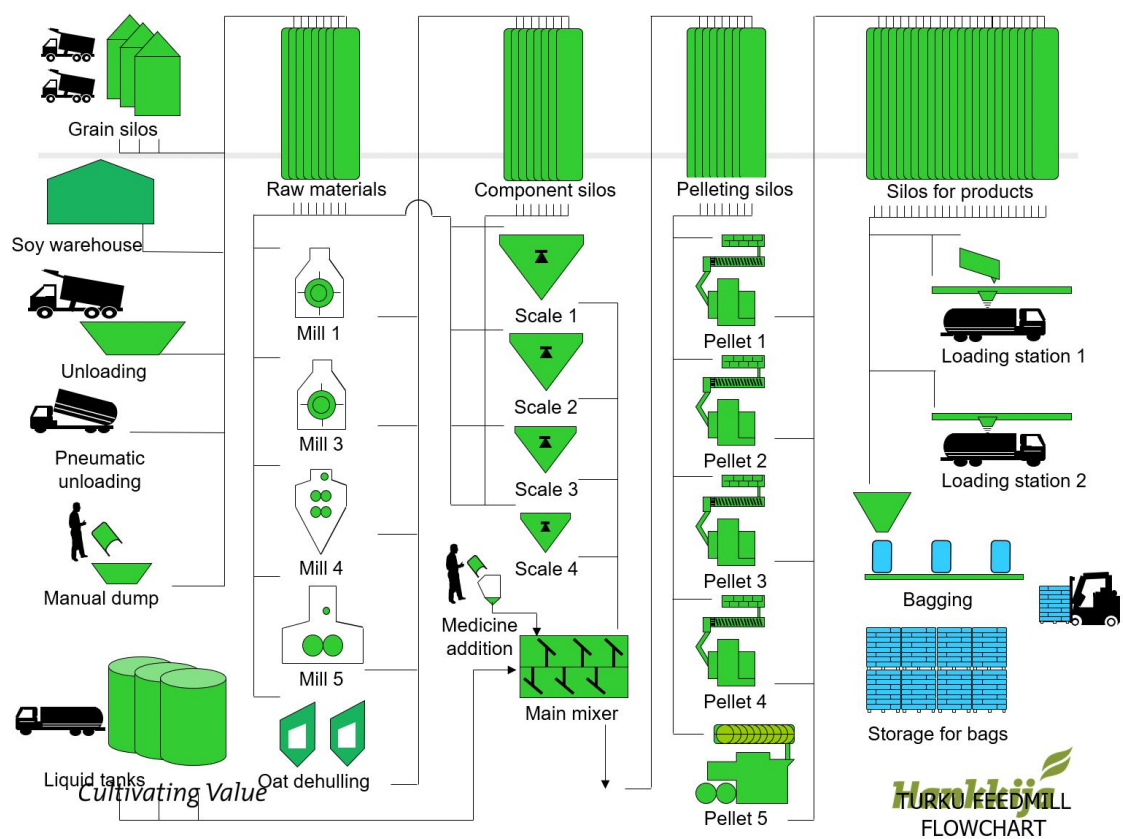
Valitsin rakeistuskoneryhmän käytön tehostamisen aiheeksi, koska aihe oli minulle tuttu. Näin oli hyvät lähtökohdat alkaa tutkia, miten parantaa linjojen tuotantoa. Vaikka rakeistus toimii tietyllä periaattella, eri rakeistajilla on omia tyylejä tehdä työtään eli ”ajaa rehua”. Koska esimerkiksi jotkut ajavat pienemmällä kapasiteeteilla kuin toiset, on tärkeää selvittää, millä arvoilla koneet toimivat parhaimmalla tavalla ja samalla yhtenäistää rakeistajien ajotyylejä.

Työskentelin Turun rehutehtaalla kesän 2018 ja aloitin jälleen työt helmikuussa 2019. Käytän apuna opinnäytetyön tekemisessä työssä hankittua osaamista ja muiden työntekijöiden kokemusta rakeistuksesta.

Tämän opinnäytetyön alussa kerrotaan Turun rehutehtaasta ja sen toiminnasta. Tämän jälkeen käsitellään rakeistus. Lopuksi selostetaan mitä tutkitaan ja millaisia tuloksia on saatu. Lopuksi esitellään kehittämis ehdotukset.

## 2 RAKEISTUS

Rehun valmistuksessa rakeistus on viimeinen osuus. Rakeistusta edeltää raaka-aineiden sekoitus. Rehun raaka-aineita ovat viljat, vitamiinit jne. Kaikki raaka-aineet ovat niille varatuissa siloissa, mutta nesteet ovat säiliöissä. Raaka-aineet sekoitetaan sekoituslinjan kautta rakeistussiloihin. Kaikilla Turun rehutehtaan neljällä rakeistuskoneella on omat silonsa. Linjat on ohjelmoitu Siemensin PCS7-automaatio-ohjelmaan.



Kuva 1 Turun rehutehtaan tuotanto, kuva on Turun rehutehtaan, tehdaspäällikkön Jarno Erkamaan Perehdytys Power Point -esitelmästä.

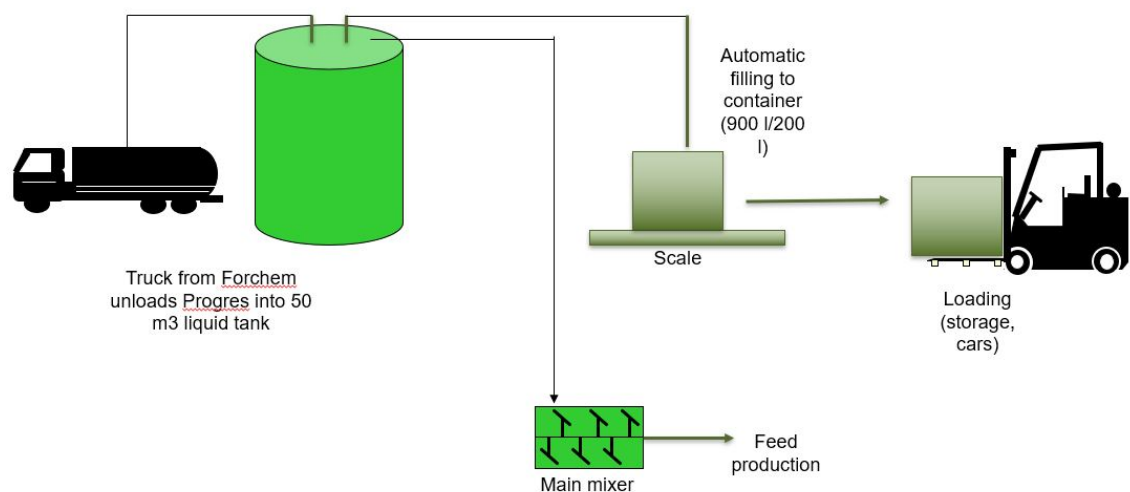
Kuva 1:ssä Turun rehutehtaan tuotannon eri osat. Tietyt raaka-aineet, kuten viljat, jauhetaan ensin myllyissä, jotta niitä voidaan käyttää rehun valmistukseen. Tehtaassa on kaksi vasaramyllyä, valssijauhatus, kuivavalssi, miniraejauhatus ja kauran kuorinta. Kuorittu kaura menee sille määrättyihin siloihin, mutta myös kauran kuorelle on oma silonsa.

Kauran kuorta käytetään myös polttolaitoksen polttoaineena. Siitä tehdas tuottaa omaa höyryä, jota tarvitaan rakeistuslinjan toiminnassa.

Sekoituslinjassa on neljä erikokoista vaakaa, joista suurin on 4000 kg kokoinen ja pienin on 50 kg kokoinen. Raaka-aineet punnitaan sen vaa'an kautta, mihin ne on reseptissä sijoitettu. Yleensä kaikki tuotteet sekoitetaan 4000 kg erinä. Vaa'ista raaka-aineet annostellaan sekoittajaan. Lääkerehuun vaadittu lääke pitää manuaalisesti kaataa sekoittajaan joka erässä. Tiettyt tuotteet minijauhetaan. Tämä tarkoittaa sitä, että jauho jauheetaan vielä hienommaksi.

Valmis rehu lastataan kuorma-autoihin. Tehtaassa on kaksi lastausasemaa. Tiettyt tuotteet säkitetään. Tehtaassa on vain yksi säkityslinjasto.

