

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Metsätalouden koulutusohjelma

Henri Karvinen
Henna Honkanen

PURILAIKEN HAKETTAMISEN KANNATTAVUUS JA SORVAUK-
SEN SIVUTUOTTEIDEN KORVAUKSEN OPTIMOINTI METSÄ
WOODIN PUNKAHARJUN KERTO-TEHTAALLA

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2017



OPINNÄYTETYÖ
Maaliskuu 2017
Metsätalouden koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 600

Tekijät
Henri Karvinen, Henna Honkanen

Nimeke
Purilaiden hakettamisen kannattavuus ja sorvauksen sivutuotteiden korvauksen optimointi
Metsä Woodin Punkaharjun Kerto-tehtaalla
Toimeksiantaja
Metsä Wood

Tiivistelmä

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää sorvauksen sivutuotteena syntyvien purilaiden taloudellisesti kannattavin jatkokäsittely. Vaihtoehtoina olivat myyminen kokonaisina tai niiden hakettaminen osaksi massahaketta. Lisäksi massahakkeen laatua pyrittiin parantamaan hakkurin syöttönopeuden muutoksilla ja seulan toiminnan tehostamisella.

Tutkimus toteutettiin Metsä Woodin Punkaharjun Kerto-tehtaalla tutkimalla eri syöttönopeuksien vaikutusta hakkeen palakokoon sekä massa- ja polttohakkeen jakaumaan. Näiden perusteella purilaiden haketustestit päädyttiin kohdentamaan kahdelle parhaalle tuloksia antaneelle nopeudelle viiluhakkurilla sekä perusnopeudelle purilashakkurilla. Tarvittavia laskelmia varten tähän tutkimukseen luotiin erillinen laskuri, jolla laskelmat toteutettiin.

Laskelmien pohjalta voitiin todeta, ettei purilaiden hakettaminen nykyisellään ole kannattavampaa kuin niiden myyminen kokonaisina. Syöttönopeuden huomattiin olevan sidoksissa polttohakkeen määrään ja hakkeen palajakauman keskikokoon. Viiluhakkurin syöttönopeuden 100 % todettiin olevan paras hakkeen laadun kannalta. Seulan toimintaa ei tutkimuksessa tulosten perusteella saatu parannettua peitelevyn avulla.

Tutkimuksen tulosten myötä Metsä Woodin Punkaharjun Kerto-tehtaalla on tieto siitä, millä hinnalla purilaat olisi kannattavampaa myydä kuin hakettaa sekä myös millä tavoin hakettaminen olisi kannattavinta, mikäli hakettamiseen päädyttäisiin. Myös tuotannon keinot syöttönopeuden ja seulan toiminnan osalta hakkeen laadun parantamiseksi on tämän tutkimuksen myötä kartoitettu.

Kieli
suomi

Sivuja 47
Liitteet 0
Liitesivumäärä 0

Asiasanat
Purilaat, Hakettaminen, Hake, Laatu, Metsä Wood



THESIS
March 2017
Degree Programme in Forestry
Karjalankatu 3
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
(013) 260 600

Authors

Henri Karvinen, Henna Honkanen

Title

The Viability of Peeler Cores Chipping and Optimization of the Quality of Turning By-products in Metsä Woods Factory of Laminated Veneer Lumber in Punkaharju

Commissioned by
Metsä Wood

Abstract

The purpose of this study was to investigate the most viable processing of peeler core. The alternatives were selling them whole and chipping. In addition, this study was aimed at improving the quality of pulp chip by changing the speed of chippers feed roller and intensifying the function of sieve.

This study was implemented in Metsä Woods factory of laminated veneer lumber in Punkaharju. First, investigations were targeted to the changes of feed roll speed and its effects on relation to pulp chip and wood chips for fuel. Second, on the basis of those investigations peeler core chipping tests focused on the two best speeds for veneer chipper and to basic speed for peeler core chipper. All calculations were accomplished by calculator which was made only for this study.

According to the calculations, peeler cores are more viable to sell whole than to be chipped. The speed of feed roll has an effect on relation to pulp chip and wood chip for fuel. It also effects on pulp chips piece size. The best speed for pulp chips quality is veneer chippers with 100 % speed. The sieves function seemed not to be improved with the help of the cover plate.

Metsä Woods factory of laminated veneer lumber in Punkaharju is able to use the results of this study to determine if the prize peeler cores would be more viable to sell whole than to be chipped. The factory has also information on the most viable way of chipping peeler cores if they would end up chipping them. The ways of production for improving the quality of pulp chip are now solved as well as the intensifying of sieves function.

Language
Finnish

Pages 47
Appendices 0
Pages of Appendices 0

Keywords

Peeler core, Chipping, Chip, Quality, Metsä Wood

Sisältö

1	Johdanto.....	5
2	Käsitteet.....	5
3	Tutkimuksen antaja ja hakkeen syntyminen	7
3.1	Metsä Woodin Punkaharjun Kerto-tehdas	7
3.2	Sorvauksen sivutuotteiden haketus Punkaharjun Kerto-tehtaalla	9
4	Massahakkeen laatu	10
4.1	Hakkeen laadun merkitys.....	10
4.2	Hakkeen laatuarvon laskenta.....	12
4.2.1	Hakkeen koe-otannat.....	13
4.2.2	Koeseulonta ja jaeluokat.....	13
4.2.3	Laatuarvokertoimen kaava ja hinnan laskenta.....	16
5	Tutkimuksen tavoitteet.....	19
6	Tutkimuksen toteutus.....	19
6.1	Viiluhakkurin syöttötelojen nopeuden vaikutus hakkeen laatuun	20
6.1.1	Massa- ja polttihakkeen jakauma	21
6.1.2	Seulan tehostaminen peitelevyllä	21
6.2	Purilaiden vaikutus hakkeen laatuarvokertoimeen.....	22
6.2.1	Viiluhakkuriin syötetyt purilaat.....	23
6.2.2	Purilashakkuriin syötetyt purilaat	24
6.3	Tulosten laskenta.....	24
7	Tulokset	26
7.1	Viiluhakkurin syöttönopeuden optimointi.....	26
7.2	Massa- ja polttihakkeen jakauma	28
7.3	Seulan peitelevyn toimivuus	29
7.4	Purilaiden hakettamisen vaikutus hakkeen laatuarvokertoimeen.....	30
7.4.1	Viiluhakkuri	30
7.4.2	Purilashakkuri	32
7.5	Purilaiden hakettamisen kannattavuus	34
7.6	Tulosten luotettavuus.....	37
7.6.1	Kuiva-aine.....	37
7.6.2	Hakkurin huollon vaikutus hakkeen laatutekijänä	40
7.6.3	Vetäisyefekti	41
8	Pohdinta.....	42
	Lähteet.....	47

1 Johdanto

Puuteollisuudessa syntyy vuosittain miljoonia kuutioita sahauksen ja sorvauksen sivutuotteita. Syntyneitä sivutuotteita tarvitaan mm. sellun raaka-aineeksi sekä bioenergian tuottamiseen. Sivutuotteet eli hake, puru ja kuori muodostavat noin 10% teollisuuden myyntituotoista. (Sipi 2006, 25–26.) Tehtaissa syntyvä sivutuotteen hake on näin ollen merkittävä tulonlähde tehtaalle.

Metsä Woodin Punkaharjun Kerto-tehtaalla sorvauksen sivutuotteet haketetaan ja syntyvä massahake myydään Metsä Fibren Joutsenon sellutehtaalle. Metsä Groupin vuonna 2015 muuttamat massahakkeen laatumääräykset laskivat Punkaharjun tehtaalla hakkeen arvoa noin 10 %.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää purilaiden hakettamisen kannattavuutta Metsä Woodin Punkaharjun Kerto-tehtaalla. Aihe on ajankohtainen ja tarpeellinen, koska tähän saakka sorvauksen sivutuotteena syntyvät purilaat oli myyty kokonaisina. Tämän toiminnan kannattavuudesta verrattuna purilaiden hakettamiseen ei ollut tietoa. Tutkimuksessa purilaiden hakettamisesta saatavia tuloja verrattiin niiden aiemmasta myynnistä ja hakkeen myynnistä saatuihin yhteistuloihin. Tutkimuksessa pyrittiin myös parantamaan massahakkeen laatua tuotannollisin keinoin.

2 Käsitteet

Hake: Hake jakautuu massa- ja polttohakkeeseen. **Massahake** myydään selluteollisuudelle ja **polttohake** bioenergiaksi, mikäli tuotantolaitos ei käytä sitä itse energian tuottamiseen. Tässä tutkimuksessa käsiteltävä Punkaharjun Kerto-tehtaalla syntyvä polttohake myydään Metsä Groupin sisäisesti toiselle laitokselle.

Hake on sorvauksen sivutuotteena syntyvää pyörästysjätettä sekä purilaitten haketuksen jälkeistä jaetta. Sahauksessa haketta syntyy tukkien pyörösievennyksessä sekä sahauksessa ja särmäyksessä. Hake valmistetaan tuoreesta, kuoritusta puusta. (Sipi 2016,196.) Punkaharjun Kerto-tehtaalla syntyvä hake on kuu-sihaketta, jota saadaan sorvin pyörästysjätteestä, epäkelvoista viilumaton pätkistä ja purilaista. Tämä tutkimus keskittyy ainoastaan sorvauksen sivutuotteena syntyvään haketettavaan ainekseen.

Hakkuri: Sahatavaran tai vanerin valmistuksessa syntyneet raaka-aineen tähteet haketetaan tarkoitukseen sopivalla hakkurilla. Tehdashaketuksessa käytetään rumpu- tai laikkahakkuria. Rumpuhakkuria käytetään enimmäkseen suhteellisen lyhyiden kappaleiden haketukseen ja laikkahakkuria pidemmille kappaleille. Rumpuhakkurissa terät on kiinnitetty nimensä mukaisesti rumpuun sen ulkopuolelle. (Sipi 2006, 194.) Tämän tutkimuksen yhteydessä käytettiin rumpuhakkuria.

Hakeseula: Selluksi menevä hake on seulottava ennen hakkeen kuljetusta. Hakeseulan tarkoitus on erotella liian suuret ja liian pienet tai ylipaksut hakepalat mahdollisimman tasalaatuisen hakkeen saamiseksi. (Sipi 2006, 195.)

Tässä tutkimuksessa hakkeen seulonnassa käytetään kaksitasoista tasoseulaa, jonka ylempi taso erottelee liian suuret ja paksut palat uudelleen haketettavaksi ja alempi taso erottelee hakkeen massa- ja polttihakkeeksi. Hakeseulan seulatason tasot ovat kooltaan 331mm * 300,5mm. Seulan päällimmäisen tason reiät ovat halkaisijaltaan 70 mm:n kokoisia 92 mm:n jaolla. Alemman kerroksen reiät ovat vastaavasti 10 mm:n kokoisia 13 mm:n jaolla.

Koeseula: Koeseula on hakkeen hinnan määrittelyssä käytettävä laite, jonka avulla saadaan määritettyä laatuarvokerroin. Koeseulalla seulotaan vain satunnaisia koe-otantoja. Koeseulasta kerrotaan tarkemmin luvussa 4.2 Hakkeen laatuarvon laskenta.

Kuiva-aine ja -prosentti: Kuiva-aine tarkoittaa esim. haketta joka on kuivatettu uunissa lähes täysin kuivaksi. Kuiva-aineprocentti saadaan punnitsemalla n. 200

g haketta analyysivaiheella ennen ja jälkeen kuivatuksen. Kuivatus tehdään uunissa $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ lämpötilassa vähintään 20 tuntia. (Metsä Group, ohje, 14.4.2016.) Kuiva-aineprosentti lasketaan kaavalla $\text{kuivapaino/tuorepaino} * 100$.

Laatuarvokerroin: Massahakkeesta maksetaan tietty perushinta hakkeen josta kuiva-aine tonnia kohti. Koska hakkeen laatu vaihtelee jonkin verran, perushinta kerrotaan erikseen määritetyllä laatuarvoprosentilla. **Laatuarvoprosentti** saadaan lasketuksi koeseulonnan ja laatuarvokaavan avulla. Laatuarvoprosenttia kutsutaan myös laatuarvokertoimeksi. Tässä tutkimuksessa laatuarvoprosentin sijaan käytetään nimitystä **laatuarvokerroin**.

Purilas: Purilaaksi kutsutaan sorvauksen sivutuotteena syntyvää tukin keskiötä, josta käytetään myös nimeä pikkutukki.

3 Tutkimuksen antaja ja hakkeen syntyminen

3.1 Metsä Woodin Punkaharjun Kerto-tehdas

Metsä Woodin Punkaharjun Kerto-tehdas on osa Metsä Groupin konsernia. Metsä Group on suomalainen, kansainvälisesti toimiva metsäteollisuuskonserni. Metsä Groupin emoyritys on Metsäliitto osuuskunta. Yrityksen viisi liiketoimintaa-alueita ovat Metsä Forest, Metsä Wood, Metsä Fibre, Metsä Tissue sekä Metsä Board.

