



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# KUORIMON PUUHÄVIÖIDEN OPTIMOINTI

Heinolan flutingtehtaan kuorimo

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Puutekniikka  
Opinnäytetyö  
Kevät 2014  
Sami Merilaita

Lahden ammattikorkeakoulu  
Puutekniikan koulutusohjelma

MERILAITA, SAMI:

Kuorimon puuhäviöiden optimointi  
Heinolan flutingtehtaalla

Puutekniikan opinnäytetyö, 59 sivua, 12 liitesivua

Kevät 2014

TIIVISTELMÄ

---

Tämä opinnäytetyö keskittyy Stora Enson Heinolan flutingtehtaan kuorimon toimintaan ja tehtaalla raaka-aineeksi käytettävään viiluhakkeeseen. Työnantona oli tarkastella kuorimon toimintaa, selvittää sen häviölähteitä ja selvittää tehaalle tuotavien viiluhakkeiden laatua. Työssä selvitetään eri häviölähteitä ja saamaan jonkinlainen lukumäärä hukan syntyvyydestä.

Työn kirjallisessa osuudessa kerrotaan yleisesti puun koostumuksesta ja puulajeista, nykyaikaisen kuorimon online – mittauksista ja käydään nykyisen kuorimon prosessi läpi. Kirjallisuus ja tehtaan työntekijöiltä saatu tieto auttoivat työssä huomattavasti. Kuorintalinjojen toimittajat (Teknosavo, Andritz, Metso) tarjosivat myös hyödyllistä materiaalia työtä koskien.

Kokeellisessa osiossa kartoitetaan kuorimon häviölähteitä, vertaillaan viiluhakkeem laatua ja selvitetään hakun terien käyttötuntien vaikutusta tuotettavaan hakkeen laatuun. Syntyvistä häviölähteistä otettiin 21 näytteen erä ja näiden näyttiden testitulosten avulla pystyttiin määrittämään rummussa syntyvän hukan suuruutta. Viiluhakkeesta otettiin myös näytteitä. Tehtaan viiluhakevarastosta otettiin 16 näytteen sarja ja näytteiden tulosten pohjalta oli mahdollista laskea viiluhakkeelle laatuarvoja. Hakun terien käyttötunteja tutkittiin seulomalla otettuja näytteitä ja tekemällä seulonnoista johtopäätöksiä.

Asiasanat: hake, häviölähteet, puu, rumpukuorinta seulonta, viiluhake

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Wood Technology

MERILAITA, SAMI:

Optimization of wood losses in debarking  
in Heinola Fluting Mill

Bachelor's Thesis in Wood Technology, 59 pages, 12 pages of appendices

Spring 2014

ABSTRACT

---

This thesis focuses on the debarking plant in Stora Enso's Heinola Fluting Mill. The objective of thesis was to study the debarking plant and examine the sources of wood losses that occur in the process. The thesis also contains analyzing of the use hours of the chipping machine blade and quality testing of veneer chips. Veneer chips are used as a raw material in the mill.

The theoretical part of the thesis deals with basic information on wood, online measurements in modern debarking plants and the process of Heinola Mill's debarking plant. Literature and the knowledge received from mill workers provided significant help in the thesis. The suppliers of debarking equipment (Teknosavo, Andritz, Metso) also provided information about debarking and the machines they provide.

The experimental part was a study of the wood losses at the debarking plant, the use hours of the chipping machine blades and the quality of veneer chips. Twenty-one sample batches were taken from the wood loss sources and the results of the samples were analyzed. Based on these results, it was possible to determine the amount of wood losses occurring in the debarking drum. Veneer chips were also tested. Sixteen samples of veneer chips were taken from the mill's raw material storage. On the base of these samples and tests it was possible to do calculations about the real quality of the chips. The use hours of chipping machines blades were also analyzed by taking samples and screening them.

Key words: drum debarking, screening, veneer chips, wood loss, wood chips, wood

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TEORIAOSUUS	2
2.1	Puun koostumus ja rakenne	2
2.1.1	Selluloosa	4
2.1.2	Hemiselluloosa	5
2.1.3	Ligniini	5
2.1.4	Muut aineet	6
2.1.5	Puun kuidut	7
2.2	Puulajit	7
2.2.1	Koivu	8
2.2.2	Metsähaapa	9
2.2.3	Leppä	11
2.3	Nykyaikaisen kuorimon online mittaukset ja säädöt	12
2.3.1	Andritz	13
2.3.2	Metso	13
2.3.3	Teknosavo	15
2.4	Nykyisen kuorimon prosessi	17
2.4.1	Syöttöpöytä	19
2.4.2	Kuorimarumpu	20
2.4.3	Pesurullasto ja metallinpaljastin	22
2.4.4	Hakkuri ja syklooni	22
2.4.5	Seulonta	24
2.4.6	Kuoren käsittely	24
3	KOKEELLINEN OSA	26
3.1	Häviölähteiden kartoitus	26
3.1.1	Välttämättömät häviölähteet	26
3.1.2	Häviölähteet, joihin voi vaikuttaa	27
3.1.3	Kuoritien näytteet	28
3.1.4	Ratkaisuja häviöiden vähentämiseen	31
3.2	Viiluhakkeen analysointi	32
3.2.1	Seulonta	33
3.2.2	Viiluhakkeen laadunvalvonta	35
3.2.3	Oma seulonta	36