### Progres flowchart



*Cultivating Value*

**Hankkija**

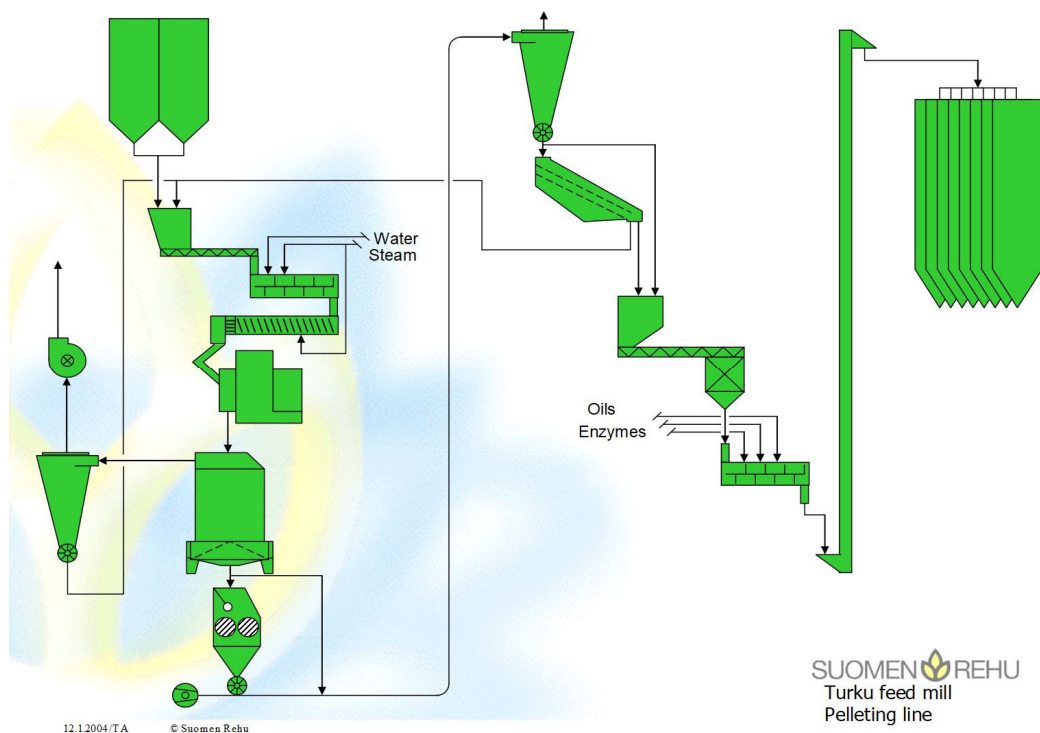
Kuva 2 Progres flowchart, kuva on Turun rehutehtaan, tehdaspäällikkön Jarno Erkaan Perekdytys Power Point -esitelmästä.

Progres on Suomen Rehun mäntyöljyn pihkaaineista kehittämä rehuote. Sen on tutkusti todettu tukevan eläinten hyvinvointia. Kuvasta 2 näkee, miten Progres kulkee tehtaalla. Turun tehtaalla Progres puretaan säilöautosta siiloon. Siilosta Progres saadaan sekoittajaan ja tätä kautta rehun valmistukseen. Progresia myös lastataan kontteihin,

sillä se on myös vientituote. Progresia lähetetään muualle Suomeen ja maailmalle. (Suomen rehu 2019b.)

## 2.1 Rakeistuslinja

Turun rehutehtaalla on neljä raelinjaa. Jokainen linja on vähän erilainen. Tämä mahdollistaa, että jollain tietyllä linjalla voi valmistaa erikoisempia rehua. Esimerkiksi 2. linjalla voi valmistaa rehuja, joissa on aromiainetta.



Kuva 3 Rakeistuslinja, kuva on Turun rehutehtaan, tehdaspäällikkön Jarno Erkamaan Perehdytys Power Point -esitelmästä.

Kuva 3:ssa näkyy rakeistuslinja ja sen osat. Raelinja alkaa siiloista, joissa on sekoitetut ainesosat jauhomaisessa muodossa. Ensimmäiseksi rehu menee syöttösäiliöön, jossa on ala- ja yläraja. Ylärajan syttyessä logiikka saa tiedon käynnistää linjan. Kun tavara on siilosta loppu, niin tästä syöttösäiliöstä logiikka saa tiedon aloittaa linjan tyhjentämisen. Siitä sitten rehu menee höyrysekoittimeen, jossa sekaan tulevat höyry ja vesi. Nämä sekoitetaan seuraavaksi sekoittajassa. Raekoneessa jauho muutetaan edelleen rakeeksi. Tuotteen lämpötila on minimissään 81 astetta. Rae jatkaa jäähdyttäjään, missä se jäähdytetään noin 20 asteeseen. Tässä vaiheessa on myös ilman- ja pölynpoisto. Jos

tuote on mure tai granula, niin se menee mureistimeen. Rae menee mureistimen ohi. Rae kuljetetaan elevaattorilla ylimpiin kerroksiin. Rae ja mure menevät seulaan, jossa puhdistetaan pölyt pois. Granula menee seulan ohi. Seuraavaksi vuorossa on jälkirasvaus, mutta ennen sitä rehu menee toiseen syöttösäiliöön. Siellä on myös ylä- ja alaraja, että logiikka tietää kuinka paljon menee jälkirasvauksen sekoittajaan entsyymien tai eri rasvojen annosteluun. Jälkirasvauksen jälkeen on kolmas syöttösäiliö. Logiikka saa sieltä tiedon, kuinka paljon on mennyt jälkirasvauksesta läpi. Tämän jälkeen rehu menee kuljettimia pitkin siiloon.

## 2.2 Höyrysekoittaja

Höyrysekoitin sijaitsee suoraan raekoneen yläpuolella. Höyrysekoittajan yläpuolella on annosteluruuvi. Höyrysekoittajassa lisätään jauhomaiseen seokseen höyry, vesi, rasva ja myös melassi. Höyryllä säädellään lämpötilaa ja kosteutta. Tämän tarkoitus on optimoida raekoneen energian tarve ja rakeen kestävyys. Mitä paremmin höyry on säädelty, sen paremmin koneesta menee läpi rehua.



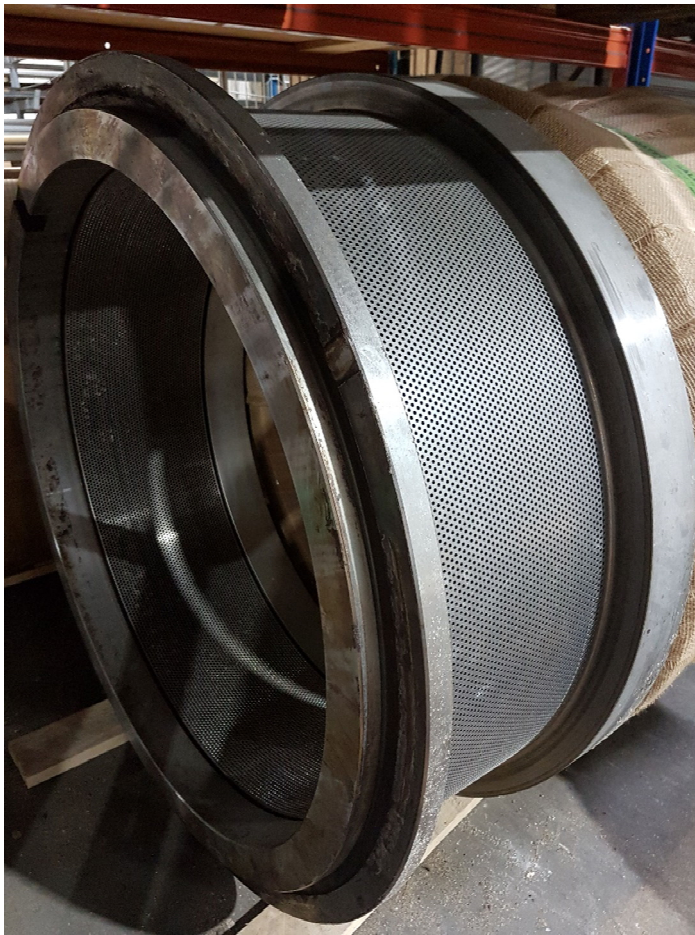
Kuva 4 Höyrysekoittaja.



### 2.3 Rakeistuskoneet

Raekoneita on neljä erilaista Turun rehutehtaalla. Rakeistuskoneita on kolmelta eri valmistajilta: yksi hollantilaiselta Van Arsenilta, yksi saksalaiselta Salmateciltä ja kaksi yhdysvaltalaiselta CPM:ltä.

Raekoneen ajoarvoja ovat tiheys ( $\text{kg/m}^3$ ), aloituskapasiteetti (t/h), kapasiteetti, sekoittajan lämpötila (celsius), höyryprosentit, kollerien pyörimisnopeus (rpm) ja virta (A). Ajaessa katsotaan raekoneen virtaa. Siihen vaikuttavat kapasiteetti, höyry ja lämpötila. Jokaisella koneella on tietty virran yläraja, mitä se ei saa ylittää. Jos se ylittyy, niin kone sammuttaa itsensä. Jos kone ei lähde päälle, niin se on tukossa. Silloin täytyy mennä kaivamaan tukkeutunut jauho pois matriisista (Kuva 5).



Kuva 5 Raekoneen matriisi.

Rakeistuskoneessa matriisi pyörii kollereita vasten (Kuva 6). Kollerit työntävät jauhon matriisin reikien läpi, josta se tulee rakeena ulos. Matriisin ulkopuolella on terät, mitkä



leikkaavat rakeen lyhyeksi. Raekoneessa tuotteen lämpötila on minimissään 81 astetta. Matriiseja vaihdetaan noin 3 - 6 kuukauden välein. Koneessa oleva korkea lämpötila ja kitka kuluttavat matriisia, jolloin raetta menee vähemmän reikien läpi. Tämä myös vaikuttaa siihen kuinka isolla kapasiteetilla voi ajaa. Matriisin koko on ilmoitettu reiän halkaisija (mm) x matriisin paksuus (mm).



Kuva 6 Raekoneen kollerit.