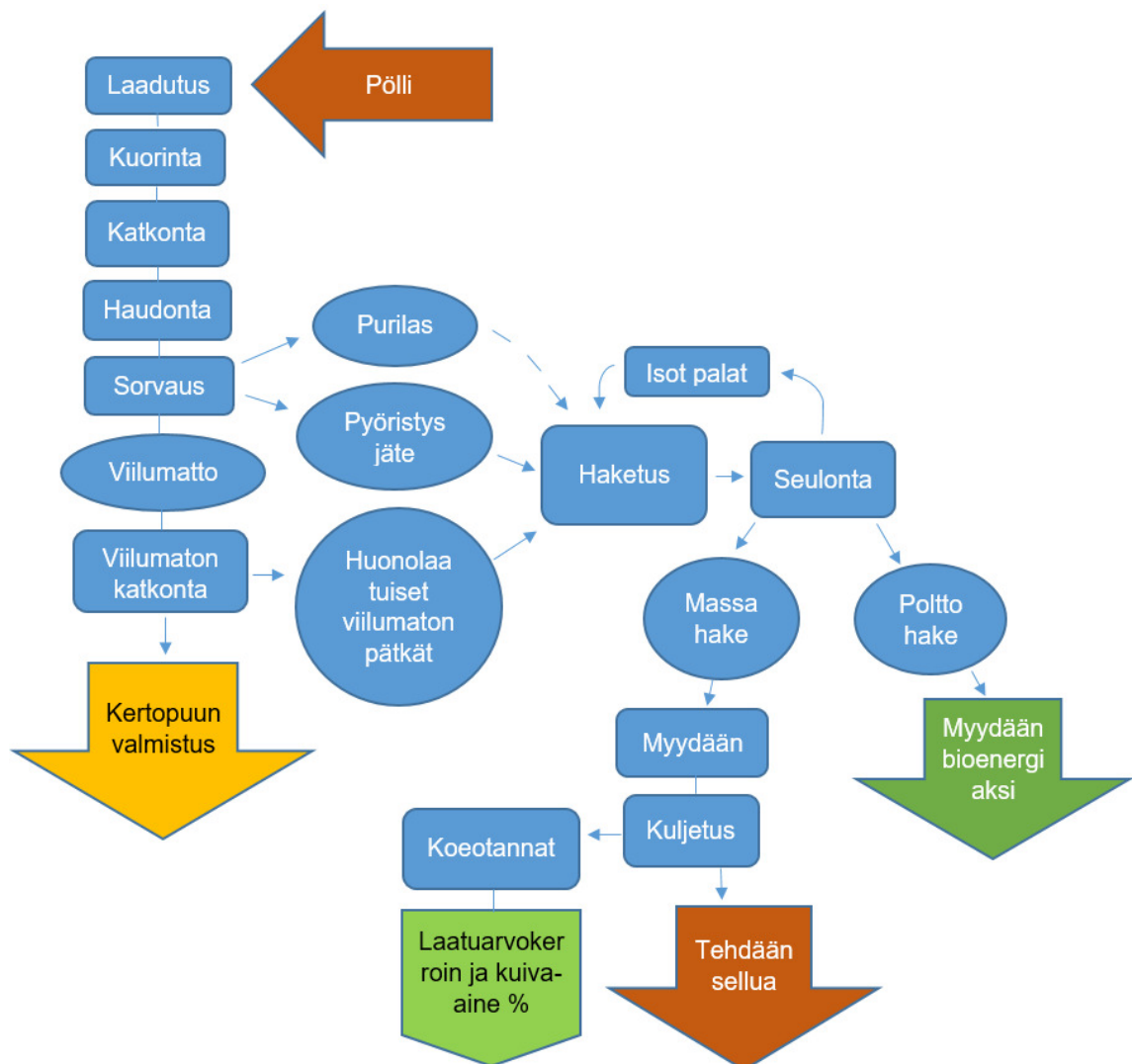
Metsä Woodin osa-alueena on valmistaa puutuotteita rakennus-, teollisuus- ja jakeluasiakkaiden tarpeisiin. Metsä Groupin liikevaihto oli vuonna 2016 4,7 miljardia euroa ja henkilöstöä 9300. Metsä Woodin liikevaihdon osuus oli 0,5 miljardia euroa ja henkilöstöä 1500. (Metsä Group 2016.)

Metsä Woodin Punkaharjun Kerto-tehdas aloitti tuotantonsa vuonna 2001. Tehdas käyttää puuta vuodessa 300 000 m³, josta valmistaa kertopuuta valmistuu noin 110 000 m³. Tehdas työllistää nykyisin (2016) noin 160 henkilöä. Kertoa

käytetään pääosin rakentamisessa kantavina elementteinä. (Metsä Wood, Intranet 2016.)

Metsä Woodin Punkaharjun Kerto-tehtaalla pääraaka-aine on kuusi. Kuusen osuus on n. 90%. Loput raaka-aineesta on mäntyä. Tehtaan käyttämästä raaka-aineesta 2/3 tulee Suomesta, 1/3 lähinnä Venäjältä. (Metsä Wood, Intranet 2016.) Raaka-aineet ovat PEFC ja FSC sertifioitua puuta.

Kuvassa 1 näytetään Metsä Woodin Punkaharjun Kerto-tehtaan tukin käsittelyn alkupään prosessit, sekä sorvin sivutuotteiden hakettaminen ja käsittely.



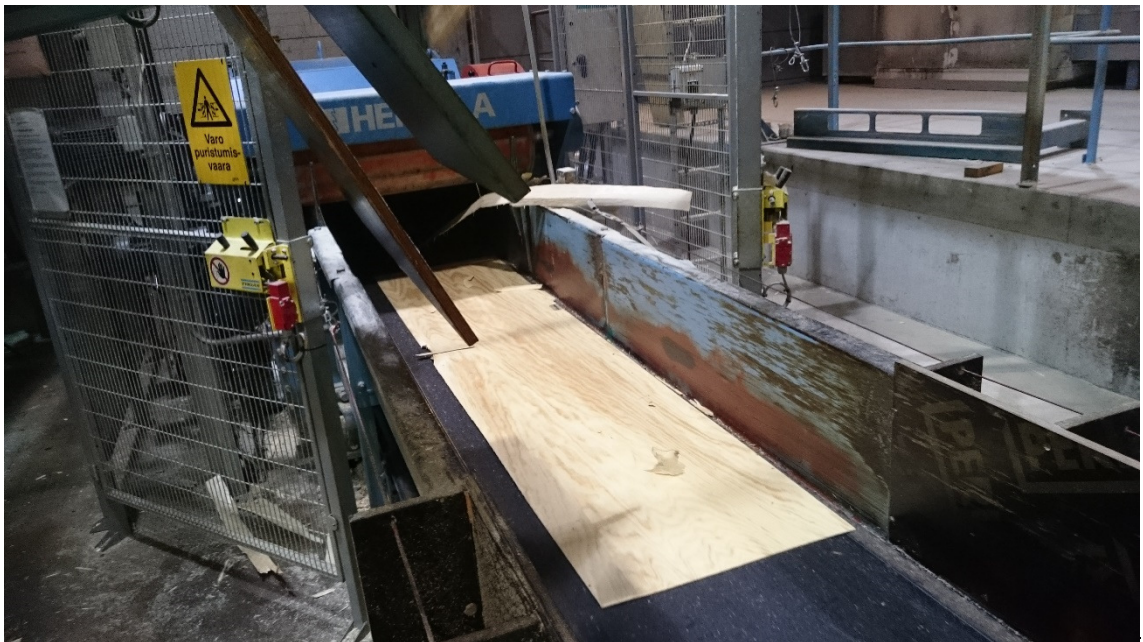
Kuva 1. Sorvin sivutuotteiden muodostuminen ja hakkeen käsittely Metsä Woodin Punkaharjun Kerto-tehtaalla. (kuva: Henri Karvinen)

3.2 Sorvauksen sivutuotteiden haketus Punkaharjun Kerto-tehtaalla

Hakkeen raaka-aineet: Hakkeen raaka-aineet ovat sorvauksen sivutuotteena syntyvää pyörästysjätettä sekä epäkelpoja viilumaton pätkiä. Viilumattojen paksuus on 3 mm ja pyörästysjätteen paksuus vaihtelee jopa yli 8 mm. Kaikki raaka-aineet ovat haudonnan jäljeltä kosteita. Hakkeen raaka-aine ei käy läpi kuivatusprosessia.

Sorvauksessa syntyvät purilaat voidaan myös hakettaa. Ennen tutkimusta purilaat kerättiin myyntiin, mutta keräyksen häiriötilanteissa purilaat ohjautuivat purilashakkuriin, josta purilashake ohjautui viiluhakkeen kanssa samaan seulaan.

Haketus: Haketettavaksi tulevat raaka-aineet kuljetetaan liukuhihnojen avulla hakkurille. Hakkurin edessä oleva syöttötela ohjaa puun kappaleen hakkurin syöttöteloille ja teriin. Syöttötelojen tarkoituksena on puristaa hakkuriin syötettävää ainesta ja määrätä syöttönopeus leikkuuterälle. Terät leikkaavat syötetyt kappaleet hakkeeksi. Valmis hake kuljetetaan telakuljettimen avulla seulaan.



Kuva 2. Viilumaton pätkä menossa hakkuriin (kuva: Henri Karvinen)

Seulonta: Hakkurilta hake siirtyy telakuljettimella seulottavaksi. Seula on kaksitasoinen tasoseula. Seulan ylempi taso lajittelee liian suuret ja paksut palat uudelleen kiertoan hakkurille. Alempi taso erottaa hakkeesta hienojakeen polttohakkeeksi. Hienojakeella tarkoitetaan tässä yhteydessä tikkujaetta ja purua. Hakkeet siirtyvät telakuljettimella ulkona sijaitseviin silloihin. Polttohake menee omaan silloonsa erilleen massahakkeesta.



Kuva 3. Tasoseula. (kuva: Henri Karvinen)

Varastointi: Seulonnan ja punnituksen jälkeen valmis hake kuljetetaan varastoitavaksi. Punkaharjun Kerto-tehtaalla hake varastoidaan silloissa, joista ne kuljetetaan autolla jatkokäyttökohteeseen. Varastointiaika on enimmillään 3vrk.

4 Massahakkeen laatu

4.1 Hakkeen laadun merkitys

Hakkeesta maksettava hinta määräytyy hakkeen määrän ja laadun mukaan. Yleisimmät laatuvaatimukset liittyvät hakkeen palakokoon ja kuoripitoisuuksiin. Li-

säksi hake tulee seuloa eikä sen joukossa saa olla vierasmateriaalia kuten muovia, hiekkaa, kiviä tai hiiltä. Hakkeen laatuun vaikuttavat useat eri tekijät, kuten puulaji, puun kosteus, syöttönopeus ja hakkurin ominaisuudet. (Sipi 2006, 196–198.) Syntyvän hakkeen laatu muodostaa osan hakkeesta saatavasta hinnasta. Laatuvaatimukset ja hinnoitteluperusteet vaihtelevat eri yritysten välillä. Sivutuotteiden myynti muodostaa hyvän osuuden sahojen ja tehtaiden myyntituotoista. Tuotannon laatutekijöihin vaikuttamalla voidaan sivutuotteiden tulot maksimoida. (Sipi 2006)

Paavola (2009,14) on tutkinut syöttönopeuden vaikutusta hakkeen palakokoon ja havainnut huonolaatuisen hakkeen määrän lisääntyneen suuremmilla nopeuksilla. Syöttönopeuden muuttamisen avulla pyrittiinkin tässä tutkimuksessa hakemaan parempaa laatuarvoa ja vähempää polttihakkeen osuutta, joiden yhteisvaikutuksella hakkeesta satava korvaus tulisi paremmaksi.

Vaneritehtaalla syntyvien sivutuotteiden osuus tehtaan myyntituloista on runsas 10 %. Tästä yksin hakkeen osuus on noin 70 %. Selluteollisuus ostaa tuotetusta hakkeesta reilut 90 %. Näin ollen hakkeesta saatava hinta on merkittävä tekijä myyntituotoissa. Koska hinta määräytyy paitsi määrän, myös laadun mukaan, on hakkeen laadulla suuri merkitys hinnan muodostumisessa. (Sipi 2006, 193, 196–197.) Hakkeen laatu vaikuttaa keskeisesti sellun keiton etenemiseen, energiankulutukseen sekä tuotettavan sellun saantoon ja laatuun (Rahikka & Juuso, 2000).



Kuva 4. Massahaketta. (kuva: Henri Karvinen)

4.2 Hakkeen laatuarvon laskenta

Massahakkeelle on sovittu perushinta kuiva-aine tonnia kohti. Hakkeen laadun vaihtelun vuoksi perushinta kerrotaan laatuarvokertoimella, joka saadaan laskeksi koeseulonnan ja laatuarvokaavan avulla. Koeseulonnassa hake jakautuu kuuteen jaeluokkaan. Jaeluokkien osuudet syötetään laatuarvokaavaan, joka muodostaa koe-erälle laatuarvokertoimen. Hakkeista maksetaan korvausta laatuakauden koe-otantojen laatuarvokertoimien keskiarvon mukaan.

Metsä Woodin Punkaharjun Kerto-tehtaan tuottaman hakkeen laatuarvokerroin lasketaan hakkeen ostajan eli Metsä Fibren Joutsenon sellutehtaan puunvastanonon yksikössä. Yksikön toimintatapa perustuu Metsä Groupin laatimiin ohjesääntöihin havuhakkeen laadun laskemisesta. Laatuarvokertoimen laskenta tapahtuu pitkälti automatisoidusti, joten mahdollisia työntekijöistä johtuvia laatueroja ei pääse syntymään. Ainoa hakkeen laatuarvon määrittämiseen vaikuttava manuaalisesti tehtävä työvaihe on koeotanta. Sen suorittaa hakeauton kuljettaja.

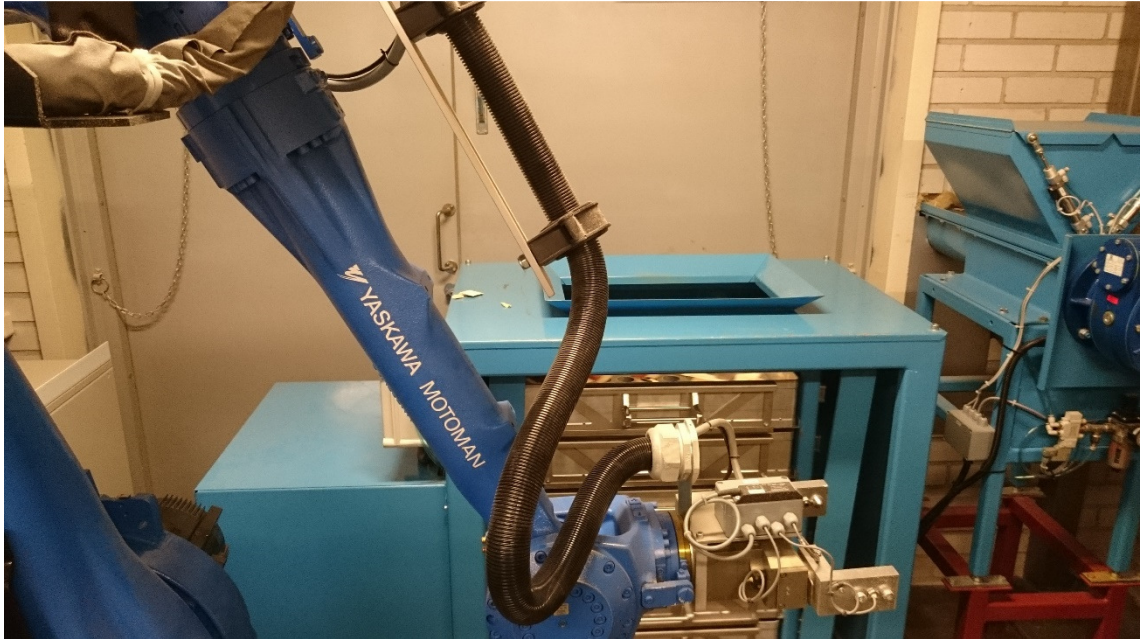
4.2.1 Hakkeen koe-otannat

Joutsenon sellutehtaan mitta-asema ohjeistaa saapuvan hakekuorman kuljettajan purkamaan kuorman ja ottamaan mahdollisen koeotannan. Hakekuorman purkamisesta ja koeotannan ottamisesta huolehtii autonkuljettaja hänelle laadittujen ohjeiden mukaisesti. Otanta on kooltaan 8–10 litraa, ja se otetaan autosta laskettavasta hakevirrasta. Otannasta otetaan noin 200 g:n erä kuiva-aineen määrittystä varten ja loput käytetään seulomiseen, jonka tuloksena saadaan jaeluokat ja laatuarvokerroin.