3.3	Hakunten käyttöajan optimointi	40
4	YHTEENVETO	45
	LÄHTEET	47
	LIITTEET	50

## 1 JOHDANTO

Nykyaikaisissa tuotantolaitoksissa pyritään maksimoimaan raaka-aineen hyödyntäminen. Tämä koskee melkein kaikkia toimialoja. Myös raaka-aineiden hintojen noustessa on tärkeää, että kaikesta ostetusta materiaalista saadaan täysi hyöty. Näiden tekijöiden takia useissa tehtaissa on suoritettu modernisointeja, joiden avulla saadaan entistä tehokkaammin raaka-aineet hyödynnettyä.

### **Työn tavoitteet**

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Heinolassa sijaitsevan Stora Enson flutingtehtaan kuorimon toimintaa. Tarkemmin kuorimon tutkimisessa keskityttiin kuorimisprosessissa syntyviin häviölähteisiin. Varsinkin nykyaikaisissa tuotantolaitoksissa pyritään minimoimaan eri häviöiden määrää ja maksimoimaan raaka-aineesta saatava hyöty, joten häviöiden kartoittaminen ja poistaminen on tärkeää eri prosesseissa.

Häviölähteitä kartoitettiin haastattelemalla kuorimon työntekijöitä ja työnjohtoa. Näytteiden ottaminen häviölähteistä ja häviöiden suuruuden määrittäminen olivat yhdet tärkeimmät tavoitteet työssä.

Työssä tarkastellaan myös tehtaalle raaka-aineeksi tuotavaa viiluhaketta. Viiluhakkeelle suoritettiin testiseulontoja, käsin seulontoja ja laatuarvolaskelmia. Näiden testien avulla on tarkoitus muodostaa kuva, siitä maksetaanko viiluhakkeesta toimittajille sopivaa hintaa.

Pienempänä osana opinnäytetyötä on kuorimon käyttämän hakkurin tuottaman hakkeen analysointi verrattuna hakun terillä ajettuihin tunteihin. Kokeita varten otettiin sarja näytteitä, joita analysoitiin seulontatulosten perusteella.

## 2 TEORIAOSUUS

Työn teoriaosuudessa käsitellään kolmea eri aihetta: puun rakennetta ja kemiaa, nykyaikaisen kuorimon online-mittauksia ja tehtaan nykyisen kuorimon toimintaa.

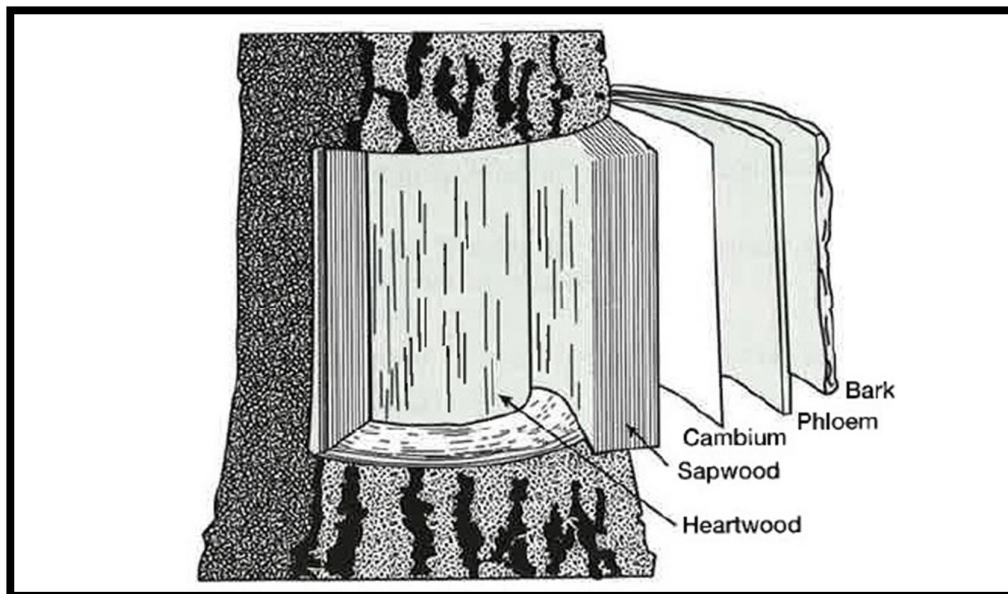
### 2.1 Puun koostumus ja rakenne

Puun materiaaliominaisuuksiin vaikuttavat monet eri tekijät. Näistä yleisimpiä tekijöitä ovat

- morfologia eli puun eri solukkojen (reaktiopuu, sydänpuu ja vuosilustot) esiintyminen
- anatomia eli puun sisältämät solutyypit, solujen rakenne ja niiden ominaisuudet
- kemiallinen koostumus, mitä erilaisia komponentteja soluseinissä esiintyy.

(Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 120.)

Puu koostuu sydänpuusta, mantosta, jälsistä, nilasta ja kuoresta, kuten kuviossa 1 on esitetty. Jokaisella puun osalla on oma määrätty tehtävänsä. Eri osien koostumus ja tarkoitus muuttuu puun kasvaessa ja vanhetessa. Puun perimä ja kasvuympäristö vaikuttavat puun kokoon ja kasvunopeuteen. Kasvuympäristössä puun rakenteeseen vaikuttavat valoisuus ja tuulisuus. (Kellomäki 1998, 21.)



KUVIO 1. Puun osat (Kellomäki 1998, 21)

Sydänpuulla tarkoitetaan puun rungon sisintä osaa, joka voi olla väriltään tummempaa kuin pintapuu eli manto. Kaikissa puissa rungon sisäosa alkaa ajan mittaan muuttua täysin kuolleeksi sydänpuuksi. Sen osuus rungosta kasvaa koko ajan puun vanhetessa orgaanisten aineiden kuten pihkan, parkkihappojen, väriaineiden tms. kerääntyessä siihen. Koivun pintapuun ja sydänpuiden kosteus on melko sama. Uute- ja pihka-aineet tekevät sydänpuusta usein kestävämmän ulkoisia rasituksia vastaan. Sydänpuun tiheys voi olla suurempi kuin pintapuun tiheys johtuen uute- ja pihka-aineista. Koivulla ja muilla kotimaisilla lehtipuilla ilmenee vain vähän tai ei ollenkaan sydänpuuta. (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 32 - 33.)

Manto (pintapuu) on puun osa jossa ravinteet ja vesi liikkuvat juurista latvukseen. Vaaleammissa puulajeissa, kuten koivussa, pintapuun ja sydänpuun rajaa on vaikea erottaa. Pintapuusta ja sydänpuusta koostuvasta alueesta käytetään nimitystä ksyleemi eli puuaines. (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 13.)

Jälsi on ohut yhden solun levyinen kerros, jossa kaikki solut ovat eläviä ja jakautumiskykyisiä. Solunjakautumisen seurauksena jällessä syntyy uutta puuainesta ja nilaa. (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 14.)



Kaikki jällen ulkopuolelle jäävät solukot lasketaan kuoreksi. Nila on puun sisäkuori ja se on puun osa joka kuljettaa lehdistä orgaanisia aineita muualle puuhun. Nilan ulompi kerros muuttuu puun kasvaessa kuoreksi. (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 107.)

Puun ulkokuori on rungon uloin kerros, joka suojaa puuta ulkoisilta tekijöiltä, kuten tuholaisilta, lämpötilan vaihtelulta ja kuivumiselta. Kuori on muodostunut kuolleesta solukosta (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 108).

Kuoren rakenne vaihtelee puulajien välillä. Jopa samaan puulajiin kuuluvien puiden kuorissa voivat poiketa toisistaan niin rakenteellisesti kuin kemiallisestikin. Puun ikä ja kasvupaikka vaikuttavat kuoren rakenteeseen, ja puun kuoren rakenne on jo erilainen eri korkeudella runkoa. Kuori muodostaa noin 10 – 15 prosentin osan puurungon kokonaispainosta. (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 107.)

### 2.1.1 Selluloosa

Selluloosa on yksi luonnon yleisimmistä orgaanisista aineista ja sitä esiintyy kaikissa putkilokasveissa. 40 % - 45 % puun soluseinän massasta on selluloosaa, joten se tekee siitä puun päärakennusaineen (TAULUKKO 1). Selluloosa on polysakkaridi, jolla on hyvä vastustuskyky eri kemikaaleja vastaan. Tämä kyseinen ominaisuus on tärkeä sellun valmistuksessa. Selluloosan liukenemattomuus emäksisiin vesiliuoksiin erottaa sen hemiselluloosista. (Kellomäki 1998, 129.)

TAULUKKO 1. Puun soluseinän koostumus havu ja lehtipuissa (Kellomäki 1998, 129)

Cell wall constituent	Softwoods	Hardwoods
	Proportion in dry matter, %	
Cellulose	40–45	40–45
Hemicelluloses	25–30	25–35
Lignin	25–35	20–25

Sellun kestävyys ja kuidun vahvuus korreloivat positiivisesti puussa ilmenevän selluloosan määrään nähden. Tämäkin tekee selluloosasta tärkeän osan sellun valmistusprosessia. (Kellomäki 1998, 129.)

### 2.1.2 Hemiselluloosa

Hemiselluloosaa esiintyy 20 % - 35 % puun soluseinän massasta, ja se kuuluu polysakkarideihin. Havupuut sisältävät vähemmän hemiselluloosaa, kuin lehtipuut. Lehtipuiden ja havupuiden hemiselluloosakoostumukset ovat myös erilaisia. (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 73.)