### 2.3.1 Rakeistuskone 1

Ensimmäisen rakeistuskoneen merkki on Van Arsen. Sen matriisin koko on 2.5 x 65 ja siinä on kaksi kollideria. Tällä koneella ajetaan kaikki minijauhetut rakeet. Tällä koneella ei voi ajaa yli 280 A virralla. Max stabiili on kun ajaa 240 A – 260 A virralla. Tämän koneen päällisiin siiloihin mahtuu jauhomaista sikarehua 24 tonnia, kanarehua 24 tonnia ja broilerirehua 28 tonnia. Tällä koneella ajetaan lääkerehuja, eli rehuja, joissa on jotain lääkeainetta tai hivenainetta, esim. sinkkiä. Rypsiöljyn ja soijaöljyn lisäksi tällä koneella voi lisätä aromiaineen rehuun. Tällä koneella on mahdollisuus puhdistusajoon. Sitä käytetään kun halutaan puhdistaa linja soijan ylijäämältä.



Kuva 7 Ensimmäinen raekone.



Kuva 8 Ensimmäinen raekone avattuna.

### 2.3.2 Rakeistuskone 2

Toisen rakeistuskoneen merkki on Salmatec. Siinä on 3.5 x 55 matriisi ja kolme kolleria. Tässä koneessa on kaksi moottoria. Tällä koneella ei voi ajaa, jos toisella moottorilla on yli 190 A virtaa, eli ei voi olla yhteensä yli 380 A virtaa. Max stabiili saadaan, kun yhden moottorin virta on 160 A – 180 A. Tämän koneenpäällisiin silloihin mahtuu jauhomaista sikarehua 24 tonnia, kanarehua 24 tonnia ja broilerirehua 28 tonnia. Tällä koneella tehdään myös lääkereskuja ja sillä on mahdollista lisätä aromiaine.





Kuva 9 Toinen raekone.



Kuva 10 Toinen raekone avattuna.

### 2.3.3 Rakeistuskone 3

Kolmannen rakeistuskoneen merkki on CPM. Siinä on 3.5 x 55 matriisi ja kaksi kolleria. Koneella ei voi ajaa yli 280 A virralla. Max stabiili on, kun ajetaan 240 A – 260 A virralla. Tämän koneenpäällisiin siloihin mahtuu jauhomaista sikarehua 24 tonnia, kanarehua 24 tonnia ja broilerirehua 28 tonnia. Tällä koneella on myös puhdistusajo-mahdollisuus.



Kuva 11 Kolmas raekone.

#### 2.3.4 Rakeistuskone 4

Neljännän rakeistuskoneen merkki on myös CPM. Siinä on 5 x 65 matriisi ja kaksi kolle-  
ria. Tällä koneella ei voi ajaa yli 280 A virralla. Max staabiili on, kun ajaa 240 A – 260 A  
virralla. Tämän koneenpäällisiin silloihin mahtuu jauhomaista sikarehua 44 tonnia, ka-  
narehua 48 tonnia ja broilerirehua 48 tonnia.



Kuva 12 Neljäs raekone.



## 2.4 Jäähdytin

Jäähdytin seuraa prosessissa heti raekoneen jälkeen. Rae jäähdytetään noin 20 asteeseen. Rakeiden jäähdytykseen kuuluu myös kuivausprosessi. Jäähdyttämällä on tarkoitus saada lämmin ja kostea rae, mikä murtuu helposti, kovaksi ja kestäväksi. Jäähdyttimestä haetaan näyte holmenia varten, jos tuote on mure tai granula. Holmen testaa rakeen kestävyys. Turun rehutehtaan kaikki neljä jäähdytintä ovat pystyjäähdyttimiä. Rae putoaa ylhäältä jäähdytimeen ja tippuu sen läpi. Jäähdyttimessä on avautuva pohja, mikä pitää rakeen siellä jäähdytyksen ajan. Kun rae on jäähtynyt, pohja avautuu ja päästää rakeen jatkamaan linjalla. Pohja avautuu hetkeksi, mutta usein, ettei kaikki jäähdyttimen rakeet tipu kerralla ja tukkisi linjastoa. Lisäksi yksi Turun rehutehtaan jäähdyttimestä on kaksipohjainen (Kuva 13).



Kuva 13 Kaksipohjainenjäähdytin.

## 2.5 Mureistin

Jos tuote on muretta tai granulaa, niin aines menee jäähdyttimen jälkeen mureistimeen. Mure on muremaista ja granula on melkein jauhomaista. Valssin välykseksi asetetaan jokin 0.9 mm – 3.7 mm väliltä. Mureistuksen ja granuloinnin etu on tietyille eläimille paremmin sopivan rehun saaminen.



Kuva 14 Mureistin.



## 2.6 Seula

Kaikki rehut paitsi granulat käyvät seulan läpi. Seulassa kiinteästä rakeesta erotetaan jauhomainen osuus. Seulasta eroteltu jauhomainen osuus ohjataan takaisin raekoneeseen tai oma rehuksi. Näin vähennetään hävikkiä.



Kuva 15 Seula.

## 2.7 Jälkirasvaus

Jälkirasvauksessa rakeeseen voidaan lisätä entsyymit, soija- ja rypsiöljyt. Jokaisella linjalla on ennen sekoittajaa syöttösäiliö ja myös sen jälkeen. Syöttösäiliössä on rajat, mistä logiikka saa tiedon sammuttaa linja tyhjennyksessä. Koska sekoittajassa jälkirasvataan tietty määrä kerralla, siellä on vaaka. Jälkirasvauksen jälkeen prosessi on valmis ja tuote menee siiloon.



Kuva 16 Jälkirasvaus (Forberg).

## 3 TYÖN TOTEUTUS

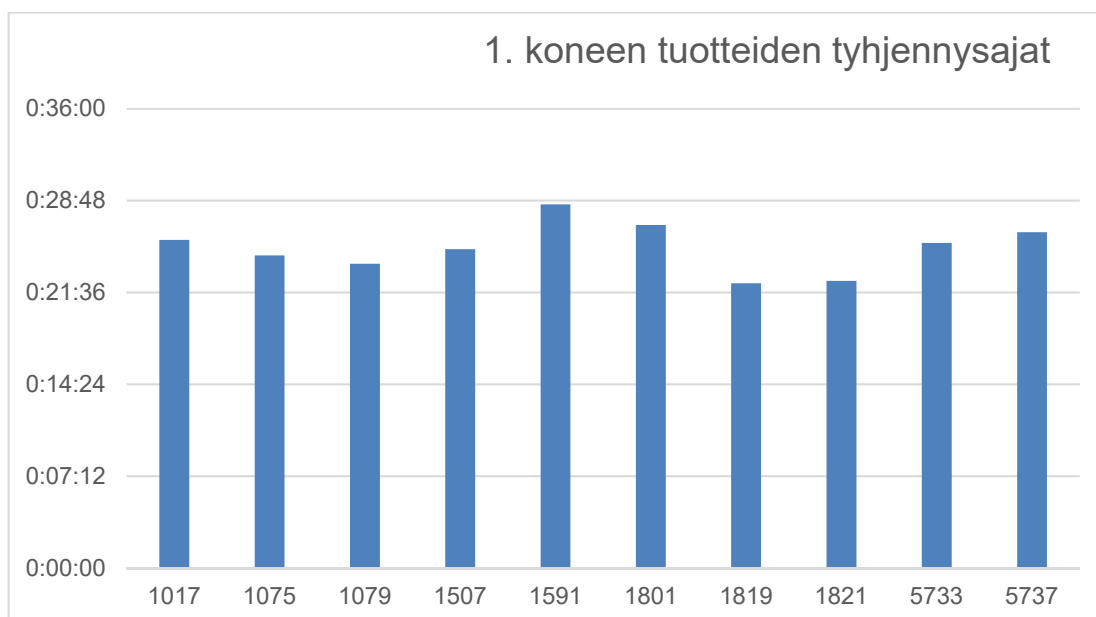
### 3.1 Työn aloitus

Työ aloitettiin opettajani Heikki Saariluoman ja tehdaspäällikkö Jarno Erkamaan sekä minun yhteisellä palaverilla, jossa sovittiin opinnäytetyön tavoitteet ja aikataulu. Joka toinen viikko pidimme tehdaspäällikön kanssa palaverin, mitä on tehty ja mihin keskitytään seuraavaksi.