Otannan tekevällä hakeauton kuljettajalla on ainoa manuaalinen vaihe hakkeen laatuarvon määrittämisessä. Kuljettaja saa päättää, missä vaiheessa kuormasta laskettavasta hakevirrasta hän ottaa koeotannan. On mahdollista, että hakkeet pääsevät lajittumaan kuljetuksen aikana jolloin kuorman pohjalla olisi enemmän hienojaetta. Tällöin on mahdollista, että syntyy systemaattista eroa hakkeen koeotantojen ottajien välille. Tämä tutkimus ei kuitenkaan ota kantaa kyseiseen asiaan vaan olettaa koeotantojen tapahtuvan vääristymistä aiheuttamatta.

4.2.2 Koeseulonta ja jaeluokat

Massahakkeesta otetut koe-otannat laitetaan robottivälineeseen koeseulaan, joka seuloo haketta SCAN-CM 40:01:n standardin mukaisen ajan 10 minuuttia (\pm 10 s). Seulonnan tuloksena hakepalat jakautuvat SCAN-CM 40:01 kohdan kolme mukaisiin kuuteen eri jaeluokkaan, eli käytännössä tippuvat omaa kokoaan vastaaviin laatikoihin.



Kuva 5. Robottiaivusteinen koeseula Joutsenossa. (kuva: Henri Karvinen)

Koeseulonnassa hake jakautuu kuuteen eri jaeluokkaan seuraavasti:

- Ylisuuri, reikä > 45 mm. Seulassa on ylimmällä tasolla reikälevy, jossa on 45 mm halkaisijaltaan olevat reiät. Isot palat jäävät tähän.
- Ylipaksu, rako >8 mm. Seulan toisessa vaiheessa on ritilä, jonka rakoihin jää yli 8mm paksut palat.
- S hyväksytty, reikä >13 mm. Seulan optimitaso johon toivotaan suurinta osaa hakkeista. Taso on reikälevy.
- P hyväksytty, reikä >7 mm. Reikälevytaso.
- Tikkujae, reikä >3 mm. Reikälevytaso johon seuloutuu pääosin hienoa tikkuja.
- Puru, seulan pohja. Tasolle tulee lähinnä pölyä ja purua.



Kuva 6. Koeseulan tasoja. (kuva: Henri Karvinen)

Seulotun hakkeen jokainen jaeluokka punnitaan, jonka perusteella saadaan prosenttiosuus kunkin luokan osuudesta. Osuuksien avulla lasketaan hakkeen laatuarvokerroin. Laatuarvokertoimen määrittämisestä kerrotaan tarkemmin luvussa 6.3 Laatuarvokertoimen kaava ja hinnan laskenta.

Hakkeesta määritetään myös kuoren osuus. Käytännössä tämä ei kuitenkaan koske sorvauksesta syntynyttä massahaketta, sillä se on lähes kuoretonta. Kuoriprosentti asetetaan automaattisesti 0,3 %:iin kaikilla alle 1 % kuorta sisältävistä hakkeista.

Taulukko 1. oikean reunan Hinta % tarkoittaa laatuarvokerrointa. Laatuarvokerroin esitetään tuloksissa ilman kuoriprosentin vähennystä

Taulukko 1. Esimerkki seulonnan tuloksista ja niiden esitystavasta. (Metsä Group 2016.)

Metsä Group
MF Joutsenon mittasema
Hakkeen seulonta

03.10.2016 00:00 - 11.10.2016 23:59

11.10.2016 16:20 Sivu 1

Toim.kohde: 95051 Metsä Fibre, Joutseno
Toim.ryhmä: MG Metsä Group hake- ja sivutuot.
Laskenta: Sellu (uusi)

Varasto:
Alue:
Kauppa:

K.muoto: Auto, Juna, Alus, Uitto
Piiri:

Toimittaja: 23420 MW PunkaKerto

Toimittaja: 23420 MW PunkaKerto			Hakelaji: 921 Kuusi sahanake												
Pvm	Mittapaikka	Vot	Tuorepaino g	Kuivapaino g	Kuiva-aine %	Liuk. kuiva- aine %	>45	>8	>13	>7	>3	Pohja	Laatuarvo	Kuori %	Hinta %
03.10.2016	JOUTSENO	72236	2230,0	965,6	43,30	43,24	2,91	2,29	76,41	16,77	1,48	0,13	95,2	0,3	
05.10.2016	JOUTSENO	72948	2416,0	1055,8	43,70	43,64	4,03	1,18	82,07	11,75	0,87	0,10	95,9		
07.10.2016	JOUTSENO	73412	2310,0	995,6	43,10	43,64	1,68	1,94	81,39	13,93	0,95	0,12	97,8		
08.10.2016	JOUTSENO	73696	1922,0	816,9	42,50	43,64	3,27	2,37	77,93	15,22	1,12	0,09	95,9	0,3	
10.10.2016	JOUTSENO	74190	2203,0	931,9	42,30	43,32	2,17	2,16	76,52	17,13	1,80	0,22	95,3		
		Keskiarvo	2216,2	953,2	42,98	43,50	2,81	1,99	78,86	14,96	1,24	0,13	96,0	0,3	96,0

4.2.3 Laatuarvokertoimen kaava ja hinnan laskenta

Laatuarvokerroin määritetään koeseulotun otannan jaeluokkien osuuksien määrillä. Kunkin jaeluokan osuus syötetään kaavaan, joka antaa osuudelle tietyn arvon. Arvo voi olla positiivinen tai negatiivinen. Kaikkien jakeiden kaavojen tulokset lasketaan yhteen ja saadaan koe-otannalle laatuarvokerroin.

Taulukko 2. on esitetty Metsä Groupin vuodesta 2015 lähtien käyttämä massahakkeen laatuarvokertoimen laskentakaava. (Metsä Group, Havuhakkeiden laatuvaatimus ja vastaanotto-ohje, 6.) Peruspitoisuudet on esitetty kaavassa oletuksena siitä, kuinka paljon vajaalaatua hakkeessa oletuksena esiintyy.

Taulukko 2. Metsä Groupin massahakkeen laatuarvokertoimen laskentakaava. (Metsä Group 2016.)

Palakoon vaikutus hakkeen hinnoitteluun (selluhake)

Jae	Peruspitoisuus (%)	Arvon muutos (p on jakeen suhteellinen osuus)
Ylisuuri reikä >45mm	0,0 - 0,5 %	0,5 % - p %
*) Ylipaksu, rako 8mm	10 %	(p - 10) x 0,7 %
S hyväksytty, reikä >13mm		p = 100 %
P hyväksytty reikä >7mm	22 %	(22 - p) x 0,4 %
Tikkujae, reikä >3mm	2,5 %	(2,5 - p) x 1,0 %
Puru/pohja	0 %	- p %

*) Mikäli ylipaksun jakeen pitoisuus on yli 19 %, ei lisäbonusta lasketa ylittävälle osalle kyseisellä näyte-erällä

- Ylisuuren ja ylipaksun yhteenlasketun osuuden ylittäessä laatukaudella 20 %, leikataan laatuarvoa - 2,1 kertaa jakeiden yhteenlasketun pitoisuus 20 %:n ylittäväältä osalta
- Suurin hakkeen laatuarvo laatukaudella on 110%

Seuraavassa esimerkissä (taulukko 3) on käytetty kuvitteellisia hakkeen laadun osuuksia. Niiden avulla on laskettu arvoon vaikuttavat muuttujat, jotka yhteenlaskettuna muodostavat laatuarvokertoimen 103,7 %. Laatuarvokertoimesta vähennetään kuoriprosentti ennen hakkeen hinnan määrittämistä. Tämä tarkoittaa, että mikäli hakkeen laatuarvokertoimien aritmeettinen keskiarvo olisi ollut 103,7 %, vähennetään tästä 0,3 % (kuoren osuus).

Taulukko 3. Esimerkki laatuarvokertoimen laskennasta.

Jae	Osuus (p) %	Arvon muutos	Laatuarvo %
Ylisuuri reikä >45mm	1,00	0,5 % - <u>1</u> %	-0,5
Ylipaksu, rako 8mm	11,00	(<u>11</u> - 10) x 0,7 %	0,7
S hyväksytty, reikä >13mm	73,00	p=100	100
P hyväksytty reikä >7mm	12,00	(22,0 - <u>12</u>) x 0,4 %	4
Tikkujae, reikä >3mm	2,00	(2,5 - <u>2</u>) x 1,0 %	0,5
Puru/pohja	1,00	<u>1</u> x (-1)	-1
Yhteensä	100,00		103,7 %

Osuudet on sijoitettu alleviivattuina kaavaan.

Hakkeen laatuarvokertoimen jakeiden osuuksilla on maksimimäärät, jotka eivät saa ylittyä keskiarvoa laskettaessa. Tällaisia ovat >45 mm ylisuuren ja 8 mm ylipaksun osuuksien summa, joka ei saa olla yli 20 % sekä tikkujakeen reikä >3 mm ja pohjan/purun osuus 7 %. Mikäli nämä arvot ylittyvät, hakkeen hinta putoaa. Yksittäisellä hakeotannalla laatuarvokerroin saa olla yli 110 %, mutta laatuarvokaudella keskiarvo voi olla enintään 110 %. Mikäli laatuakauden keskiarvo olisi yli 110 %, asetettaisiin arvo 110 %:iin.



Kuva 7. Tikkujaeetta ja purua. (kuva: Henri Karvinen)

Laatuarvokertoimen kaavasta on pääteltävissä, että parhaimmassa mahdollisessa hakkeessa olisi 20 % 45 mm leveästä reiästä seuloutuneita pitkiä/paksuja

hakepaloja, joiden paksuus on yli 8 mm. Loput 80 % hakkeesta olisi ”optimi” haketta eli 45 mm leveästä reiästä seuloutuvaa ja alle 8 mm paksua, mutta sen verran pitkää, että se ei mene läpi 7 mm reiästä. Tällaisella palakoolla saataisiin siis kaikki mahdollinen lisäarvokerroin hakkeelle, jolloin yhteenlaskettu arvokerroin olisi 118,8 %. Hakkeen otantakauden keskiarvo voi kuitenkin olla vain 110 % jolloin laadusta otettaisiin pois 8,8 %. Tällainen optimaalinen 118,8 % laatuarvokerroimen hake ei kuitenkaan ole käytännössä mahdollista, sillä hakkuri tuottaa säädoistä huolimatta usean eri kokoluokan paloja. Vääränkokoisia paloja pystytään vähentämään seulonnalla.



Kuva 8. Optimaalista >7 mm reikälevylle jäänyttä haketta. (kuva: Henri Karvinen)

Massahakkeen hinnan laskennan voi esittää kaavana: Hakkeen määrä * Laatu-
kauden keskimääräinen kuiva-aineprosentti * sovittu kilohinta * laatu-
kauden keskimääräinen laatuarvokerroin = massahakkeesta maksettava korvaus.

Polttohakkeesta saatava hinta määritellään kertomalla toimitustilaisen hakkeen
energiasisältö määrättyllä hinnalla. Nyrkkisääntönä voi pitää polttohakkeen ole-
van puolet massahakkeesta saatavasta korvauksesta (Sorjonen, 2016).

5 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää purilaiden hakettamisen kannattavuus. Vaihtoehto purilaiden hakettamiselle oli niiden myyminen kokonaisina. Tutkimuksen tulosten myötä Punkaharjun Kerto-tehtaalla on käytettävissä tiedot siitä, onko purilaat kannattavampaa hakettaa kuin myydä kokonaisina.

Purilaiden hakettamisen kannattavuuden selvittämisen lisäksi tavoitteena oli parantaa massahakkeen laatua hakkurin syöttönopeuksia muuttamalla ja hake-seulan toimintaa tehostamalla. Hakkeen laadun parantamisen myötä tavoitteena oli optimoida hakkeesta saatava hinta. Hinnan optimoinnissa määräävinä tekijöinä toimivat eri syöttönopeuksilla saatavat hakkeen laatuarvokerroimet ja kyseisten nopeuksien massa- ja polttihakkeen jakauma. Tarvittavia kannattavuus- ja optimointilaskelmia varten tähän tutkimukseen täytyi luoda erityinen laskuri, jolla laskelmat oli helppo toteuttaa.

6 Tutkimuksen toteutus

Hakkeesta puhuttaessa tulee ymmärtää, että hakkuri ei tee yhdenmukaista haketta, vaan hakkeiden pituudet ja paksuudet vaihtelevat yhdenmukaisista asetuksista huolimatta. Hakkurin syöttötelojen nopeudella pystytään kuitenkin säätämään hakkeen palakoko keskimääräisesti. Tämän avulla haluttiin tutkia pystyisikö hakkeen laatuarvokerrointa parantamaan. Hakkurin terän pyörimisnopeutta ei ollut mahdollista muuttaa, joten muutokset haketusprosessissa jouduttiin tekemään vain syöttönopeuden muutoksilla.

Tutkimus aloitettiin testaamalla viiluhakkurin syöttötelojen nopeuden muuttamista. Teoriatasolla oli oletettavaa, että syöttönopeus vaikuttaa hakkeen palan pituuteen, kun rumpuhakkurin terän pyörimisnopeus pysyy vakiona. Syöttönopeuden hidastaminen lyhentää palojen pituutta ja nopeuttaminen taas pidentää

niitä. Tämä oletus piti myös paikkaansa, kun syöttönopeutta muutettiin. Asia todennetaan luvussa 7.1 Viiluhakkurin syöttönopeuden optimointi.

Syöttönopeutta pystyy vaihtamaan hakkurin kontrollointipaneelissa olevasta säätimestä. Syöttönopeuden vaihtoa suoritettaessa tulee huomioida, etteivät hakkeet mene sekaisin siiloissa. Siilojen syöttöä pystytään ohjamaan ja sulkemaan vanhan nopeuden haketta sisältävä siilo. Syöttönopeuden vaihdosta pitää myös informoida hakkeen kuljettajaa ja selvittää, milloin viimeinen puhdas kuorma edellistä nopeutta on lähtenyt ja milloin puhdas kuorma uutta haketta on lähtenyt. Näin saadaan selville mitkä koeseulonnat kuuluvat mihinkin syöttönopeuteen.