Hemiselluloosa liukenee alkoholipohjaisiin liuoksiin, mutta se ei liukene vesipohjaisiin liuoksiin. Tämä ominaisuus mahdollistaa hemiselluloosan erottelun puun muista aineista, kuten selluloosasta. (Kellomäki 1998, 130.)

### 2.1.3 Ligniini

Ligniini on monimutkainen polyfenoli, joka lisää puun lujuutta ja paksuntaa puun soluseinämiä. Havupuissa esiintyy enemmän ligniiniä, kuin lehtipuissa. Havu- ja lehtipuut sisältävät toisistaan hieman poikkeavia ligniinimuotoja. Tämä on yksi syy sille, miksi ei valmisteta sekasellua havu- ja lehtipuista. Ligniini esiintyy puun välilamelleissa ja solun sekundaariseinämassä. Puussa ligniiniä on noin 20 - 35 %

puun kuivapainosta. Sellun valmistusprosessissa suurin osa ligniinistä pyritään poistamaan, koska se heikentää valmiin sellun vahvuutta. (Kellomäki 1998, 131.)

#### 2.1.4 Muut aineet

Selluloosa, hemiselluloosa ja ligniini vaikuttavat yleensä eniten puun kemiallisiin ja fyysisiin ominaisuuksiin. Näiden aineiden lisäksi puussa esiintyy monia erilaisia sekundäärisiä ja puuhun kuulumattomia aineita (TAULUKKO 2). (Kellomäki 1998, 131.)

TAULUKKO 2. Puussa esiintyviä alkuaineita (Kellomäki 1998, 136)

Tree component	Concentration of primary elements, %				Concentration of trace elements, ppm					
	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	S	B	Cu
<b>2 softwoods in Finland</b>										
Stemwood	0.01	0.06	0.12	0.02	147	41	13	116	3	2
Stem bark	0.08	0.29	0.85	0.08	507	60	75	343	12	4
<b>3 hardwoods in Finland</b>										
Stemwood	0.02	0.08	0.08	0.02	34	20	16	90	2	2
Stem bark	0.09	0.37	0.85	0.07	190	191	131	341	17	13
<b>22 hardwoods in southern United States</b>										
Stemwood	0.02	0.16	0.19	0.04	89	67	11			5
Stem bark	0.03	0.20	3.05	0.11	568	135	35			13

Puu sisältää myös pienen määrän uuteaineita. Uuteaineet toimivat puun vararavintona ja ehkäisevät puuta hyönteistuholta ja mikrobiologisilta vaurioilta. Uuteaineet antavat jokaiselle puutyypille oman tuoksun ja värin. Suurin osa uuteaineista liittyy puun aineenvaihduntaan. Puun kaatamisen jälkeen suurin osa uuteaineista häviää ja niiden koostumus muuttuu. (Kellomäki 1998, 132.)

### 2.1.5 Puun kuidut

Lehtipuiden kuidut ovat rakenteeltaan pitkiä, ohuita ja paksuseinäisiä soluja. Solut ovat yleensä kuolleita. Lehtipuiden kuidut voidaan jakaa kahteen eri ryhmään, kuitutrakedeihin ja puusyihin eli libriformosoluihin. (Kärkkäinen 2003, 47)

Lehtipuiden kuitujen pituus on lyhimmillään puun ytimen läheisyydessä ja pitenevät pintaan päin siirryttäessä. Rungon pituussuunnassa pisimmät kuidut sijaitsevat rungon alaosassa. Kasvupaikan on myös havaittu vaikuttavan kuitujen pituuteen. Lehtipuiden kohdalla on havaittu että auringon puolella sijaitsevat kuidut ovat lyhyempiä kuin varjon puolella olevat kuidut. (Kärkkäinen 2003, 48)

Tehtaalla raaka-aineeksi käytettävien puiden kuitujen pituudet ovat seuraavanlaiset (Aaltio 1968, 27):

- koivu 1,2 mm
- haapa 1,0 mm
- leppä 0,9 mm.

## 2.2 Puulajit

Suomessa valmistettavan sellun raaka-aineena käytetään yleisesti koivua ja kuusta. Raaka-aineen valinta ja käyttö on tehdaskohtaista, ja se vaikuttaa koko prosessiketjuun. Sellun valmistuksessa hyödynnetään myös muiden toimijoiden sivutuotteita ja kierrätysmateriaalia.