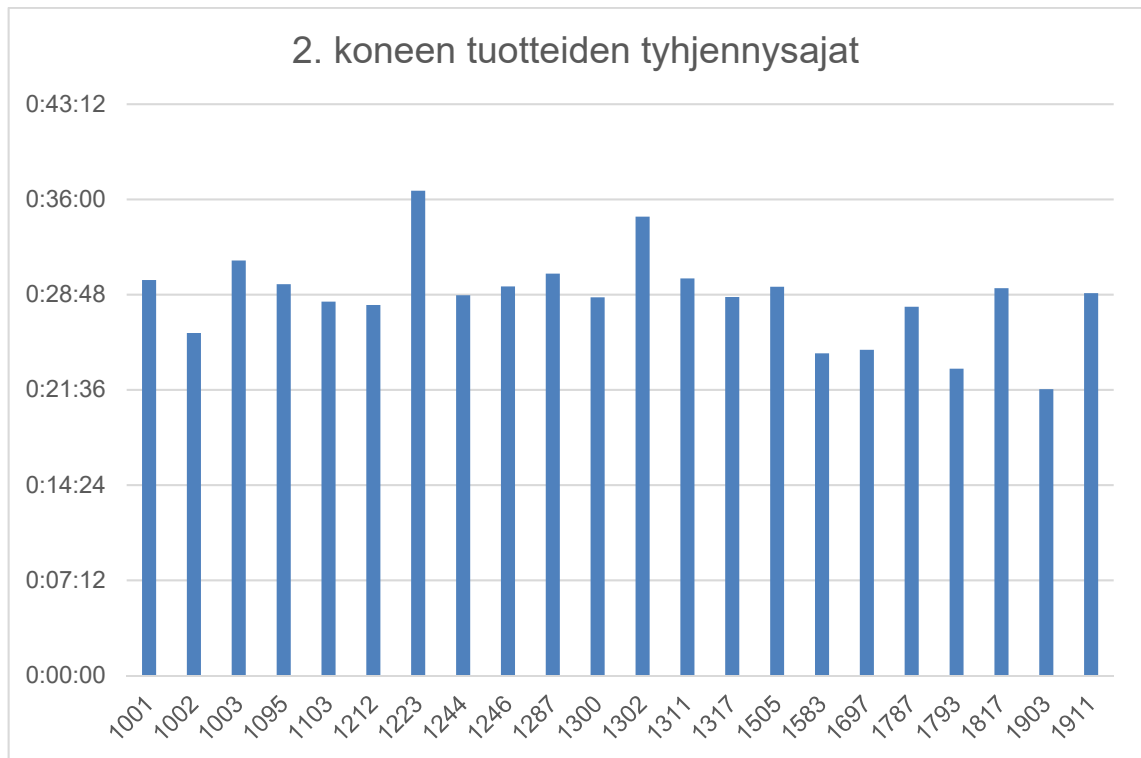
Aloitin tutkimalla koneiden tyhjentämistä. Kellotin tyhjennysaikoja, vertailin eri koneiden tyhjentämistä ja tutkin millaisia häiriöitä ilmenee tyhjentämisen aikana. Tein tyhjennysajoista kuviot, joista näkee, kuinka nopeasti eri tuotteet tyhjenivät eri koneilla.

### 3.2 Koneiden tyhjentäminen

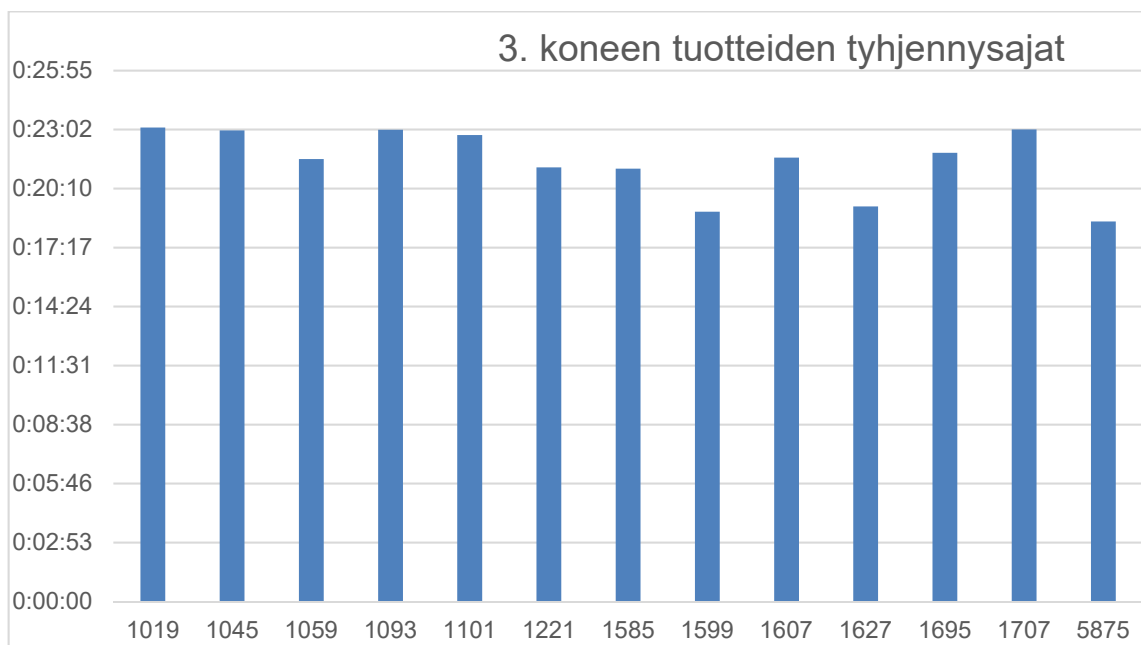
Koneen tyhjentämisessä ajettu rehu virtaa pois linjastosta siiloon. Tässä menee aina tietty aika, jonka pituuteen vaikuttavat erilaiset syyt. Näitä syitä ovat rakeen ominaisuudet, kuten paino, jälkirasvaus ja erilaiset häiriöt linjastoissa. Suurin osa tuotteista tyhjenyy 20-30 minuutissa. Nopein tuote tyhjenyy 17 minuutissa. Hitain taas tyhjentää 1 tunnissa ja 41 minuutissa.



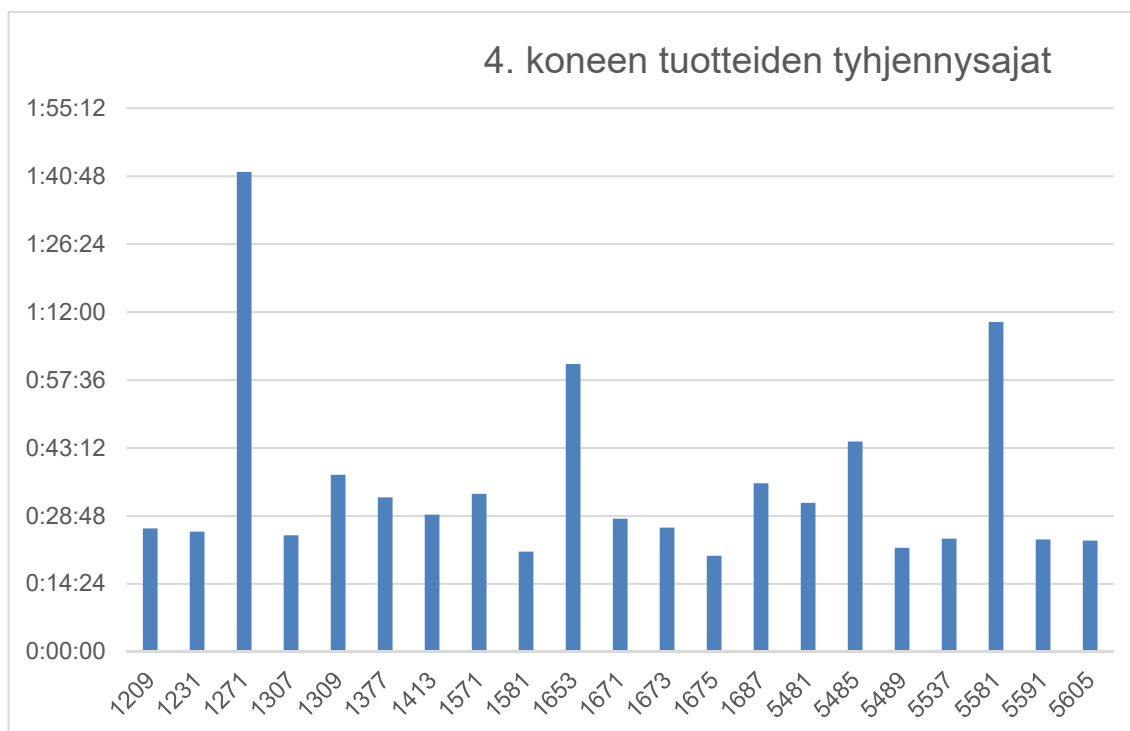
Kuvio 1 Ensimmäisen raelinjan tyhjennysajat.



Kuvio 2 Toisen raelinjan tyhjennysajat.



Kuvio 3 Kolmannen raelinjan tyhjennysajat.



Kuvio 4 Neljännän raelinjan tyhjennysajat.

Kuvioissa näkyvät tuotteiden tyhjennyksen keskiarvot. Niihin on laskettu mukaan jopa tyhjennysajat, mitkä johtuvat häiriöistä. Vasemmalla reunalla näkyy tyhjennysajat ja alhaalla näkyy tuotekoodit. Täytyy myös ottaa huomioon, että eri raelinjastoilla ajetaan eri määriä rehuja. Kuten kuvioista näkyy, niin ensimmäisen (Kuvio 1) ja kolmannen (Kuvio 3) raelinjan tuotteiden tyhjennysajoissa ei ole suurta vaihtelua. Vaihtelu hitaimman ja nopeimman tyhjennysajan välillä on noin viisi minuuttia. Toisen raelinjan tyhjennysajoissa näkyy jo yli viidentoista minuutin vaihtelu (Kuvio 2). Neljännän raelinjan vaihtelut ovat suuria; eroa on reilusti yli tunti (Kuvio 4). Tämä johtuu 4. linjan hitaasta jälkirasvauksesta.