Hakkeen koeseulonnat tehtiin Metsä Fibren Joutsenon sellutehtaan puuvastaanotossa, jossa koeseulonta normaalistikin suoritetaan. Testeistä saadut tulokset analysoitiin tutkimusta varten tehdyllä laskurilla.

Tutkimus suoritettiin järjestyksessä, jossa haettiin ensin parasta korvausta tuotettavaa syöttönopeutta. Kun syöttönopeuksista oli saatu kohdennettua tuottavimmat nopeudet, voitiin näitä kokeilla purilaiden hakettamiseen. Tuottavimmat nopeudet saatiin laskettua tutkimukseen tehdyllä laskurilla (luku 6.3 Tulosten laskenta). Kyseisellä laskurilla laskettiin myös lopputulos purilaiden hakettamisen kannattavuudesta.

6.1 Viiluhakkurin syöttötelojen nopeuden vaikutus hakkeen laatuun

Tehtaalla syöttötelojen nopeutena oli pidetty maksimia eli 100 % nopeutta. Tutkimuksessa pääteltiin, että mikäli syöttönopeus voisi parantaa hakkeen laatua, tulisi se löytymään nopeuksien 50 %–100 % väliltä. Päätelmä perustui hakkeen laatuarvon kaavaan jossa liian pieniksi paloiksi tehty hake ei voisi antaa hyvää laatuarvokerrointa. Nopeuksien testaaminen aloitettiin nopeudesta 50 %, koska nopeudesta 100 % oli jo saatavissa otantoja, joita oli tehty normaalisti hakkeen hinnan määrittämiseksi. Muut testattavat nopeudet valikoituivat näiden kahden nopeuden testien tulosten perusteella.

Jokaista tutkimuksessa käytettyä syöttönopeutta tutkittiin noin viikon testijaksoissa kahdeksan viikon ajan. Tänä aikana Metsä Fibren Joutsenon tehtaalla otettiin koe-otantoja, joista ilmeni palakokojakauma ja niiden muodostama laatu-arvokerroin. Kustakin nopeudesta saatiin 5–10 virallista laatuarvo-otantaa.

6.1.1 Massa- ja polttihakkeen jakauma

Muutettaessa hakkurin syöttötelojen nopeutta, tutkimuksessa havaittiin hakepalojen keskikoon pienenevän syöttönopeutta hidastettaessa. Asia käy ilmi luvussa 7.1 Viiluhakkurin syöttönopeuden optimointi. Tätä ajatellen olisi myös loogista, että syöttönopeuden hidastuessa hienojakeen määräkin kasvaisi, joka johtaisi siihen, että pienillä nopeuksilla hakkeesta alkaisi tulla enemmän polttohaketta kuin suurilla nopeuksilla. Hakkeen hinnoittelussa polttihakkeen hinta on noin puolet massahakkeen hinnasta, joten syöttönopeuden vaikutus massa- ja polttihakkeen määrään oli syytä ottaa tutkimukseen mukaan.

Tutkimus toteutettiin syöttämällä noin puolen vuorokauden aikana tulevat hakkeet tyhjiin siloihin. Kaikkien tänä aikana kertyneiden massa- ja polttihakkeiden punnitsemiseen käytettiin kuorma-autoa, joka punnitsi hakelastien täyspainot autovaa'alla. Ajan säästämiseksi tyhjäpainot mitattiin vain aloitus ja lopetushetkillä. Vähentämällä kuormien nettopainoista tyhjäpainon saatiin laskettua hakkeen kokonaispaino. Sama toistettiin neljällä eri syöttönopeudella. Saaduilla määrillä laskettiin hakkeiden suhde kullekin syöttönopeudelle.

6.1.2 Seulan tehostaminen peitelevyllä

Tutkimuksen aikana huomasimme, ettei hakeseulan ylin taso toimi aivan optimaalisesti. Seulan alkupäässä, hakkeen putoamiskohdassa on suuri pudotusmatka. Tästä syystä suuret hakepalat ehtivät pudotessaan kääntyä pystyyn. Tällä kohdalla seulassa on reikiä, joista pitkät hakepalat pääsevät pudotessaan ”sukeltamaan” pystysuunnassa seulan ylimmän tason läpi, vaikka normaalissa vaakasuunnassa eivät seulaa läpäisisikään.

Hake seuloutuu tavallisesti alemmalle tasolle ennen seulan tason puoliväliä. Tutkimuksessa kuitenkin havaittiin, että suuremmat palat joutuivat kulkeutumaan pitkän matkan seulan pinnalla ennen kuin ne pääsivät uudelleenkiertoon. Tällä tehotomalla seulan osalla palat saattoivat kuitenkin hyppiä niin, että liian suuriakin paloja seuloutui läpi.

Seulan toiminnan parantamiseksi tehtiin metallilevy, joka peitti noin puolet seulan ylemmän tason pinta-alasta. Levy esti isojen hakepalojen ”sukeltamisen” tasolle pudotessaan ja auttoi hakepaloja levittäytymään tasaisesti seulan tasolle.



Kuva 9. Tasoseulaan asennettu peitelevy näkyy seulan yläpäässä. (kuva: Henri Karvinen)

6.2 Purilaiden vaikutus hakkeen laatuarvokertoimeen

Purilaasta tehtävän hakkeen määrä ja sen vaikutus kokonaishakkeen kuiva-aineprosenttiin ja laatuarvokertoimeen muuttavat hakkeesta saatavia tuloja. Saatuja tuloksia verrattiin kokonaisten purilaiden myynnistä ja pelkästä viiluhakkeesta saataviin tuloihin. Tutkimuksessa käytettyjen purilaiden koko oli sama niin haketettaessa kuin kokonaisina myytäessäkin.

Purilaiden hakettamiselle oli kaksi eri vaihtoehtoa: hakettaa purilaat joko viiluhakkurilla tai purilaille erikseen tarkoitettulla purilashakkurilla. Purilaiden hakettaminen yhdessä viulun kanssa viiluhakkurilla oli tuottanut hyviä laatuarvoja Metsä Woodin Suolahden vaneritehtaalla, joten vastaava hakettamistapa haluttiin ottaa tutkimukseen mukaan.

6.2.1 Viiluhakkuriin syötetyt purilaat

Ensimmäisenä testattiin purilaiden hakettaminen viiluhakkurilla yhdessä muun hakemateriaalin kanssa. Tätä haketustapaa haluttiin testata, koska Metsä Woodin Suolahden vaneritehtailla oli saatu hyviä laatuarvokertoimia kyseisellä tavalla.

Punkaharjun Kerto-tehtaalla ei ole purilaiden syöttölinjastoa viiluhakkurille, joten syöttö täytyi tehdä manuaalisesti. Purilaan syöttö toteutettiin linjaston kohdasta, joka sijaitsi hihnalla ennen pyörästysjätteen ja viilumattojen leikkaustähteen pudottamiskohtaa. Kyseiseen linjaston kohtaan oli tehtaalle suunniteltu purilaan pudotuspaikka, mikäli purilaita olisi kannattavaa alkaa hakettaa viiluhakkurilla. Purilaita syötettiin liukuhihnalle pitkäaissuunnassa manuaalisesti tasaiseen tahtiin vastaamaan tukkien sorvaamisen nopeutta, eli purilas heitettiin linjalle aina tukin sorvaamisen jälkeen.

Testi tehtiin kahden työvuoron, eli 16 tunnin aikana. Ensimmäisen vuoron aikana viiluhakkurin syöttönopeus oli 100 %, ja toisen vuoron ajan 70 %. Syöttönopeudet olivat valikoituneet syöttönopeustestistä, jonka tuloksia voi lukea luvusta 7.1 Viiluhakkurin syöttönopeuden optimointi. Todettakoon, että nämä nopeudet olivat osoittautuneet parhaimmiksi laatuarvokertoimeltaan ja kahta nopeutta haluttiin testata, koska purilaan hakettamisen käyttäytymisestä ei ollut käytännön tietoa. Ilman parempaa tietoa pelkona oli, että 100 %:n nopeus tekisi paloista liian suuria eli yli 45 mm:n kokoisia. Sorvi säädettiin tekemään purilaista testien ajan läpimitaltaan 78 mm.

Yhden työvuoron aikana haketta syntyi yksi hakekuormallinen. Hakekuormasta otettiin yhteensä 8 koeotantaa Joutsenossa. Toisen vuoron hake käsiteltiin samalla tavalla.

6.2.2 Purilashakkuriin syötetyt purilaat

Metsä Woodin Punkaharjun-Kertotehtaalla on erityinen purilashakkuri purilaiden hakettamisen varalta. Purilashakkurin toimintaperiaate on samanlainen kuin viiluhakkurinkin. Hakkuri on kooltaan viiluhakkuria pienempi rumpuhakkuri. Vaikka purilaat on Kerto-tehtaalta pääsääntöisesti myyty, oli purilashakkuri toiminnassa häiriö- ja ongelmatilanteiden varalta. Purilashakkuri oli oletuksena säädetty 95 %:n syöttönopeuteen. Tätä nopeutta ei muutettu tutkimusta varten eikä tutkimuksen aikana.

Purilaat voitiin syöttää erikseen purilashakkuriin, josta hake kulkeutui samalle seulalle viiluhakkeen kanssa. Hake, jonka joukkoon purilashakkurilla hakettu hake meni, oli hakettu viiluhakkurilla 100 % nopeudella.

Tutkimusta toteutettiin kahdeksan vuorokauden ajan, jolloin kaikki purilaat ohjattiin kulkeutumaan purilashakkuriin. Purilaiden halkaisijana oli 78 mm. Hakekuormista otettiin 1 otanta/kuorma. Yhteensä otantoja saatiin 15 kpl. Purilashake sisälsi myös viiluhakkurin tekemää viiluhaketta. Viiluhakkurin nopeus pidettiin testissä 100 %:ssa.

6.3 Tulosten laskenta

Hakkeista saatavien tulojen laskemiseksi tehtiin Microsoft Officen taulukkolaskentaohjelma Excelillä laskuri. Laskurin tarkoituksena oli simuloida hakkeista ja purilaiden hakettamisesta tai myymisestä saatavat tulot ja verrata näitä keskenään. Lähdehintoina käytettiin Punkaharjun tehtaalta saatuja hintatietoja, jotka perustuivat todellisiin myyntihintoihin.

Tausta aineisto jolla saatiin laskettua vuoden aikana kertyvät hake- ja purilasmäärät, perustuivat Punkaharjun tehtaan vuoden 2016 tammi- elokuun tilastoihin. Tänä aikana tehdas oli toiminut normaalisti ilman taukoja, joten kertomalla määrät vuodelle, vastaavat määrät jotakuinkin normaalia tauotonta toimintaa. Tuolloin purilaita myytiin eri kokoluokissa ja purilaan keskikoko oli suurempi kuin tutkimukseen käytetyissä purilaissa. Vuonna 2016 myydyssä hakkeessa oli myös mukana hieman purilashaketta, jota oli haketettu purilashakkurilla pieniä määriä. Nämä asiat huomioitiin laskurissa, jotta hakkeiden ja purilaiden suhteet pitäisivät paikkaansa.

Laskuri tehtiin huomioimaan massa- ja polttohakkeen määrän muutoksen tulevaisuuden tilanteelle. Laskuri jakaa hakkeet poltto- ja massahakkeiksi luvun 7.2 Massa- ja polttohakkeen jakauma kokeen tulosten perusteella. Kuiva-aineprosentti suhteutetaan purilashakkeelle ja siitä syntyvälle polttohakkeelle. Tämä perustuu hakkeen ja purilasmassan suhteeseen, sekä purilaan ja massahakkeen testattuihin kuiva-aineprosentteihin. Laskuri laskee polttohakkeelle myyntiarvon, joka perustuu toimitustilaisen polttohakkeen energiasisältöön MWh:ssa. Lopuksi massahakkeen hinta kerrotaan saadulla laatuarvokertoimella. Laskuri antaa euronääräiset vastaukset kysytylle syöttönopeudelle (€/vuosi). Tuloksen voi katsoa joko skenaariossa missä purilaat myydään kokonaisina tai haketetaan.

Laskurissa ei huomioida purilaiden hakettamisen myötä nousevia massahakkeen kuljetuskustannuksia, koska Metsä Groupissa käytetään siilohintoja, jonka vuoksi kuljetuskustannukset eivät kohdistu Punkaharjun tehtaalle. Eri virhetekijöiden sekä investointikustannusten takia luvussa 7.5 Purilaiden hakettamisen kannattavuus käytetään merkittävän tuloksen rajaa. Raja kuvastaa tuloja, joilla purilaiden hakettaminen olisi vuositasolla kannattavampaa kuin niiden myyminen kokonaisina.

7 Tulokset

7.1 Viiluhakkurin syöttönopeuden optimointi

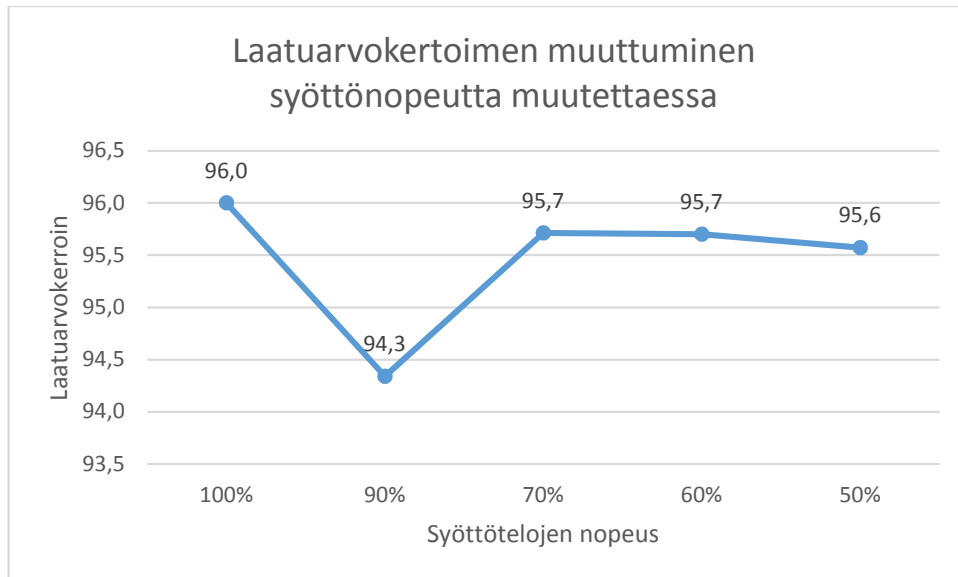
Syöttötelojen nopeus 100 % perustui ennen kokeen aloittamista tehtyihin koe-otantoihin. Koe-otannat oli otettu vuoden 2016 tammi – elokuun aikana. Otantojen määrä tänä aikana oli 76 joiden laatuarvokertoimien keskiarvoksi muodostui 96,0. Otantojen keskiarvon keskivirhe oli 0,18 ja keskihajonta 1,55. Koska hakeutusolosuhteet eivät kestä stabiileina, voidaan 100 %:n syöttönopeuden tulosta pitää erittäin luotettavana. Nopeus 100 % osoittautui parhaaksi nopeudeksi, kun otetaan huomioon laatuarvokertoimen lisäksi massa- ja polttohakkeen jakauma.