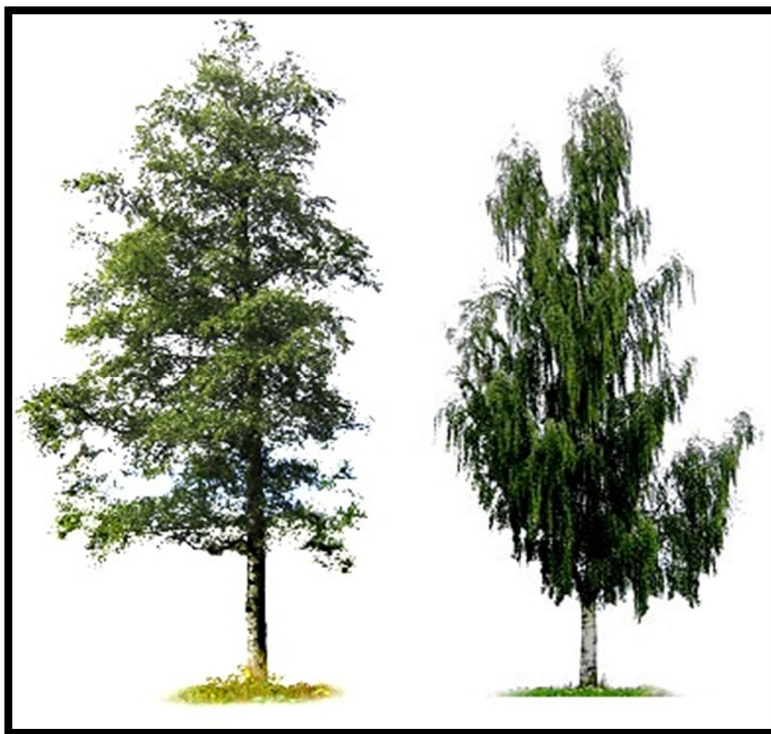
Heinolan flutingtehaalla pääasiallisesti raaka-aineen käytetään koivua. Tehtaan oma kuorimo kuorii ja hakettaa koivua. Tehtaalle kuljetetaan koivuviuluhaketta useammalta ulkopuoliselta toimijalta. Raaka-aineen kuljetukset tapahtuvat tehtaalle joko rekalla tai rautateitse.

Luvuissa käsitellään koivua, haapaa ja leppää. Näitä jokaista puuta on käytetty tehtaalla raaka-aineena. Kyseiset lajit kuuluvat lehtipuihin, ja näitä kolmea lajia voidaan kutsua rakenteeltaan hajaputkiloisiksi. Hajaputkiloinen tarkoittaa sitä, että

putkilot ovat jakautuneet tasaisesti vuosiluston alueelle (Jääskeläinen & Sundqvist 2007, 44).

### 2.2.1 Koivu

Koivulajeja kasvaa lauhkeissa ja viileissä vyöhykkeissä pohjoisella pallonpuoliskolla. Suomessa esiintyviä koivulajeja ovat rauduskoivu, hieskoivu ja vaivaiskoivu (KUVIO 2). Kyseisten puiden muunnoksia esiintyy myös Suomen luonnossa, kuten etelänrauduskoivu, lapinrauduskoivu, visakoivu, metsähieskoivu ja tunturikoivu. Näistä lajeista hieskoivu ja rauduskoivu ovat tärkeimpiä sellun valmistuksessa. Koivun tiheys on noin  $650 \text{ kg/m}^3$ . (Väre & Kiuru 2006, 57.) Koivuissa olevien kuitujen keskimääräinen pituus on 1,2 mm koivu lajiin katsomatta (Aaltio 1968, 27).



KUVIO 2. Hieskoivu ja rauduskoivu (PuuProffa, 2014 b,d.)

Rauduskoivu (*Betula pendula*) on normaalisti huhti–kesäkuussa kukkiva puu, jonka normaali pituus on noin 8 – 25 metriä. Rauduskoivu elää normaalisti 100 – 120-vuotiaaksi. Rauduskoivua esiintyy melkein koko Euroopassa lukuun ottamatta Euroopan eteläosia. Suomessa rauduskoivu on hyvin yleinen puulaji ja sitä esiintyy Keski–Lappia myöten. (Väre & Kiuru 2006, 58.)

Rauduskoivu menestyy hyvin, jopa niukka- ja keskiravinteisissa ja kivisissä metsissä. Koivun puuaineksen väri on hyvin vaalea, ja siitä johtuen vuosilustot näkyvät siinä heikosti. Sydänpuu on myös melko samanväristä, kuin koivun pintapuu. (Väre & Kiuru 2006, 58.)

Hieskoivu (*Betula pubescens*) kukkii rauduskoivun tapaan huhti–kesäkuussa ja se kasvaa yleisesti 20-metriseksi. Hieskoivu on hieman rauduskoivua lyhytikäisempi, ja se elää noin 70 – 90-vuotiaaksi. Hieskoivua esiintyy Euroopassa, ja se on levinnyt aina Siperian itäosiin asti. Suomessa hieskoivua esiintyy ympäri maata hyvin laajalti, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. (Väre & Kiuru 2006, 67.)

Hieskoivu menestyy hyvin niin kuivilla kuin märillä alustoilla. Sitä kasvaa metsissä, soilla, rannoilla, pelloilla ja pientareilla. Rauduskoivuun verrattuna hieskoivun kasvupaikat ovat kosteampia. Hieskoivu kestää varjostusta hyvin, ja se leviää alikasvukseksi kosteisiin ja valoisiin metsiin. Hieskoivun ja rauduskoivun puuainesta on hyvin vaikeaa erottaa toisistaan. Hitaamman kasvun ja pienemmän koon takia sen merkitys talouspuuna on pienempi. (Väre & Kiuru 2006, 68 - 69.)