Tyhjennykseen vaikuttavia tekijöitä on paljon. Painavampi tuote tyhjentyy nopeammin kuin kevyt, koska se menee paremmin jäähdyttimestä läpi. Rihla eli granula menee myös tyhjennyksessä nopeammin läpi, sillä se ei mene kiertoa. Erilaisia häiriöitä ilmenee joskus. Yleisimmät ovat rasvaushäiriöitä, jotka aiheuttavat jäähdyttimen tai kuljettimen ruuhkautumisen. Kun jokin linjastossa ruuhkautuu, se voi saada aikaan, ettei pelti aukene. Silloin tyhjentäminen pysähtyy. Joskus täytyy mennä itse avaamaan tukos. Neljännessä

linjastossa ilmenee myös sähköongelma, joka voi sammuttaa linjastosta koneita tai aiheuttaa häiriöitä pelteihin, rasvaukseen tai siilloon. Häiriö tosin voi tulla myös kesken ajon. Kun käy niin täytyy kuitata häiriöt ja käynnistää koneet uudelleen.

Tyhjennyksen parantamisessa pitää keskittyä jäähdytykseen ja jälkirasvaukseen. Jäähdytyksen hyvä puhdistaminen edistää tyhjennystä ja rehun ajamista. Kun jäähdytin on hyvin puhdistettu, tuote pääsee siitä hyvin läpi, eikä kasaudu sinne ja tee ruuhkaa. Neljännessä linjassa jälkirasvaus on todella hidas. Esimerkiksi jos tuotteessa on paljon soijaöljyä, tyhjentämisessä voi mennä yli tunti. Muissa linjoissa ei ole samanlaista ongelmaa jälkirasvauksessa, koska soija- ja rypsiöljyn rasvauksessa on pumpput. Neljännen linjan jälkirasvauksen saa nopeammaksi hankkimalla pumpun soija- ja rypsiöljyn rasvaukseen.

### 3.3 Jonoajo

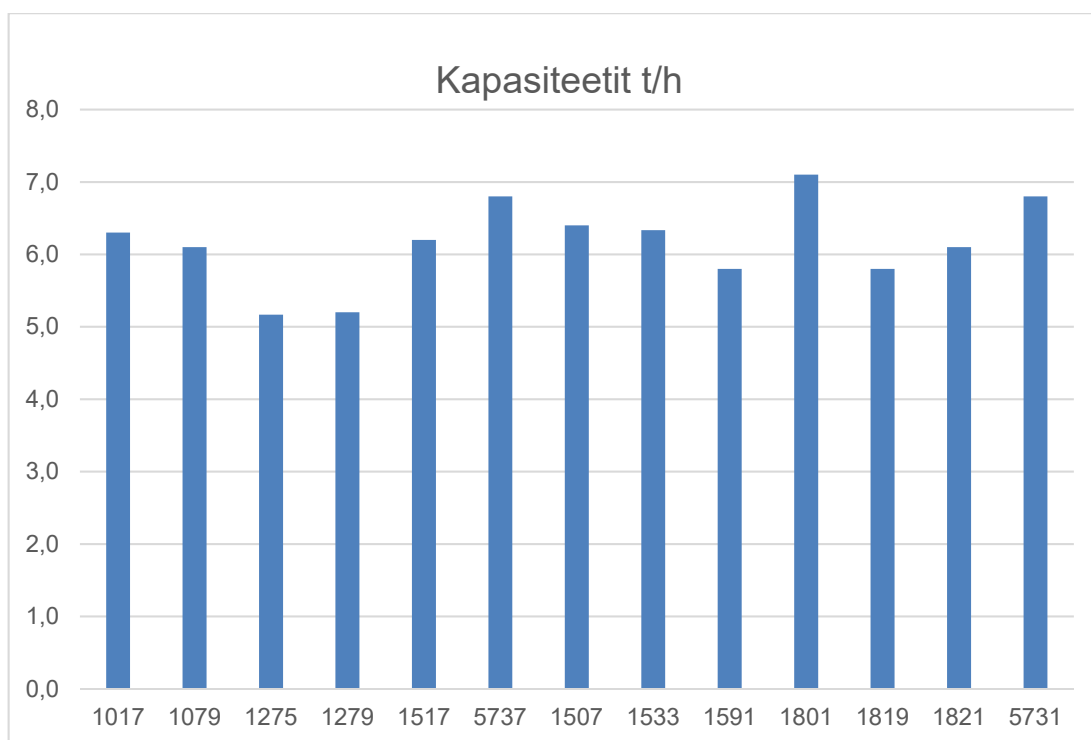
Neljännessä linjassa on kaksipohjainen jäähdytin, mikä mahdollistaa jonoajon. Eli kun tuote menee tyhjennykseen, niin seuraava tuote aloittaa ajon. Kaksipohjaisen jäähdyttimen ylempi pohja sulkeutuu, mikä estää tuotteiden sekaantumisen keskenään. Uusi tuote kerääntyy jäähdyttimen päälle, kunnes vanha tuote on poistunut sieltä. Kun tuotevaihto aika on kulunut loppuun, linjassa on vain uutta tuotetta. Tuotevaihto aika on sama kuin edellisen tuotteen tyhjennysaika.

Jonoajo nopeuttaa linjaa huomattavasti, sillä ei tarvitse odottaa tyhjennysaika loppuun, jotta voisi aloittaa uuden tuotteen ajon. Tuotevaihdon aikana uuden tuotteen kapasiteetti ja muut arvot nousevat logiikkaan laitettuihin säätöihin, millä se jatkaa ajoa edellisen tuotteen vaihduttua. Kun jonoajo on päällä, niin mikään linjasta ei sammu paitsi ensimmäinen syöttösäiliö. Tämä säästää myös energiaa.

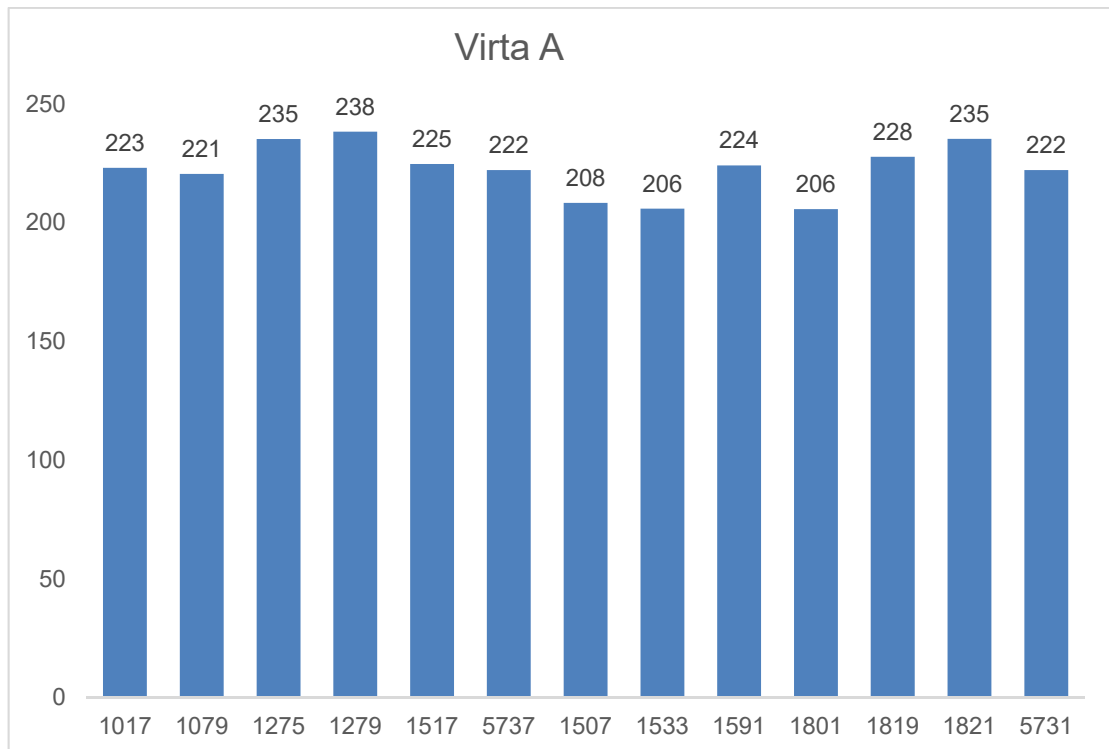
Jonoajoa ei paljon käytetä, koska neljännen linjan logiikassa esiintyy virhe, mikä voi aiheuttaa häiriön minkä tahansa laitteen linjalla. Olisi suuri ongelma, jos kaksi eri tuotetta sekoittuisivat keskenään. Etenkin jos sikarehu sekoittuisi kanarehun kanssa. Tähän ongelmaan kuitenkin etsitään ratkaisua, ja se onkin vähentynyt tämän opinnäytetyön teon aikana. Toinen ongelma on, jos syöttösäiliön alarajaan jää jotain silloin jonoajo ei toimi oikein. Tämä kuitenkin ei ole kovin yleistä. Jonoajo toimi kokeilussa hyvin, ja se voisikin olla jokaisella linjalla.