Syöttötelojen nopeuden ollessa 90 % otantojen laatuarvokertoimien keskiarvo oli 94,34 ja keskivirhe 0,63. Keskihajonnaksi saatiin 1,4. Otantoja tällä nopeudella tehtiin yhteensä 5 kpl. 90 % nopeudella tehtiin testejä myös luvussa 6.1.2 Seulan tehostaminen peitelevyllä, mainitun peitelevyn kanssa.

Syöttötelojen nopeudella 70 % otantojen määrä oli 7 kpl joilla laatuarvokertoimien keskiarvo oli 95,71. Keskivirhe oli 0,49 ja keskihajonta 1,31. Tämä nopeus osoittautui toiseksi parhaaksi nopeudeksi, yhdessä massa ja polttohakkeen jakauman kanssa.

Syöttötelojen nopeus 60 % tehtiin peitelevyn kanssa. Laatuarvokertoimien keskiarvo tällä nopeudella oli 95,70. Keskivirhe oli 0,6 ja keskihajonnaksi tuli 1,34. Otantoja oli yhteensä 5 kpl. Nämä testit tehtiin peitelevyn kanssa.

Nopeudella 50 % testit tehtiin 11 otannalla ja niiden laatuarvokertoimien keskiarvoksi saatiin 95,57 ja keskivirheeksi 0,42. Keskihajonta oli 1,41. Nämä testit tehtiin välittömästi hakkurin terien vaihdon jälkeen eli 50 % nopeudella tehdyt testit tehtiin täysin uusilla leikkaavilla terillä sekä vastaterällä.



Kuvio 1. Viiluhakkurin syöttötelojen nopeuden vaikutus laatuarvokertoimeen.

Silmämääräisesti syöttönopeuden muuttaminen vaikutti palojen keskikokoon ja tämän pystyi myös toteamaan otannoissa ilmenevästä jaeluokkien osuuksista. Palakoon keskimääräinen muuttuminen ei kuitenkaan näy yhtä selvänä laske-
tussa laatuarvokertoimessa, sillä mikäli suuria paloja saatiin vähennettyä, tuli pie-
niin paloihin verrattava määrä lisää, jolloin laatuarvokerroin pysyi melko samana.

Taulukko 4. Syöttönopeuden vaikutus laatuarvokertoimeen.

Syöttönopeus	50 %	60 %	70 %	90 %	100 %
Keskiarvo	95,6	95,7	95,7	94,3	96,0
Keskivirhe	0,42	0,60	0,49	0,63	0,18
Mediaani	95,7	95,9	95,9	94,7	96,1
Keskihajonta	1,41	1,34	1,31	1,40	1,55
Minimi	93,2	93,5	93,5	92	92,8
Maksimi	97,6	97,1	97,8	95,7	99,4
Otantojen määrä	11	5	7	5	76

Tulosten perusteella voidaan kuitenkin todeta, että nopeuksilla 100 % ja 70 % saatiin parhaat tulokset. 100 % nopeuden tulokset ovat luotettavia, koska ne perustuvat pitkällä aikavälillä otettuihin 76 otantaan. 70 % nopeudella tuloksia voidaan myöskin pitää luotettavina koska otantamäärä oli riittävä ja keskihajonta oli kaikkein pienin kaikista testinopeuksista keskivirheenkin ollessa alle 0,5 %.

7.2 Massa- ja polttohakkeen jakauma

Tutkimuksessa selvitettiin hakkurin syöttötelojen nopeuden vaikutusta polttohakkeen osuuteen haketuksessa. Kuten luvussa 4.2.3 Laatuarvokertoimen kaava ja hinnan laskenta todettiin, hakkeen hinnoittelussa polttohakkeen hinta on noin puolet massahakkeen hinnasta, joten syöttönopeuden vaikutusta massa- ja polttohakkeeseen oli tärkeää tutkia.

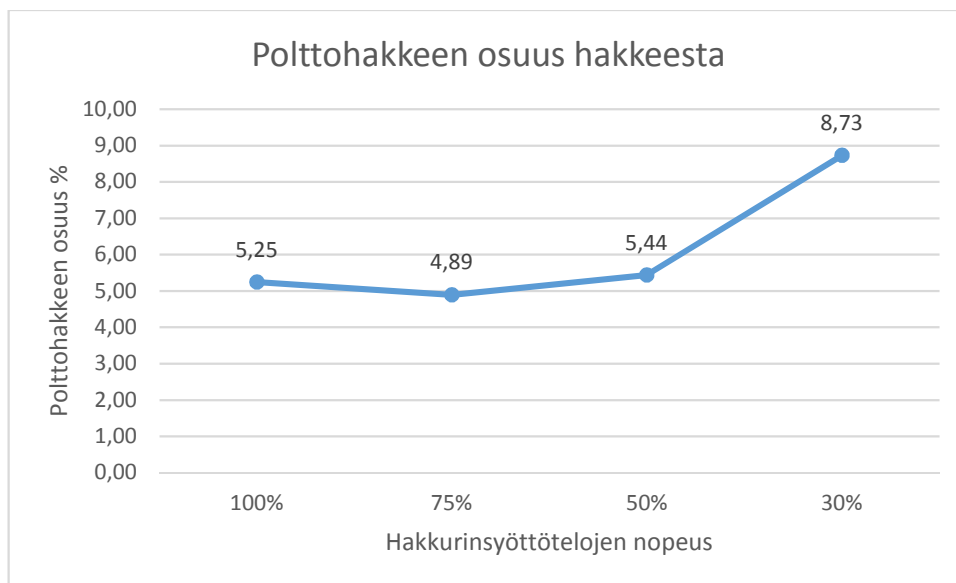
Tutkimuksen alkuperäisessä suunnitelmassa oli tarkoitus selvittää polttohakkeen osuutta nopeuksien 100 %–50 % välille. Tulokset olivat kuitenkin kaikilla syöttönopeuksilla samankaltaiset, joten testiin lisättiin nopeus 30 %. Tällä haluttiin selvittää, onko syöttönopeudella todellista merkitystä polttohakkeen määrään. Nopeudella 30 % polttohakkeen määrä lisääntyi selvästi, joten hakkurin syöttötelojen nopeudella oli vaikutusta polttohakkeen osuuteen.

Vähiten polttohaketta syntyi nopeudella 75 %. Tällä nopeudella polttohakkeen määrä oli 4,89 % haketetusta massasta. Tulosta voidaan pitää lähellä minimiosuutta, sillä nopeudet 100 % ja 50 % tuottivat lähes saman verran enemmän polttohaketta kuin nopeus 75 %.

Nopeudella 100% polttohakkeen osuus oli 5,25 %. Tämä on 0,36 % enemmän kuin vähiten polttohaketta tuottanut nopeus 75 %. Tämän selittänevät haketuksessa muodostuvat ylisuuret palat jotka joutuvat uudelleen kierto.

Nopeudella 50 % polttohakkeen osuudeksi muodostui 5,44 % joka on 0,55 % enemmän kuin paras nopeus 75 %. Määrän syntyyn vaikuttaa hakkurin syöttönopeuden hidastuminen jolloin hakkeen keskimääräinen palakoko pienenee.

Nopeus 30 % otettiin testiin syöttönopeuden vaikutuksen vahvistamisen vuoksi. Testaus oli onnistunut, sillä polttohakkeen osuus kasvoikin merkittävästi 8,73 %:iin. Tämä on 3,84 % enemmän kuin nopeus 75 %.



Kuvio 2. Polttihakkeen osuus hakkeesta.

Testin tuloksia voidaan pitää luotettavina, sillä määrät polttihakkeella ja massa-hakkeella olivat niin suuria, että autovaa'an 20 kg:n pyörästarkkuus ei vaikuttanut tuloksiin. Tulokset olivat myös ymmärrettäviä ja niihin löytyi looginen selitys.

7.3 Seulan peitelevyn toimivuus

Peitelevyn toimivuutta tarkasteltiin ainoastaan syöttötelojen nopeudella 90 %. Otantoja tehtiin 5 kpl. Oletuksena oli, että levyn ansiosta suurien palojen (>45 mm) osuus vähenisi. Testien perusteella näiden palojen osuus kuitenkin kasvoi 0,17 %:a verrattuna ilman levyä tehtyihin otantoihin. Silmämääräisesti seulan toimintaa tarkasteltaessa levyn lisääminen näytti lisäävän uudelleenkiertoon menevien palojen määrää. Otannoissa hienojakeen osuus ei kuitenkaan kasvanut levyn myötä.

Peitelevyn lisääminen seulaan ei siis otantavertailun mukaan vaikuttanut juuri ollenkaan hakkeen laatuun. Lisäksi tulokset olivat päinvastaisia kuin mitä peitelevyllä haettiin. Otantojen tulosta voidaan kuitenkin pitää hieman epävarmana, sillä kahden viiteen otantaan perustuvan tuloksen vertaileminen on melko epätarkkaa.

Otantojen perusteella voidaan kuitenkin karkeasti päätellä, ettei peitelevyn lisääminen aiheuttanut muutoksia hakkeen laadussa juuri ollenkaan.

Uudelleenkierron lisääntyminen ja siitä tulevaa pienijakeisen hakkeen koostumusta ei tutkimuksessa päästy tarkastelemaan, joten emme voi tietää seuloutuuko uudelleenkierrosta tuleva pienijakeinen hake kuinka suurelta osin polttihakkeeksi. Mikäli uudelleenkiertoon mennyt hake seuloutuu polttihakkeeksi ja laatuarvo ei parane levyn avulla, ei levyn asentaminen ollut kannattavaa.

7.4 Purilaiden hakettamisen vaikutus hakkeen laatuarvokertoimeen

7.4.1 Viiluhakkuri

Haketettaessa purilaita viiluhakkurin syöttötelojen nopeudella 100 % laatuarvokertoimien keskiarvoksi saatiin 98,1. Keskiarvo oli 0,47 ja keskihajonta 1,32. Otantoja oli yhteensä 8 kpl.

Syöttönopeuden ollessa 70 % laatuarvokertoimien keskiarvo oli 97,8. Keskiarvo oli 0,73 ja keskihajonnaksi 2,06. Otantoja tällä nopeudella oli myös 8 kpl.

Laatuarvokertoimen perusteella tulokset kummallakin nopeudella olivat hyvin samankaltaiset mutta hakepalojen jaeluokissa oli huomattava ero. Seuraavana käsitellään ainoastaan suuret ja pienet palakoot, sillä ne ovat hintaan eniten vaikuttavia jaeluokkia. 100 % nopeudella 45 mm kokoisia paloja oli keskiarvollisesti 6,9 %. 70% nopeudella vastaavan kokoisia paloja oli 2,9 %. 8 mm paloja oli 100 % nopeudella 9,8 % ja 70 % nopeudella näitä paloja oli 5,4 %. 7 mm paloja oli 100 % nopeudella 12,5 % ja 70 % nopeudella 15,9 %. Hienojakeen määrässä ei ollut merkittävää eroa kummallakaan nopeudella.

Taulukko 5.

<i>Jaeluokat ja laatuarvo purilaiden viiluhakkuritestissä</i>							
	Karkeat jakeet %		Laadunmukaiset %		Hienot jakeet %		
Nopeus	Reikä >45 mm	Rako 8 mm	Reikä >13 mm	Reikä >7 mm	Reikä > 3 mm	Pohja 0 mm	Laatuarvo %
100 %	6,85	9,81	69,12	12,47	1,56	0,18	98,10
70 %	2,87	5,38	74,31	15,85	1,41	0,18	97,78

Vertailtaessa 100 % nopeutta purilashaketestin ja ilman purilaita olevien otantojen keskiarvojen välillä (taulukko 6), voidaan huomata >45 mm jaeluokan olevan noin 3 prosenttiyksikköä suurempi purilaita hakettaessa. Tämä heikentää laatuarvoa laatuarvokertoimen kaavan (Luku 4.2.3 laatuarvokertoimen kaava ja hinnan laskenta) mukaan kolmella prosentilla verrattuna ei purilasta sisältävään hakkeeseen. Laatuarvoa kuitenkin parantaa paljon > 8 mm jaeluokan osuuden kasvaminen 7,1 prosenttiyksikköä ei purilasta sisältävästä hakkeesta. Laatu paran-
taa myös > 7 mm jaeluokan väheneminen 1,5 prosenttiyksiköllä. Hienojakeissa tulee hieman laatuarvotappiota purilaita hakettaessa. Kaikkien jaeluokkien yhteenlasketun vaikutuksen tuloksena laatuarvoksi saatiin 98,1 % jolloin laatuarvo parani purilaita hakettaessa 2,1 prosenttiyksikköä.

Taulukko 6.

<i>Nopeus 100 % jaeluokkien (%) ja laatuarvon muuttuminen purilaita hakettaessa viiluhakkurilla</i>							
Massahake sisältää	Reikä >45 mm	Rako 8 mm	Reikä >13 mm	Reikä >7 mm	Reikä > 3 mm	Pohja 0 mm	Laatuarvo
Purilasta	6,85	9,81	69,12	12,47	1,56	0,18	98,10
Ei purilasta	3,81	2,69	78,21	14,02	1,15	0,12	96,00

Vertailtaessa 70 % nopeuden syöttönopeustestin- ja viiluhakkuritestin tulosta, voidaan huomata >45 mm palojen osuudenolevan lähes yhtäläiset, kun eroa on vain 0,1 prosenttiyksikköä. Purilasta sisältävän hakkeen laatua edistävänä osana on paksujen yli 8 mm paksujen palojen suurempi määrä, joka on 3,6 prosenttiyksikköä suurempi. Laatu heikentää hieman > 7 mm jaeluokan suurempi osuus. Jaeluokkien yhteenlaskettuna vaikutuksena laatuarvoksi saatiin 97,78 %. Tämä on 2,1 prosenttiyksikköä parempi, kuin ilman purilaita ollut laatuarvo.