### 2.2.2 Metsähaapa

Metsähaapa (*Populus tremula*) on ainoa Suomessa esiintyvä haapasuvun puu. Metsähaavan kukinta tapahtuu touko–kesäkuussa ja se normaalisti kasvaa 5 – 25 metriä pitkäksi (KUVIO 3). Suomessa haapa on levinnyt koko maahan, ja se viihtyy parhaiten valoisassa, kuivissa ja tuoreissa kangasmetsissä. (Väre & Kiuru 2006, 145 - 146.) Haavassa olevan kuidun pituus on keskimäärin 1,0 mm, eli 0,2 mm koivua lyhyempi (Aaltio 1968, 27).



KUVIO 3. Haapa (PuuProffa 2014 a.)

Haavan puuaineksen väri on vaalea. Muilta ominaisuuksiltaan haapa on kevyttä, kohtalaisen taipuisaa ja sitkeää. Haavan tiheys on noin  $490 \text{ kg/m}^3$ . Haavan sydän- ja pintapuu ovat, koivun tapaan, samanvärisiä. Tämän takia sydän- ja pintapuu on vaikea erottaa toisistaan. (Väre & Kiuru 2006, 146.)

Verrattaessa haavan puumateriaalia koivuun havaitaan, että sen paino on noin 40 % koivun painosta. Haavan kovuus on 70 % vähemmän koivuun verrattuna. Haapa on myös huomattavasti heikompaa muillakin osa-alueilla. Sen taivutus-, puristus- ja jäykkyysslujuudet ovat jokainen noin 50 % heikompia koivuun nähden. (PuuProffa 2014 a.)

### 2.2.3 Leppä

Leppälajeja on noin 35 kappaletta, ja niitä esiintyy pohjoisen pallonpuoliskon lauhkeilla ja viileillä vyöhykkeillä. Suomessa kasvavia lajeja ovat harmaaleppä ja tervaleppä. (Väre & Kiuru 2006, 73.)

Tervalepän (*Alnus glutinosa*) kukinta tapahtuu maaliskuu–huhtikuussa, ja ne kasvavat normaalisti 5 – 25 metriä pitkiksi (KUVIO 4). Tervaleppää esiintyy Etelä-Suomessa, mutta Keski-Suomessa se on jo melko harvinainen. (Väre & Kiuru 2006, 74.)



KUVIO 4. Tervaleppä (PuuProffa 2014 e.)

Tervaleppä menestyy parhaiten ravinteikkaassa maaperässä ja virtaavan veden lähetyvillä. Merenrantojen tuntumaan kehittyy usein tervaleppämetsiä.

Tervaleppä vaatii paljon valoa kasvaakseen. Puuaineksen väri on punaruskeata, ja ominaisuuksiltaan se on pehmeää ja taipuisaa. Lepän tiheys on noin  $540 \text{ kg/m}^3$ .



(Väre & Kiuru 2006, 74.) Lepän kuidunpituus on muihin suomalaisiin lehtipuulajeihin verrattuna lyhyt eli noin 0,9 mm (Metsätieteiden laitos 2014).

Harmaaleppä (*Alnus incana*) kukinta tapahtuu maalis–toukokuussa ja se kasvaa normaalisti noin 3 – 20-metriseksi. Harmaaleppää esiintyy Suomessa kaikkialla muualla paitsi Ahvenanmaalla ja tunturialueilla. (Väre & Kiuru 2006, 79.)

Harmaaleppä menestyy parhaiten rannoilla, korvissa ja metsissä, joissa maaperä on ravinteikasta ja olosuhteet ovat valoisat. Harmaaleppä puuainees on hieman vaaleampaa kuin tervaleppä. Se on tervaleppään verrattuna kevyempää ja pehmeämpää. Harmaaleppällä on vähäinen merkitys tarvepuuna pienen kokonsa vuoksi. (Väre & Kiuru 2006, 80 - 81.)

### 2.3 Nykyaikaisen kuorimion online mittaukset ja säädöt

Tänäpäivänä nykyaikaiset kuorimot perustuvat kuivakuorintaan, kun taas Heinolan flutingtehtaalla käytetään märkäkuorintaa eli kuorittavien puiden sekaan ajetaan suuria määriä vettä kuoriutumisen edistämiseksi. Tehtaan nykyisessä kuorintajärjestelmässä ei ole yhtään online-mittausta, joka näyttäisi tuloksia itse kuorinnasta tai siinä syntyvistä häviöistä.