### 3.4 Kapasiteetti ja virta

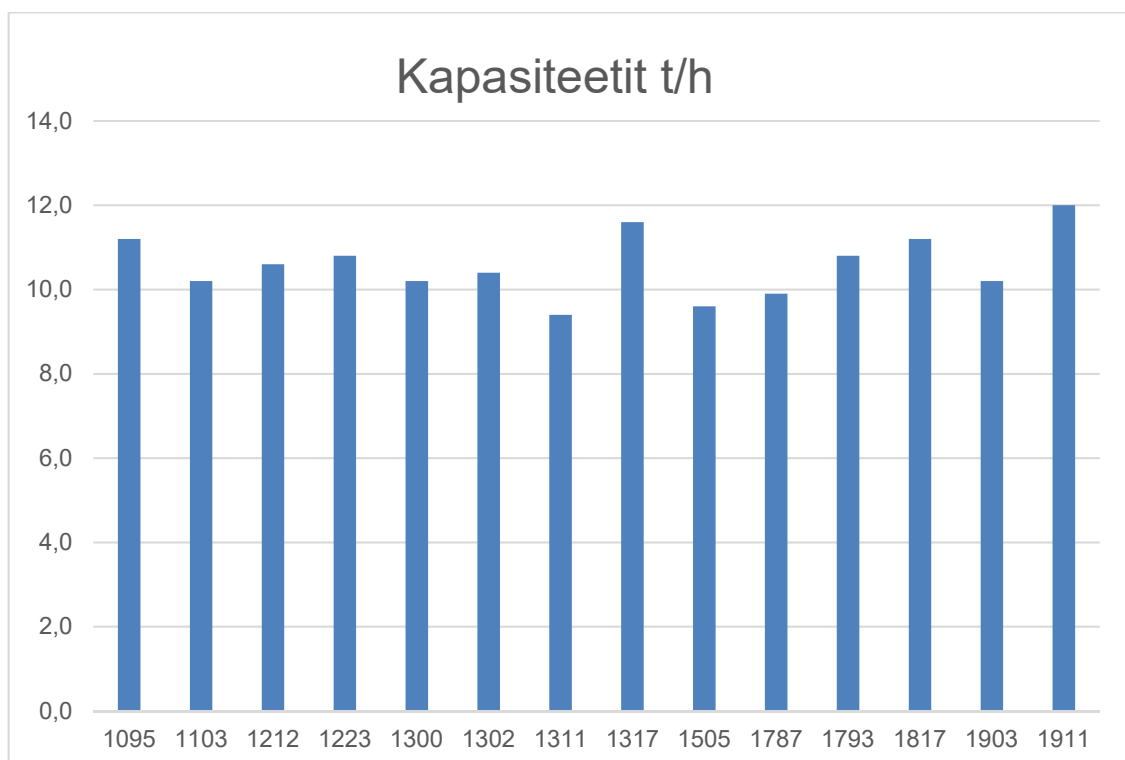
Kapasiteetti t/h määrää, kuinka nopeasti rehu menee raelinjaston läpi. Jos täytyy tehdä 40 tonnia jotain rehua ja kapasiteetti on 10 t/h, niin tämän valmistamiseen menee noin 4 tuntia. Tottakai siinä menee oma aikansa, että saavutetaan se 10 t/h kapasiteetti. Virta taas määrää, kuinka isolla kapasiteetilla voi ajaa. Jos ampeerit kasvavat liian korkeiksi, kone pienentää muutamalla tonnilla kapasiteettiä tai sammuttaa itsensä kokonaan.



Kuvio 5 Ensimmäisen raekoneen kapasiteetit.

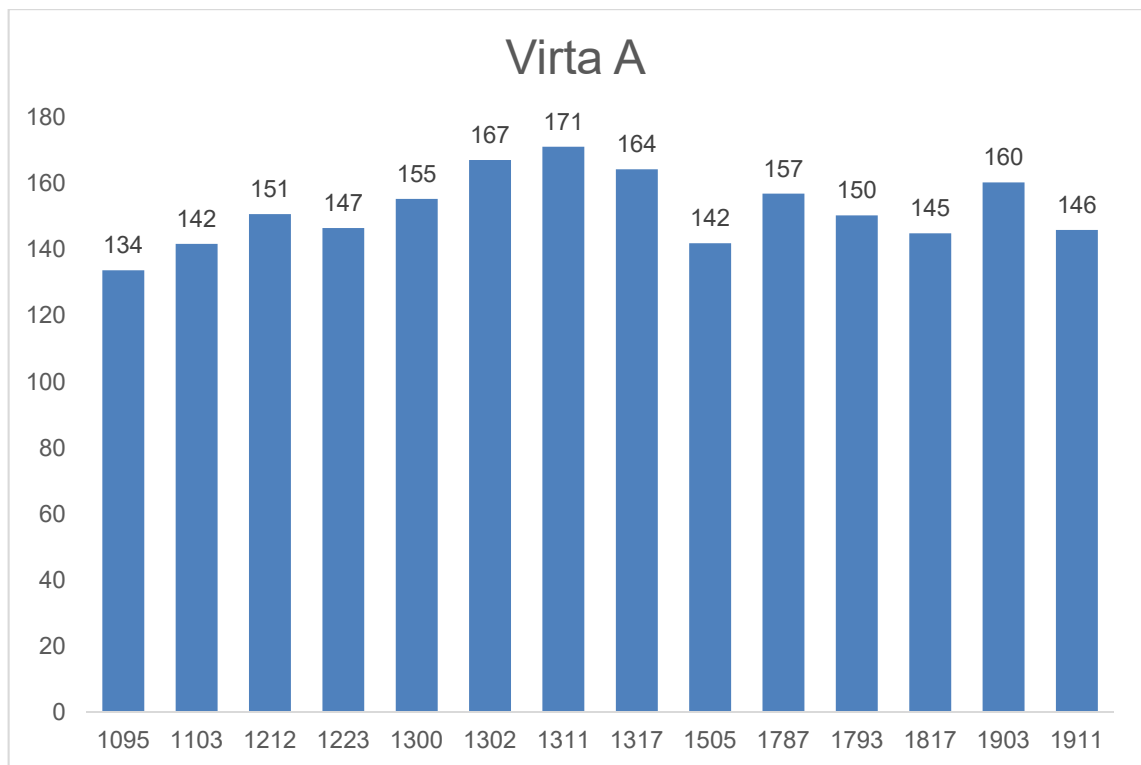


Kuvio 6 Ensimmäisen raekoneen virrat.

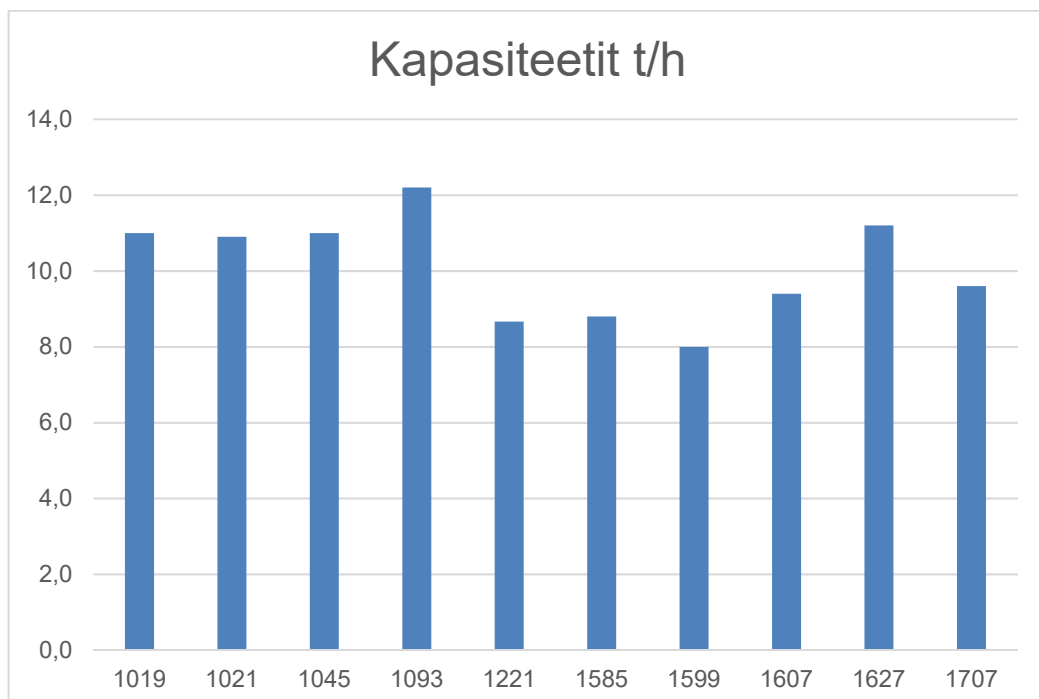


Kuvio 7 Toisen raekoneen kapasiteetit.