Taulukko 7.

<i>Nopeus 70 % jaeluokkien (%) ja laatuarvon muuttuminen purilaita hakettaessa viiluhakkurilla</i>							
Massahake sisältää	Reikä >45 mm	Rako 8 mm	Reikä >13 mm	Reikä >7 mm	Reikä > 3 mm	Pohja 0 mm	Laatuarvo
Purilasta	2,87	5,38	74,31	15,85	1,41	0,18	97,78
Ei purilasta	2,73	1,80	78,66	15,30	1,36	0,15	95,71

Vertailtaessa purilaiden hakettamista viiluhakkurilla nopeuden 100 % ja 70 % välillä (taulukko 8), on nopeus 100 % keskiarvoisesti 0,3 prosenttiyksikköä parempi. Nopeuden 70 % tulokset olivat suuresti hajoavia keskihajonnan ollessa 2,06. Sekä minimi että maksimi laatuarvot sattuivat nopeudelle 70 %. Otantamäärästä ja hajonnasta johtuen ei voida tehdä täydellistä johtopäätöstä, että nopeus 100 % olisi laatuarvoisesti parempi kuin nopeus 70 %. On mahdollista, että optimaalisin nopeus hakettaa purilasta löytyy nopeuksien 70 % ja 100 % väliltä.

Taulukko 8. Viiluhakkurilla haketetut purilaat.

Purilaiden hakettaminen viiluhakkurilla		
	100 %	70 %
Syöttönopeus	100 %	70 %
Keskiarvo	98,1	97,8
Keskivirhe	0,47	0,73
Mediaani	97,9	97
Keskihajonta	1,32	2,06
Minimi	96,4	95,8
Maksimi	101	101,6
Otantojen määrä	8	8

7.4.2 Purilashakkuri

Purilashakkuritestien laatuarvokertoimien keskiarvoksi saatiin 96,2 keskivirheen ollessa 0,3. Keskihajonta oli 1,32. Otantoja tehtiin kaikkiaan 18 kpl. Purilashakkurilla saaduissa jaeluokissa >45 mm paloja oli 3,5 %, 8 mm palojen osuus oli 3,6 %. 13 mm kokoisia paloja tuli 76,3 % ja 7 mm paloja 15,2 %. Hienojakeessa 3 mm paloja oli 1,3 % ja pohjan osuus oli 0,2 %.

Verrattaessa näitä tuloksia aiempaan tilanteeseen, jossa purilaat myytiin ja jossa viiluhakkurin syöttönopeus oli 100 % (taulukko 9), >45 mm paloja saatiin nyt 0,3 prosenttiyksikköä vähemmän, paksuja 0,9 prosenttiyksikköä enemmän ja 13 mm paloja 2 prosenttiyksikköä vähemmän. 7 mm paloja tuli purilashakkurilla 1,2 prosenttiyksikköä enemmän ja hienojakeen (3 mm + pohja) osuus oli molemmissa luokissa noin 0,1 prosenttiyksikköä enemmän.

Taulukko 9.

<i>Nopeus 100 % jaeluokkien (%) ja laatuarvon muuttuminen purilaita hakettaessa purilashakkurilla</i>							
Massahake sisältää	Reikä >45 mm	Rako 8 mm	Reikä >13 mm	Reikä >7 mm	Reikä > 3 mm	Pohja 0 mm	Laatuarvo
Purilasta	3,50	3,56	76,25	15,23	1,27	0,19	96,24
Ei purilasta	3,81	2,69	78,21	14,02	1,15	0,12	96,00

Yllättävää tuloksissa oli, että paksujen palojen osuus (rako 8 mm) ei merkittävästi lisääntynyt, vaikka niiden määrä lisääntyi hakettaessa purilaita viiluhakkurilla. Muutoin osuudet olivat viiluhakkurilla hakettuun hakkeeseen nähden jokseenkin samanlaiset. Purilashakkurilla haketuista purilaista ei saatu merkittävää lisäarvoa massahakkeen laatuarvoon.

Taulukko 10. Purilashakkurilla haketetut purilaat.

<i>Puurilashakkurilla haketetut purilaat</i>	
Nopeus: Purilashakkuri 95%, viiluhakkuri 100%	
Keskiarvo	96,4
Keskivirhe	0,32
Mediaani	96,2
Keskihajonta	1,23
Minimi	94,7
Maksimi	98,8
Otantojen määrä	15

7.5 Purilaiden hakettamisen kannattavuus

Tutkimuksen toimeksiantaja ei halua, että tuloksissa esiintyy rahallisia määriä ja hintatietoja, joten tulokset julkaistaan prosentteina. Tulokset on esitetty tavalla, josta ilmenee, kuinka monta prosenttia purilaiden hakettamisesta saatu tulos on kokonaisten purilaiden ja hakkeen myynnistä saadusta tuloksesta.

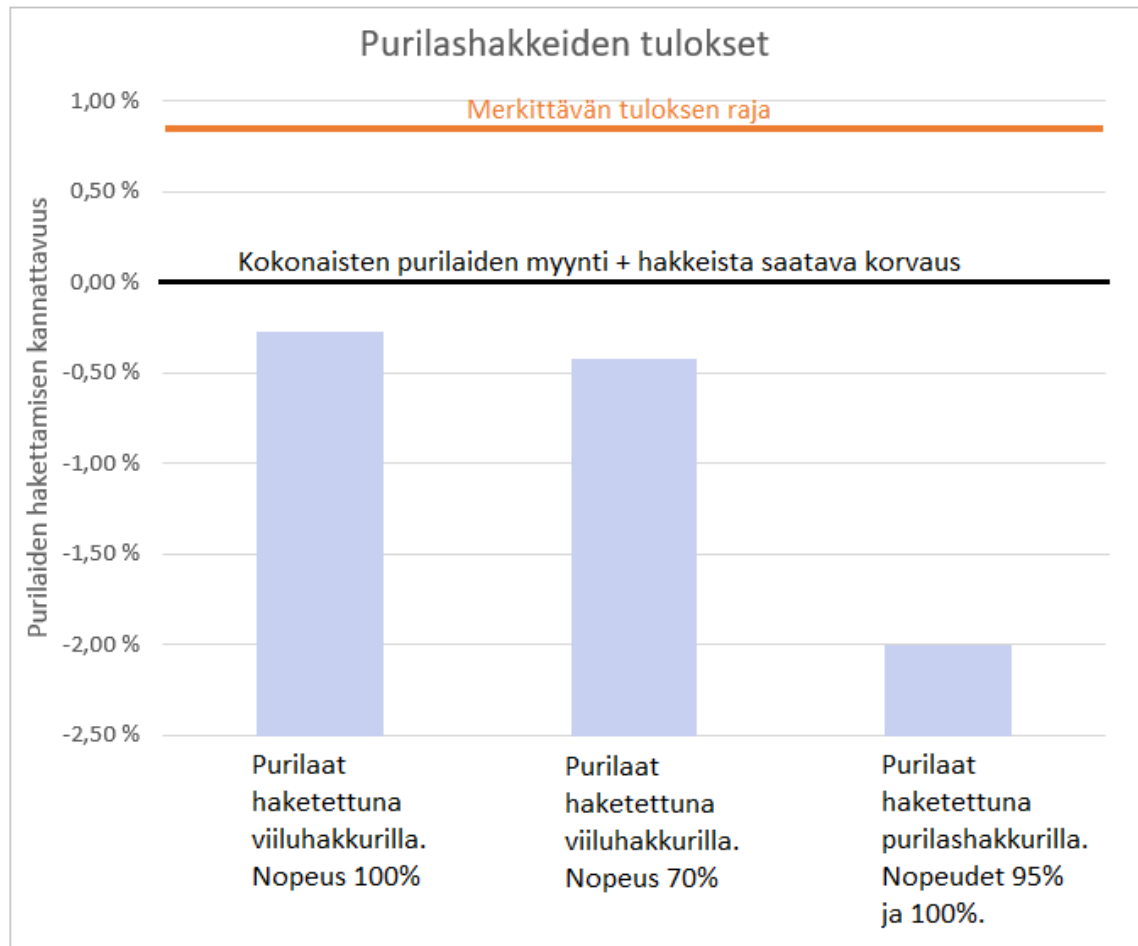
Parhain tapa hakettaa purilaita osoittautui viiluhakkurille nopeudella 100 % jolloin laatuarvokertoimeksi saatiin 98,1. Viiluhakkurin syöttönopeuksien tulokset on kerrottu luvussa 7.4.1 Viiluhakkuri. Tätä laatuarvokerrointa sekä poltto- ja massahakkeen jakaumaa verrattaessa purilaiden hakettamisen kannattavuuden tulokseksi saatiin -0,28 prosenttiyksikköä kokonaisten purilaiden ja hakkeiden myynnistä, eli purilaiden hakettaminen osoittautui parhaimmallakin tavalla tappiolliseksi.

Purilaiden syöttö viiluhakkuriin nopeudella 70 % ei osoittautunut laskurissa nopeutta 100% paremmaksi. Vaikka polttihakkeen osuus onkin 70 % nopeudella pienempi, laatuarvokertoimien ero osoittautui merkittävämmäksi kuin massa- ja polttihakkeen jakauma.

Purilashakkurin kanssa haketetut purilaat eivät saaneet merkittävästi parempia laatuarvoja kuin ilman purilasta oleva massahake (Luku 7.4.2 Purilashakkuri), joten laatuarvon heikkous verrattuna viiluhakkurilla hakettaviin purilain näkyi lopullisissa tuloksissa selvästi huonompana vaihtoehdona. Tuloksissa huomattavaa oli, että purilaiden hakettamiseen suunniteltu purilashakkuri ei osoittautunut läheskään yhtä hyväksi vaihtoehdoksi purilaiden hakettamisessa kuin viiluhakkuri.

Kuviossa 3 on esitetty purilaiden hakettamisen kannattavuutta sekä viiluhakkurilla että purilashakkurilla. Tutkimuksen tilaajalla oli toiveena tietty vähimmäismäärä voittoa, jotta purilaiden myynnistä siirryttäisiin hakettamiseen. Tätä varten

luotiin merkittävän tuloksen raja, joka on 0,85 % vuosimyyntituloltaan purilasmyyntiä parempi. Raja on tehty varmistamaan, että purilaiden hakettaminen tuottaisi tulosten epätarkkuudesta ja investointikustannuksista huolimatta varmasti enemmän tuloja, kuin purilaiden myynti. Merkittävän tuloksen raja näkyy kuviossa 3 oranssina viivana.

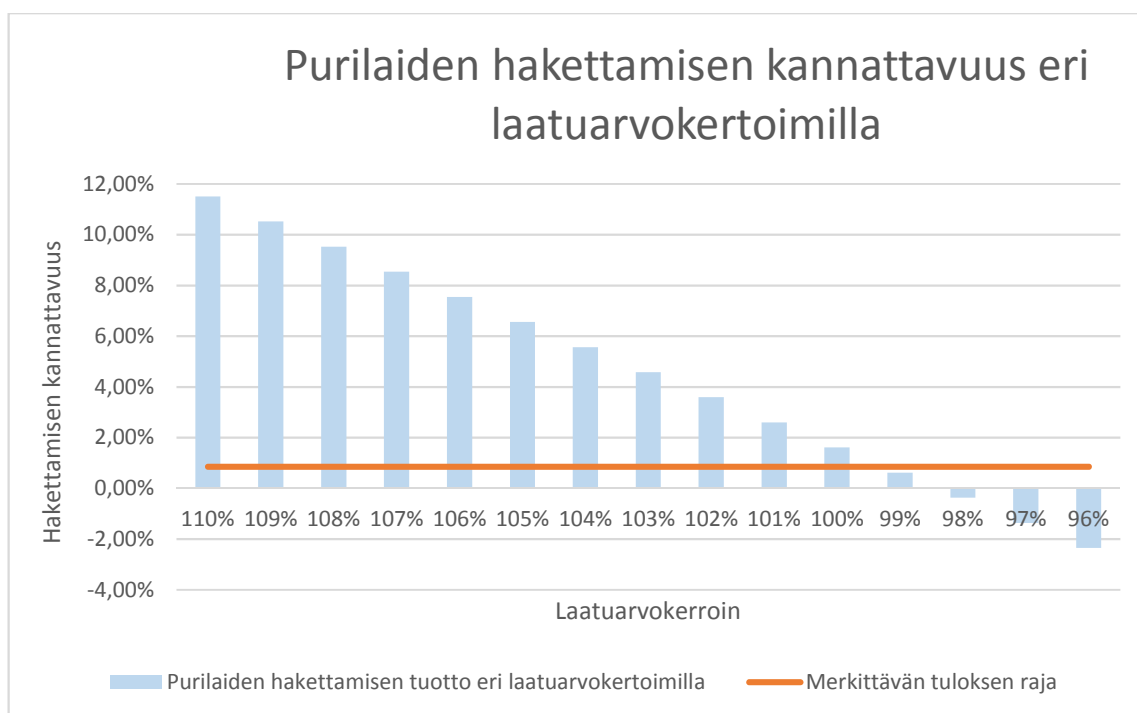


Kuvio 3. Purilaiden hakettamisen kannattavuus.

Laatuarvokertoimien keskiarvoisissa tuloksissa on kuitenkin hajontaa siinä määrin, että noin prosentin virhearvio voi olla täysin mahdollinen, lisäksi laatuarvoa pystytään mahdollisesti parantamaan vielä eri konsteilla (mainitaan Luvussa 11 Pohdinta) joten spekulatiota paremmalle laatuarvokertoimelle ja sen myötä paremmalle tulokselle on hyvä käydä läpi.