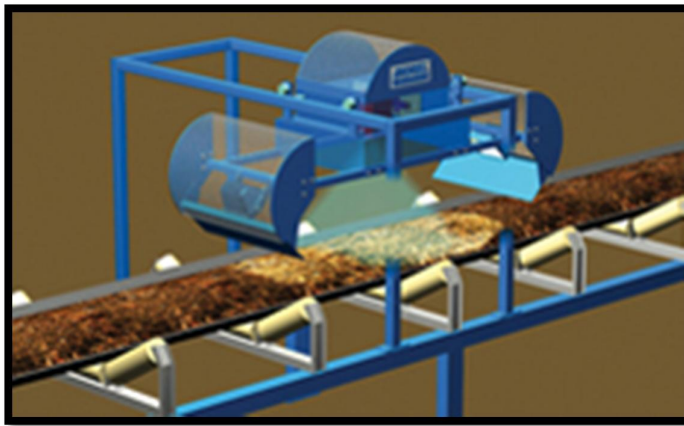
Kuorintalinjan automaattisen ohjaukseen tarvitsee seuraavia mittaustietoja (Seppälä 1999, 24):

- rumpuun tuleva ja poistuva puumäärä
- rummun kuoriaukoista poistuvan kuoren lämpötila
- rummun purkupään portin asento
- rummun täyttöaste, pyörintänopeus ja puhtausaste

Tämän osion tarkoituksena on kartoittaa, minkälaisia laitteita eri toimittajilla on nykyään tarjota kuorimoihin. Lähestyin eri laitteiden toimittajia, ja he tarjosivat minulle tietoa laitteista.

### 2.3.1 Andritz

Andritzin BarkScan-järjestelmä on jatkuvatoiminen prosessilaitte, joka mittaa puun ja kuoren määrää kuljetushihnalla (KUVIO 5). Järjestelmä mittaa ja lähettää dataa jatkuvasti kuorimon valvomoon. Välitettyjen tietojen avulla voidaan muokata kuorimon säätöjä ja pyrkiä vaikuttamaan syntyvän hukkan määrään. (Andritz 2014.)



KUVIO 5. BarkScan-mallikuva (Andritz 2014)

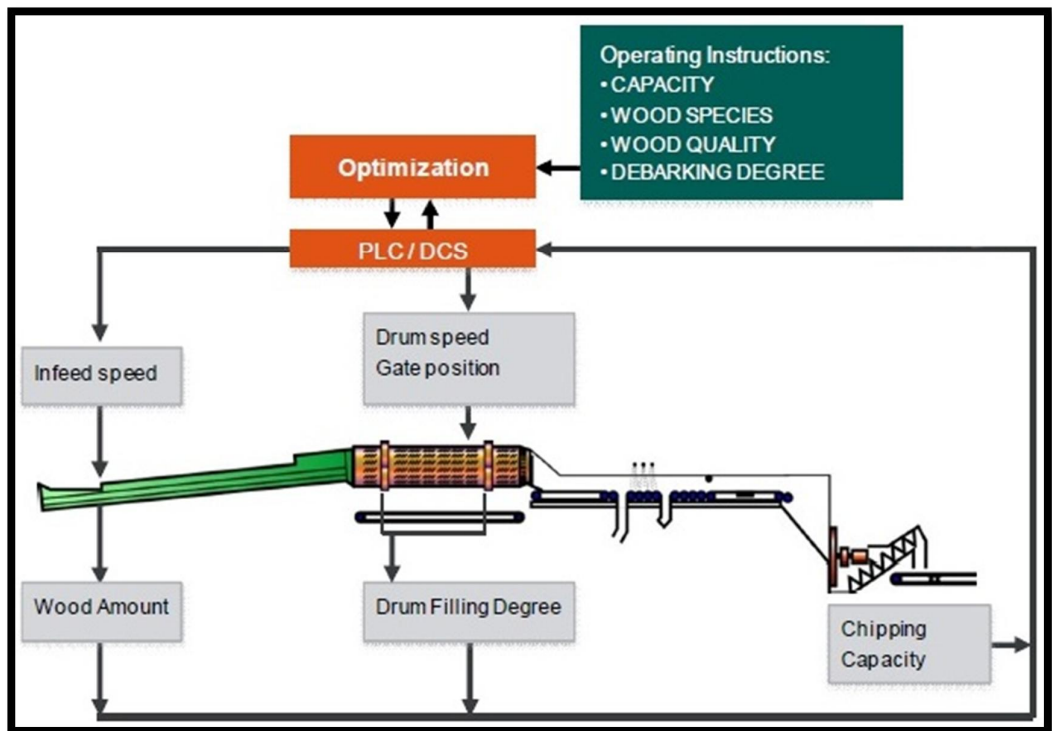
BarkScan-järjestelmä koostuu kamerasta ja valaisuyksiköstä. Järjestelmään kuuluu myös PC-yksikkö ja ohjelmisto, joka analysoi kameran kuvaamat kuvat. Ohjelmisto tarkastelee kuvista puupitoisuuden kuoreen nähden. Hukkaan menevä puumäärä saadaan prosentituloksena ja sitä voidaan seurata reaaliajassa valvomosta. (Andritz 2014.)

### 2.3.2 Metso

Metso tarjoaa monipuolisen ohjausjärjestelmän kuorimon automatisointiin. Mittaus- ja valvontalaitteiden avulla pystytään ohjaamaan ja valvomaan kuorimon

prosessia tarkemmin. Ohjausten avulla pystytään edistämään kuoriutumista ja puhtautta. (Metso 2014.)