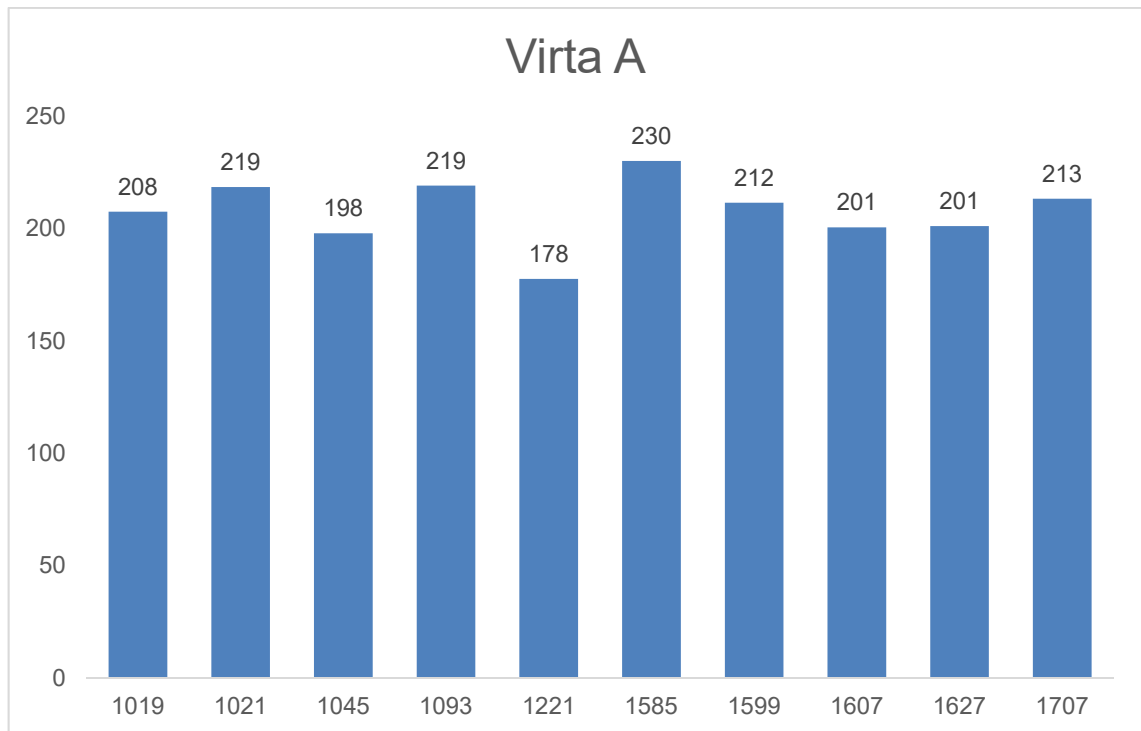




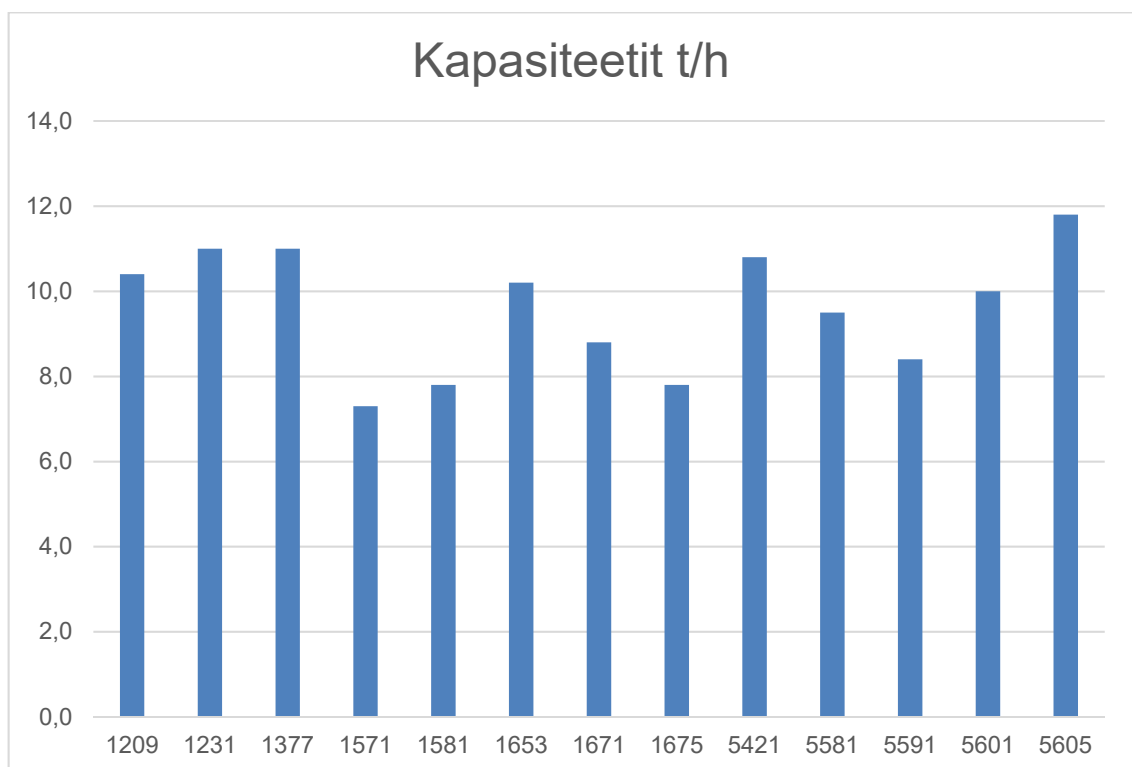
Kuvio 8 Toisen raekoneen virrat.



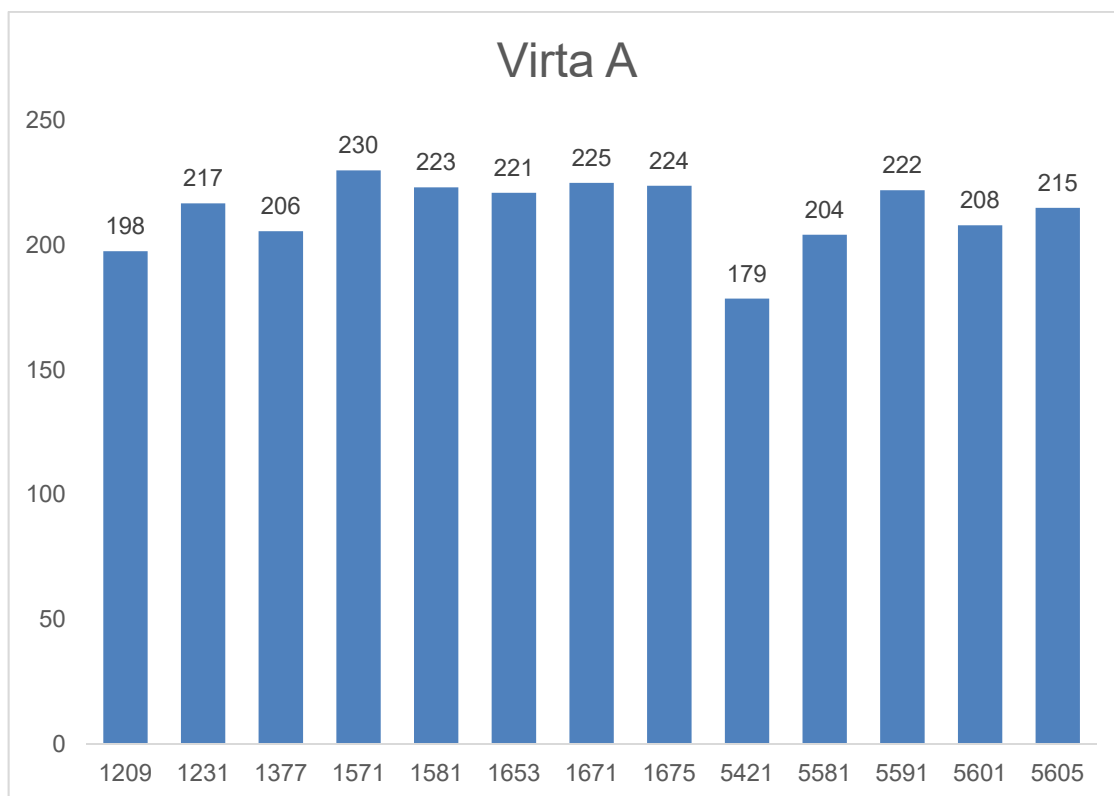
Kuvio 9 Kolmannen raekoneen kapasiteetit.



Kuvio 10 Kolmannen raekoneen virrat.



Kuvio 11 Neljännen raekoneen kapasiteetit.



Kuvio 12 Neljännen raekoneen virrat.

Eri raekoneiden kapasiteettien ja virtojen arvot on saatu rehutehtaan tietokannasta. Jokaisesta kuvioissa olevista tuotteista on katsottu viiden eri ajon kapasiteetit ja virrat. Niistä on laskettu keskiarvot, mitkä näkyvät kuvioissa. Kuvioissa ei ole laskettu mukaan ”kerralla pois” -tuotteita, eli tuotteita joita tehdään vain tilattu määrä. Tässä osiossa vertaillaan eri raekoneiden ajoja keskenään ja sika- ja kanarehujen ajoja konekohtaisesti. Tuotekoodeilla 1000-1500 ovat kanarehuja ja siitä ylöspäin ovat sikarehuja. Ajonopeuksiin ja virran suuruuteen vaikuttavat, kuinka hyvin raekone on puhdistettu, milloin matriisi on vaihdettu ja jotkin rehun raaka-aineet. Näitä raaka-aineet ovat ohra, monokalsium, kalkki ja maissi. Kaikki tulokset ovat toukokuun ajoista, milloin jokaisen koneen matriisia ei ole vaihdettu vähään aikaan.

Ensimmäisellä raekoneella ajetaan pienimmillä kapasiteeteilla. Tuotteiden kapasiteetit ovat välillä 5,2 t/h – 7,1 t/h (Kuvio 5). Ei suurta vaihtelua ajonopeuksilla. Virrat ovat välillä 206 A – 238 A (Kuvio 6). Näissä näkyikin jo yli 30 A:n ero. Sika- ja kanarehujen ajoissa ei näy mitään merkittävää eroa. Kuitenkin kuvioista huomaa, että pienimmillä kapasiteeteilla ajetuilla tuotteilla on korkeammat ampeerit ja suurilla kapasiteeteilla taas pienemmät ampeerit.