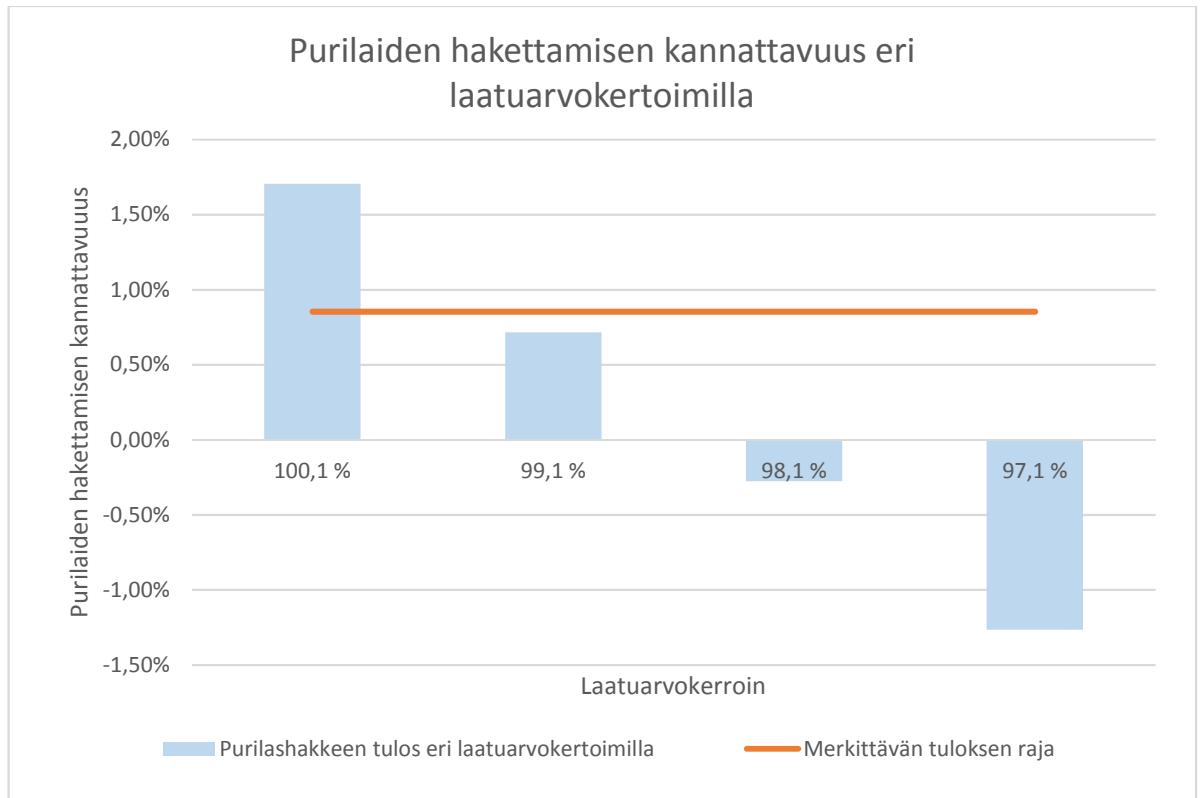
Kuvio 4 näyttää purilaiden hakettamisen kannattavuuden eri laatuarvokertoimilla. Purilaiden hakettaminen olisi merkittävästi kannattavaa laatuarvokertoimella 99,3 %, eli 1,2 prosenttiyksikköä paremmalla laatuarvokertoimella kuin keskiarvoinen tulos. Kuvio kuvastaa nopeuden 100 % potentiaalisia tuloksia.

Tulokset huomioivat laatuarvokertoimesta vähennettävän kuorilisän 0,3 %. Kuvioiden laatuarvokerroin ilmaistaan samalla tavalla kuin koetannoissa, eli ilman kuorilisää.



Kuvio 4. Purilaiden hakettamisen kannattavuus eri laatuarvokertoimilla.

Kuviossa 5. näkyy keskiarvoisen laatuarvokertoimen 98,1 % tulos. Viereiset palkit osoittavat tuloksen kehittymistä prosentin muutoksilla.



Kuvio 5. Purilaiden hakettamisen kannattavuus eri laatuarvokertoimilla, %-yksikön muutosten vaikutus.

7.6 Tulosten luotettavuus

7.6.1 Kuiva-aine

Hakkeen kuiva-aine prosentti vaikuttaa merkittävästi hakkeesta maksettavaan korvaukseen. (katso luku 6.4.3 Laatuarvokertoimen kaava ja hinnan laskenta). Koska purilaat ovat kuivempaa ydinpuuta kuin pintapuusta tuleva hake, purilaiden hakettaminen nostaisi hakkeen kuiva-aine prosenttia.

Massahakkeen koeotantojen yhteydessä otettavasta kuiva-aineen määräyksestä saadaan massahakkeen korvauksen laskemisessa käytettävä kuiva-aine prosentti. Koeotantojen kuiva-aine hajonta on kuitenkin erittäin suurta. Taulukossa 11 esitetty kuiva-aineen keskihajonta oli 3,61. Koska purilashaketesteissä hajonta oli suunnilleen yhtä suurta, eikä tutkimukseen saatu riittävän suurta määrää

otantoja, ei laskurissa voitu käyttää otantojen keskimääräistä kuiva-aine prosenttia.

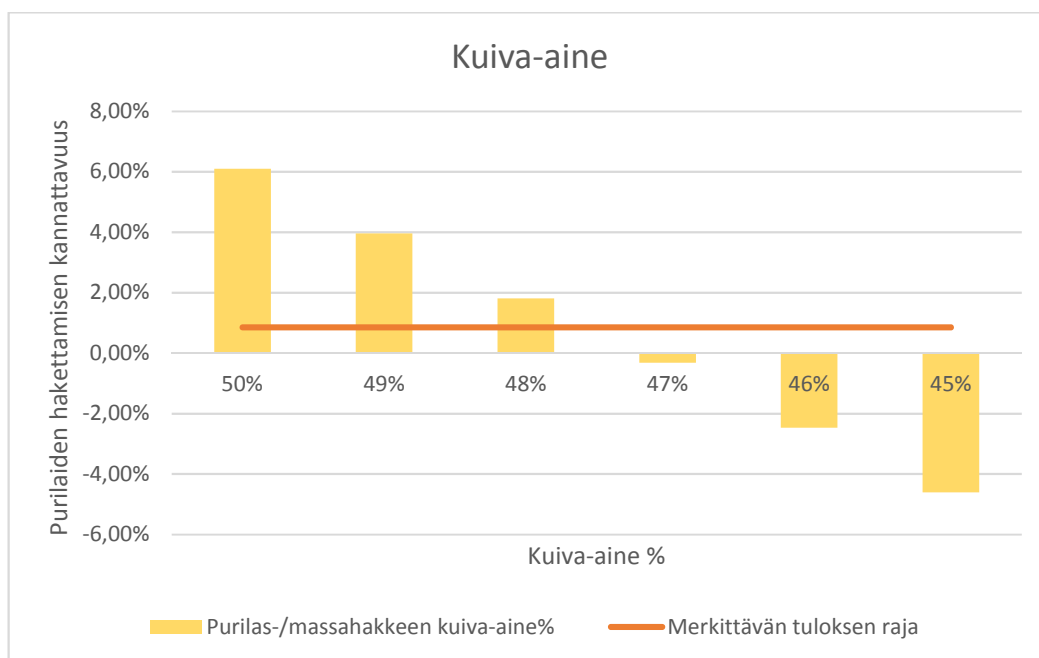
Taulukko 11. Viiluhakkeen kuiva-aineen otantojen tunnusluvut tammi-elokuu 2016.

<i>Kuiva-aine viiluhakkeella</i>	
Keskiarvo	43,5
Keskivirhe	0,41
Mediaani	43,3
Keskihajonta	3,61
Minimi	37,4
Maksimi	54,3
Otantojen määrä	76

Laskuriin täytyi määrittää purilaiden hakettamisen vaikutus hakkeiden kuiva-aine prosenttiin laskemalla. Purilaan kuiva-ainetta ei tiedetty suoraan, mutta se pystyttiin laskemaan, kun tiedettiin massahakkeen m³ paino ja kuiva-aine prosentti, sekä purilaiden m³ paino. Kun purilaiden ja massahakkeen kuiva-aineet tiedettiin, pystyttiin purilaiden määrällä ja massahakkeen vuositason määrällä suhteuttamaan purilaiden lisäämisen vaikutus massa- ja samalla polttohakkeen kuiva-aine prosenttiin. Keskiarvoinen kuiva-aine tulos purilashakkeelle tällä laskentataavalla oli 47,02 %. Purilaiden hakettaminen muutti laskutuloksen mukaan hakkeiden kuiva-ainetta +3,5 prosenttiyksikköä

Purilaiden kuutiopaino oli saatu aikaisemmin Punkaharjun tehtaalla tehdystä tutkimuksesta. Tähän tutkimukseen ei kuitenkaan mainittua tutkimusta ollut käytettävissä, joten tuloksen tarkkuuteen joudutaan suhtautumaan epäilevästi. Lisäksi hakettavien aineiden ja purilaiden määrien suhteet ovat muuttuvia, joten on syytä tarkastella mahdollista virhearviota kuiva-aineella.

Kuviossa 6 esitetään kuiva-aineprosentin merkitystä tulokseen. Haketustapana on käytetty purilashakkuritestin parasta tulosta (katso luku 7.5 Purilaiden hakettamisen kannattavuus). Tällä haketustavalla purilaan hakettaminen olisi tuloksellisesti merkittävästi kannattavampaa, jos hakkeen kuiva-aine olisi 47,6 % eli noin 0,6 prosenttiyksikköä laskenta-arviota enemmän.



Kuvio 6. Kuiva-aine %:n vaikutus.

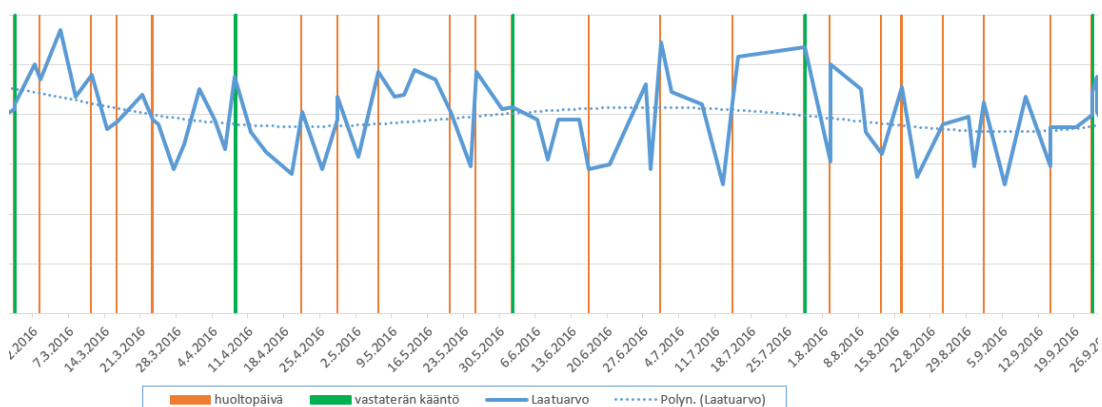
Kuiva-aine prosenttia tarkasteltaessa on huomioitava, että sitä ei käytännössä pysty muuttamaan teknisillä ratkaisilla. Korkeampi kuiva-aine prosentti eli kuivempi hake vähentää massaa, joten se ei vaikuta tutkimuksen ulkopuolella hakkeesta maksettavaan korvaukseen. Polttohakkeen korkeampi kuiva-aine prosentti antaa paremman energiasisällön, jonka vuoksi polttohakkeen korvaus muuttuisi hakkeen kuivuessa esimerkiksi kentällä. Tästä huolimatta korvauksen muutos on lähes olematon.

Mielestämme purilashakkeelle laskettu kuiva-aine tulos pitää paikkaansa, sillä laskurin mukaan purilaan kuutiopainon muuttaminen tai hakettavan aineksen määrän lisääminen tai vähentäminen ei tehnyt merkittäviä eroja purilaiden hakettamisen tai myymisen tuloksen suhteeseen. Tulos osuu myös purilashakeotantojen kuiva-aineiden tulosten välille.

7.6.2 Hakkurin huollon vaikutus hakkeen laatutekijänä

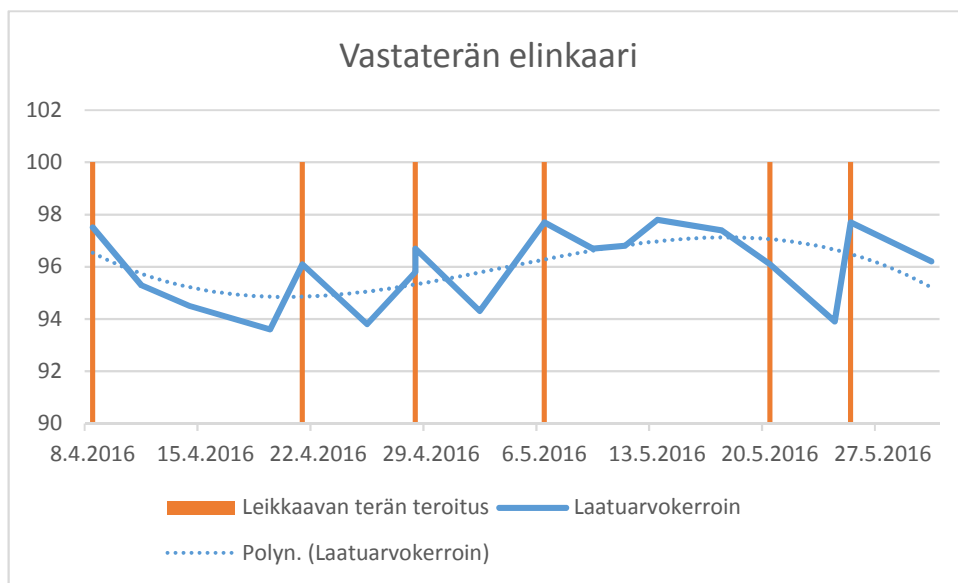
Tutkimuksessa käytettävää viuluhakkuria huolletaan viikon välein. Leikkaavat terät teroitetaan viikon tai kahden viikon välein ja vastaterä kahdeksan viikon välein. Tutkimuksen aikana leikkaavat terät teroitettiin viikon välein. Silmä määräisten ja mitattujen havaintojen perusteella viikon aikana terät eivät vaikuttaneet tylsyvän tai kuluvan lähes ollenkaan, mutta vastaterään muodostui kahdeksan viikon aikana selvää kulumista/pyöristymistä keskelle. Tällainen kuluma suurentaa terän välystä ja aiheuttaa lastujen huonoa leikkaantumista, jolloin hakkeen päät jäävät epätasaisiksi ja tikkuuntuvat. Tikkuuntuminen aiheuttaa palojen puun syiden suuntaista halkeilua, jolloin hienojakeen osuus kasvaa. (Makkonen, 2016). Sipin (2006, 198) mukaan purun ja tikkuhakkeen määrä kasvaa käytettäessä tylsiä teriä. Hänen mukaansa hake myös ohenee samalla. Sipin (2006) ja Makkosen (2016) esitysten mukaan tikkuhaketta tulisi siis tylsillä terillä enemmän. On mahdollista, että lisääntynyt hienojake seuloutuisi polttohakkeeksi ennen laatuarvon määrittämistä. Tällöin terien kulumista ei pystyisi erottamaan laatuarvojen kehitymisessä.

Kuviossa 7 tarkastellaan huoltopäivien merkitystä laatuarvokertoimen muuttumiseen. Huoltopäivissä leikkaavat terät teroitetaan ja vastateränkääntöjen kohdalla huolletaan kaikki terät, eli leikkaavat terät ja vastaterä. Huoltopäivien ja vastaterän kääntöjen viivat on satutettu seuraavan otannan kohdalle. Mikäli huoltovälit ja vastateränkäännöt olisivat liian harvoin, esiintyisi piikit selvästi pylväiden kohdalla. Varsinkin vastaterän käännön kohdalla tulisi näkyä selvä huippu, sillä silloin hakkurin terät ovat parhaimmassa kunnossa.



Kuvio 7. Otantojen arvojen kehittymistä pitkällä aikajänteellä.

Kuviossa 8 näkyy laatuarvon kehittyminen vastaterän huoltovälin ajan. Pystyviivat ovat leikkaavien terien teroitukset. Kuvaajasta on nähtävissä, että vastaterän kuluminen ei vaikuttaisi kahdeksan viikon aikana huonontavan laatuarvokertoimen tulosta. Leikkaavan terän teroitukset näyttäisivät parantavan laatuarvoa hetkellisesti. Kuten terien kulumisesta mainittiin jo aikaisemmin tässä luvussa, on mahdollista, että lisääntynyt hienojae seuloutuu polttohakkeeksi jolloin terien tylsymisen vaikutus ei näy selvästi laatuarvokertoimessa.



Kuvio 8. Vastaterän elinkaari.

7.6.3 Vetäisyefekti

Haketettaessa hakkurin syöttötelat puristavat hakkuriin menevän raaka-aineen niin, että hakkurin terät leikkaavat syöttönopeuden määräämän pituisia paloja. Tutkimuksessa kuitenkin havaittiin hakkeen joukossa olevan syöttönopeudesta riippumatta selvästi liian pitkiä paloja. Näiden liian pitkien palojen muodostumisen aiheuttaa ns. vetäisyefekti. Vetäisyefekti johtuu syöttötelojen puristuksen puutteellisuudesta. Mikäli puristus ei ole riittävä, pääsee hakkurin pyörivä terä vetäisemään haketettavan palan syöttöteloilta, jolloin palasta tulee liian pitkä. (Sorjonen, 2016).

Tutkimuksessa käytetyssä hakkurissa havaittiin syöttötelojen kulumista niiden keskikohdalta, jolloin kapeat, keskelle sijoittuneet hakeainekset eivät saaneet riittävästi puristusta. Puristuksen hydraulikan vastinkappaleiden väliin myös kertyi ajan myötä roskaa, joka esti riittävän puristuksen muodostumisen.

Mikäli vetäisyefektiä pystyttäisiin vähentämään, parantaisi se laatuarvokerrointa. Purilaiden syöttäminen viuluhakkuriin todennäköisesti estäisi vetäisyefektiä tilanteissa, joissa purilas menee yhdessä viulumaton kanssa hakkuriin.



Kuva 10. Vetäisyefektin myötä tullut liian pitkä pala. (kuva: Henri Karvinen)

8 Pohdinta

Aiempia tutkimuksia purilaiden hakettamisesta tai tuotannon vaikutuksista masahakkeen laatuun oli käytettävissä suhteellisen vähän. Taustatietoa löytyi mm. hakkeen laatuun vaikuttavista muista kuin tuotannollisista asioista. Ylipäänsä sorvauksen sivutuotteiden laatuun vaikuttavista tekijöistä ei löytynyt yhtään aiempaa tutkimusta. Vastaavia tutkimuksia on tehty pääasiassa sahoilla. Paavola (2009)

on todennut, että sahoilla hakkeen laatuun voidaan merkittävästi vaikuttaa ainoastaan sahalinjan nopeudella ja hakelastun pituudella.

Paavola (2009,14) oli tutkinut syöttönopeuden vaikutusta hakkeen palakokoon ja havainnut huonolaatuisen hakkeen määrän lisääntyneen suuremmilla nopeuksilla. Tämä piti tässä tutkimuksessa paikkaansa lähinnä lisääntyneen polttohakkeen osuutena. Vaikka tuloksissa suurin nopeus sai parhaan laadun, voisi hakkeen laatu olla heikompaa ilman seulan toimintaa.

Hämäläinen (2005) on todennut hakkurin terien kulumisen olevan suurin yksittäinen hakkeen laatuun heikentävästi vaikuttava tekijä sahatuotannossa. Tämän tutkimuksen yhteydessä ei kuitenkaan löydetty huomattavaa terien kulumisen ja laatuarvon suhdetta. Tämä voi kuitenkin olla väärentynyttä tietoa, sillä kulumisen lisää Makkosen (2016) mukaan tikkujaetta, joka mahdollisesti seuloutuu pääosin polttohakkeeksi ja näin ollen ei vaikuta laatuarvoon. Mikäli terien tylsymisen johdosta kasvava polttohakkeen osuus pitää paikkaansa, sen ei kuitenkaan pitäisi vaikuttaa massa- ja polttohakkeen jakauman testin tuloksiin. Testi tehtiin niin lyhyessä ajassa, ettei terien kulumista pitäisi merkittävästi tapahtua.

Hämäläisen (2005) mukaan ilman lämpötila vaikuttaa puun hakettumiseen ja tästä syystä joidenkin tehtaiden hakkureilla on omat säädöt kesä- ja talviajalle. Sorvaavaan teollisuuteen tämä ei kuitenkaan vaikuta, sillä tukit on haudottu ennen sorvausta ja näin ollen hakeaines on lämmintä hakettuessaan.

Tutkittaessa viiluhakkurin syöttönopeuksien vaikutuksia hakkeen laatuun jouduttiin tekemään kompromisseja aikataulun ja otantojen työllistävyyden vuoksi. Syöttönopeuksien vaikutuksien perusteellinen tutkiminen vaatisi testejä kaikilla syöttönopeuksilla koko hakkurin vastaterän käyttöiän ajan. Punkaharjun Kerto-tehtaalla hakkurin terät teroitetaan kerran viikossa, mutta vastaterän kääntö, eli uudet terät vaihdetaan kahdeksan viikon välein. Testijakson pituudeksi yhdelle nopeudelle tulisi näin ollen kahdeksan viikkoa. Näin pitkät testijaksot eivät olleet mahdollisia tämän tutkimuksen aikataulun puitteissa.

Riittävien otantamäärien saaminen jokaisesta syöttönopeudesta osoittautui myös haasteeksi tutkittaessa viiluhakkurin syöttönopeuksia. Koska tutkimukseen ei ollut palkattu ylimääräistä työvoimaa seulontoja tekemään ja aikataulu oli tiukka, jouduttiin tekemään kompromisseja otantamäärien kanssa.

Viiluhakkurin syöttönopeustestissä ilmeni nopeudelle 90 % selvästi muita nopeuksia heikompi laatuarvokerroin. Vaikka tuloksissa esitetty keskiarvoinen laatuarvokerroin perustui vain viiteen otantaan, tuli lisäksi kyseisestä nopeudesta otantoja peitelevyn kanssa viisi kappaletta. Nämäkään otannat eivät olleet samaa tasoa, kuin muut testinopeudet. Syytä nopeuden 90 % heikompaan laatuarvokerroimeen ei suoranaisesti tiedetä. Otannat tehtiin kahden viikon aikana, jolloin leikkaavien terien teroitus tehtiin kahteen kertaan. Vastateräkään ei ollut vielä ollut käytössä pitkään. Verrattaessa jaeluokkien jakaumaa muihin nopeuksiin, laadun heikkeneminen ilmeni erityisesti >45 mm palojen suurempana määränä sekä >8 mm paksujen palojen vähyytenä. Tästä voidaan päätellä, että nopeus 90 % hakee runsaammin sellaisia paloja jotka seuloutuvat seulan ylemmän tason läpi, ollen kuitenkin liian suuria eli >45 mm pitkiä. Tuloksissa on myös mahdollisuus väärentymään, vaikka otantoja oli yhteensä kymmenen kappaletta.

Tarkasteltaessa eri syöttönopeuksilla saatuja massa- ja polttihakkeen jakaumia heräsi kysymyksiä, voisiko hieman 75 % nopeampi nopeus, kuten 80 %, tuottaa vieläkin vähäisemmän määrän polttohaketta? Ero tulisi kuitenkin olemaan vain prosentin kymmenesosan luokkaa, eikä tarkempaan selvittelyyn tämän testin kohdalla tässä tutkimuksessa ollut aikaa.

Purilaiden hakettamisessa kohdattiin lieviä ongelmia, sillä purilaat juutuivat ajoittain syöttöteloihin. Tällöin hakkurin syöttöhihna ruuhkautui, kunnes hihnalla ollut massa sai painettua purilaan hakkuriin. Ruuhkan purkautumisen seurauksena hakkuriin meni kerralla erittäin paljon hakettettavaa ainesta. Kulkeutuessaan hakkurin jälkeen seulalle normaalia suurempi hakemäärä aiheutti sen, että seula ruuhkautui eikä ehtinyt seuloa kaikkea haketta ennen sen uudelleenkiertoon joutumista. Uudelleenkiertävä hake pilkkoutuu erittäin pieniksi paloiksi ja heikentää laatuarvokerrointa. Hienojakeen osuus olikin purilaiden hakettamiskokeessa viiluhakkurilla suurempi kuin ilman purilaita. Mikäli purilaiden syöttö viiluhakkuriin

saataisiin toteutumaan ilman purilaiden syöttöteloihin juuttumista ja ruuhkia, voisi hienojakeen osuus olla samaa luokkaa tai jopa suhteellisesti pienempi, kuin ilman purilaita saaduilla tuloksilla. Tällöin laatuarvo voisi olla n. 0,5–0,8 prosenttiyksikköä parempi. Tämä yksistään ei kuitenkaan tekisi purilaiden hakettamisesta merkittävästi kannattavampaa kuin niiden myymisestä kokonaisina.

Seulan ruuhkautumista pelättiin myös tutkittaessa peitelevyn toimivuutta seulassa. Tällöin levy olisi voinut aiheuttaa seulan ylemmän tason ruuhkautumista, eikä seula näin ollen olisi ehtinyt seuloa kaikkea haketta. Tässäkin tilanteessa normaalikokoista haketta olisi joutunut uudelleenkiertoon ja hienojaetta olisi syntynyt enemmän. Tutkimuksen otannoissa ei epäilyksistä huolimatta ollut kuitenkaan havaittavissa hienojakeen lisääntymistä.

Vaikka purilaiden hakettaminen ei tämän tutkimuksen mukaan nykytilanteessa olekaan kannattavaa, kannattaisi purilaiden hakettamista viiluhakkurilla kuitenkin vielä tutkia. Tässä tutkimuksessa testattiin purilaiden hakettamista viiluhakkurilla vain nopeuksilla 70 % ja 100 %. Näiden kahden nopeuden välillä on kenties nopeus, jolla purilaista tulisi parempilaatuista haketta. Tämän, mahdollisesti parempaa laatua tuottavan nopeuden etsiminen ei tämän tutkimuksen aikana ollut mahdollista tutkimuksen aikataulun vuoksi. Mikäli purilaita päädyttäisiin hakettamaan viiluhakkurilla, tulisi huomioida lisääntyvä haketettava massa joka kuluttaa hakkurin teriä ja vastaterää. Purilaitten myötä haketettava määrä nousisi noin 24,4 %.

Tätä tutkimusta varten tehtyä laskuria voidaan hyödyntää hakkeen hinnan optimoinnin lisäksi myös arvioitaessa kokonaisen purilaan myyntihinnan tasoa sekä suurempien huoltojen, kuten syöttötelojen vaihdon ja tasoseulan alemman tason puhdistamisen taloudellisia vaikutuksia.

Jatkotutkimusaiheina Metsä Woodin Punkaharjun kerto-tehtaalla voisi selvittää purilaiden hakettamista viiluhakkurilla nopeuksien 100 % ja 70 % välillä, sekä pyrkiä tekemään säätöjä, joilla purilashakkuri tekisi isompia paloja. Tasoseulan toimintaa olisi mahdollista hieman parantaa, mutta edes täydellisesti onnistuttaessa taloudellinen hyöty ei kasvaisi kovinkaan merkittävästi.

Vastaavanlaista tutkimusta olisi todennäköisesti hyvä tehdä muillakin sorvaavan teollisuuden tehtailla. Hakkurin syöttönopeuden optimoinnilla on kuitenkin mahdollista vaikuttaa hakkeen laatuun sekä massa- ja polttihakkeen jakaumaan parantavasti. Lisäksi purilaiden hakettaminen viiluhakkurilla yhdessä viiluhakkeen kanssa vaikuttaisi myös parantavan hakkeen laatua.

Lähteet

- Rahikka, L., Juuso, E. 2000. Sulfaattisellun eräkeittoprosessin jatkuvatoiminen analysointi. Oulun yliopisto. <http://jultika.oulu.fi/files/isbn9514275322.pdf> . 16.3.2017.
- Heinolan sahakoneet Oy, Heinola 2011. Tekniset tiedot Rumpuhakkuri Heinola 910RSV. 8.4.2011
- Hietämäki, M. 2010. Hakkeen ominaisuuksiin ja irtotilavuuspainoon vaikuttavat tekijät. Opinnäytetyö. Saimaan ammattikorkeakoulu. http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/22889/Marko_Hietamaki.pdf?sequence=1 . 16.3.2017.
- Hämäläinen, J. 2005. Sahahakkeen laadun parantaminen Uimahajun sahalla. Opinnäytetyö. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu.
- Makkonen, T. 2016. Työnjohtaja. Metsä Wood Suolahden vaneritehtaat. 17.11.2016
- Metsä Group. Havuhakkeiden laatuvaatimus ja vastaanotto-ohje. 1.1.2016.
- Metsä Group intranet. 2016.
- Metsä Group. Ostohakkeen näytteenotto ja analyysit
- Metsä Group. 2016. Tilinpäätös 2016. <http://www.metsagroup.com/en/Documents/Publications/Metsa-Group-Tilinpaaotos-2016.pdf> . 16.3.2017.
- Paavola, V. 2009. Hakkeen laadun optimointi Junnikkala Oy:n Oulaisten sahalla. Opinnäytetyö. Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu. http://www.cou.fi/opinnaytetyot/julkaistut/Paavola_Ville.pdf . 16.3.2017.
- Sipi, M. 2006. Sahatavaratuotanto. Helsinki: Edita Oy.
- Sorjonen, T. 2016. Mitta-aseman esimies. Metsä Wood Punkaharjun Kerto-tehdas. 16.11.2016.