Toisella raekoneella kapasiteetit ovat välillä 9,4 t/h – 12 t/h (Kuvio 7). Eroa ajonopeuksilla on jo jonkin verran. Toisella raekoneella virtalukemat ovat pienemmät kuin muilla koneella, koska koneessa on kaksi moottoria, joista vain yhden virtaa seurataan. Todellisuudessa virta on kaksinkertainen. Ero eri tuotteiden virroissa on iso. Virrat ovat välillä 134 A – 171 A (Kuvio 8). Toisen koneen tuotteissa näkyy sama kuin ensimmäisen koneen tuotteissa eli pieni kapasiteetti, mutta suuri virta ja toisinpäin. Tuote 1505 on kuitenkin poikkeus.

Kolmannessa raekoneessa eri tuotteiden ajokapasiteettien ero on jo huomattava. Ne ovat välillä 8 t/h – 12,2 t/h (Kuvio 9). Virrat ovat aika tasaisia paitsi tuotteen 1221, mikä on 178 A. Tuotteen 1221 kapasiteetti ei ole myöskään korkea, joten jostain syystä tätä tuotetta on ajettu hiljempaa, kuin sitä pystyisi ajamaan. Muiden tuotteiden virrat ovat välillä 198 A – 230 A (Kuvio 10). Tällä koneella näyttää kuvion perusteella, että kanarehuja voi ajaa suuremmalla kapasiteetilla kuin sikarehuja.

Neljännessä raekoneessa ajokapasiteettien erot ovat myös aika suuria. Kapasiteetit ovat välillä 7,3 t/h – 11,8 t/h (Kuvio 11). Kuten kolmannessa koneessa, myös tällä koneella on tuote, mikä eroaa virran osalta huomattavasti muista. Tämä tuote on 5421. Kuitenkin 5421:n kapasiteetti on 10,8 t/h eli tätä tuotetta voi ajaa tosi korkealla kapasiteetilla. Mutta jos ajaa liian korkealla kapasiteetilla voi esim. jälkirasvaus ruuhkautua. 5421 on lähes kokonaan soijarehu, mikä selittää miksi sitä voi ajaa korkealla kapasiteetilla. Muiden tuotteiden virrat ovat välillä 198 A – 230 A (Kuvio 12). Myös tällä koneella voi ajaa yleisesti kanarehuja korkeammalla kapasiteetilla kuin sikarehuja.

## 4 RAE LINJOJEN KEHITTÄMINEN

Raelinjojen kehittämisessä keskitytään neljännen raelinjan hitaaseen tyhjennykseen ja raekoneen tehokkaimpaan käyttötapaan. Pyritään myös yhtenäistämään eri rakeistajien raekoneen käyttö. Samanlaisella raekoneen käytöllä tuotteiden laatu pysyy vakiona. Opinnäytetyössä esitettuihin tuloksiin ovat vaikuttaneet erilaiset häiriöt ajon tai tyhjen-nyksen aikana, rakeistajien erilaiset ajotyylit, reseptien vaihdokset, koneiden siisteys ja lämpötilavaihtelut.

### 4.1 Neljännen raekoneen tyhjentämisen tehostaminen

Neljännessä linjassa on hidas soija- ja rypsiöljyn annostelu. Tämä hidastaa linjan tyhjentämistä huomattavasti tuotteilla, joissa on toista tai molempia öljyä paljon. Jos ajaa korkealla kapasiteetilla, linja voi hitaan jälkirasvauksen takia ruuhkautua. Kaikilla muilla linjoilla on pumpput, joten verrataan kahta eri Grundfosin digitaalista annostelupumpputyyp-  
piä (Grundfos 2019a). Ne ovat Grundfos DDI (Grundfos 2019b) ja Grundfos DME (Grundfos 2019c).

	DDI	DME
<i>Max virtaama (l/h)</i>	150	940
<i>Min virtaama (ml/h)</i>	75 (ml)	75 (l)
<i>Max käyttöpainne (bar)</i>	16	18

Taulukko 1 Grundfos annostelupumpputyyp-  
pien vertailu.

Vertailun tuloksien pohjalta valinta osuu Grundfos DDI (Grundfos 2019b), koska öljyjä ei annostella suuria määriä. Grundfos DME (Grundfos 2019c) min virtaama on liian suuri.

#### 4.2 Raekoneen käytön yhtenäistäminen

Raekoneen kapasiteetin suuruuden määrää virta. On siis mahdotonta tehdä taulukko, missä kerrotaan, millaisella kapasiteetilla pitäisi ajaa. Siihen, miten hyvin mikäkin tuote menee läpi vaikuttaa moni asia, mitkä on mainittu kappaleessa 3.4 Kapasiteetti ja virta. Taulukko 2:ssa oleva raekoneen max ajovirta on tutkimalla saatu virtamäärä, jossa raekoneesta saadaan sen suurin hyöty käyttöön. Kapasiteettiä voi nostaa, niin kaun, että saavutetaan koneen max ajovirtaväli. Siinä on väli sen takia, että virta vaihtelee jonkin verran koko ajan. Max ajovirran yli menevä virtamäärä on vaikea ylläpitää. Virta voi nousta silloin liian korkeaksi, mikä sammuttaa koneen ja se voi mennä tukkoon. Virran suuruuteen voi vaikuttaa muillakin tavoilla, kuten raekoneen lämpöä nostamalla muuttamalla asteella. Yleensä ei ajeta yli 83 asteen lämpötilassa. Höyryä säätämällä voi myös vaikuttaa. Tosin sillä vaikutetaan lämpötilaan. Taulukko 2:ssa oleva virtojen keskiarvo on laskettu kappaleessa 3.4 Kapasiteetti ja virta olevista virran kuvioista jokaisen koneen kaikkien tuotteiden keskiarvot.

	1.kone	2.kone	3.kone	4.kone
<i>Raekoneen max ajovirta</i>	240 A – 260 A	160 A – 180 A	240 A – 260 A	240 A – 260 A
<i>Virtojen keskiarvot</i>	223 A	152 A	208 A	213 A

Taulukko 2 Raekoneen virrat.

Kuten taulukosta näkee, niin ensimmäisellä ja toisella koneella ajetaan lähelle max ajovirtaa. Kolmannella ja neljännellä koneella ajetaan huomattavasti hitaammin kuin niillä pystyisi. Jotta tuotanto saadaan mahdollisimman tehokkaaksi, pitäisi jokaisen rakeistajan pyrkiä ajamaan raekoneen max ajovirran mukaisesti. Näin saadaan myös koneiden käyttö mahdollisimman samanlaiseksi. Toki on joitakin tuotteita, kuten 5421, jolla voi ajaa niin korkealla kapasiteetilla, että jokin linjassa menee tukkoon, esimerkiksi jälkirasvausta edeltävä syöttösäiliö. Tällöin on syytä ajaa pienemmällä kapasiteetilla.

## 5 LOPUKSI

Työn tavoitteena oli selvittää, millä tavoin parannetaan Turun rehutehtaan rakeistuslinjojen käyttöä. Dataa kerättiin tyhjennysajoista, ajokapasiteeteista ja ajovirroista. Niiden perusteella päästiin lopputulokseen.

Työssä käytiin läpi, miten rakeistus toimii ja jonkin verran Turun rehutehtaan muusta tuotannosta. Työtä tehdessä tuli entistä tutummaksi rakeistus ja mitä raelinjalla tapahtuu. Opinnäytetyössä opitaan, millaisiin virtamääriin pyritään joka ajossa ja millä keinoin siihen päästään. Jonoajoon tutustuttaessa selvisi, kuinka paljon se nopeuttaa tuotantoa. Etenkin kiireisenä päivänä jonoajo on todella hyödyllinen. Neljanteen linjaan arviotiin anostelupumppua ja selvisi että Grundfosin DDI –malli (Grundfos 2019b) olisi siihen sopiva.

Tavoitteeseen päästiin ja selvisi, että se miten raekonetta käyttää tehostaa tuotantoa parhaiten. On rakeistajasta kiinni, ajaako hän raekonetta teholla, millä saadaan paras hyöty tai käyttääkö hän neljännessä linjassa jonoajoa.

## LÄHTEET

Grundfos 2019a. Annostelupumput. Viitattu 4.7.2019

<https://fi.grundfos.com/pumpputyypit/annostelupumput.html>

Grundfos 2019b. Digital dosing DDI. Viitattu 4.7.2019

<https://fi.grundfos.com/tuotteet/etsi-tuote/digital-dosing-ddi.html>

Grundfos 2019c. Digital dosing DME. Viitattu 4.7.2019

<https://fi.grundfos.com/tuotteet/etsi-tuote/digital-dosing-dme.html>

Suomen rehu 2019a. Turun rehutehdas. Yritysesittely. Viitattu 5.5.2019

<http://www.suomenrehu.fi/fi/tietoa-meistae/tehtaamme-maakunnissa/turku/>

Suomen rehu 2019b. Progres. Viitattu 24.6.2019

<http://www.suomenrehu.fi/fi/tuotekehitys/tutkittua-tietoa-siipikarjanrehuista/progres/>