Metson tarjoamia ohjaislaitteita ovat syöttökuljettimen nopeuden säätö, puun syöttömäärän laskuri, kuorimisajan mittaus, rummun täyttöasteen mittaus, portin asennon mittaus, kuoriutumisasaste ja puumäärän häviö kuoritiellä. Näiden ohjaislaitteiden avulla pystytään mahdollistamaan kuorimon automaattinen ohjaus ja säätämään kuorimon ajoa tilanteen mukaan. Eri ohjauskohteet on esitetty kuviossa 6. (Metso 2014.)



KUVIO 6. Metson tarjoamat säädöt kuorintalinjaan (Metso 2014)

Metso toimittaa mittauslaitteita kuoren ja hakkeen analysointiin. Laitteet ovat suunniteltu mittaamaan kuoren esiintymistä hakkeen seassa ja puun esiintymistä kuoren seassa. Laitteistot perustuvat konenäköön, eli kuljettimien yläpuolelle asennetaan kamerayksiköt, jotka kuvaavat jatkuvasti hinnalla liikkuvaa

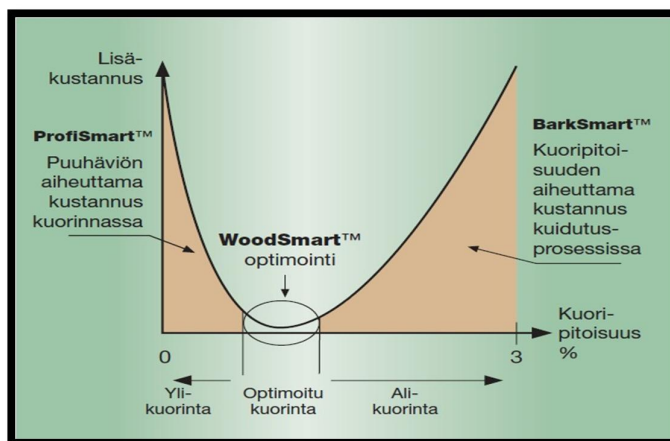
materiaalia. Kameroiden ottamaa kuvaa analysoi niitä varten olevat tietokoneyksiköt, jotka käsittelevät kuvat ja siirtävät niistä käsittelemänsä tiedot eteenpäin valvomoon. Näiden tulosten avulla operaattorit tekevät muutoksia ajoparametreihin tai sitten automaattinen ohjaus säätää asetuksia sopivammiksi. (Metso 2014.)

Mittauslaitteita on myös tarjolla syöttökuljettimen ja rummun täyttöasteen mittaukseen, rummun pyörimisnopeuden mittaukseen ja haketuksen määrään. Näiden mittausten avulla pystytään etsimään tuotannossa mahdollisimmat edulliset ajo-olosuhteet.

### 2.3.3 Teknosavo

Teknosavo Oy tarjoaa puunkäsittelyyn erilaisia online-mittalaitteita ja ohjausmenetelmiä. Yhtiön tarjoamiin tuotteisiin kuuluu WoodSmart™-järjestelmä, joka optimoi kuorimon toimintaa monien mittausten kautta.

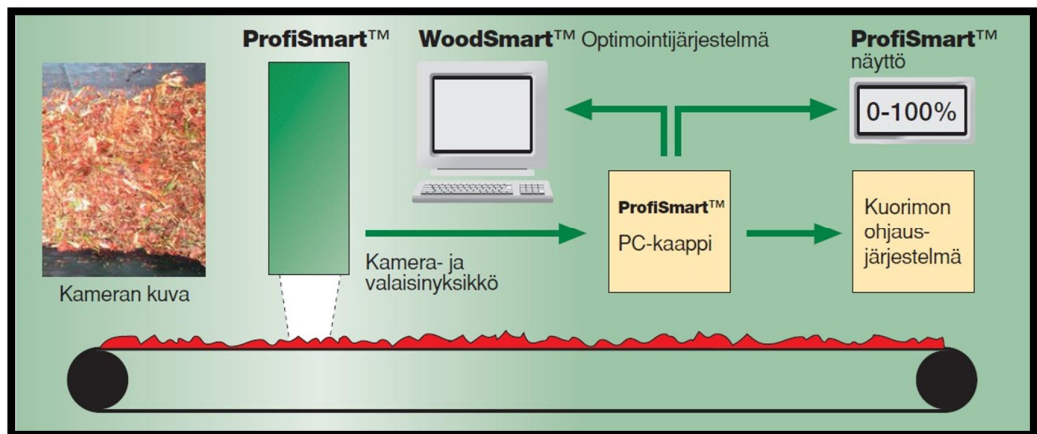
Kokonaisuudessaan WoodSmart™-järjestelmä pitää sisällään rummun täytösasteen mittauksen, puiden puhtausasteen mittauksen ja puuhäviöiden mittauksen. Järjestelmä optimoi mittauksistaan saamalla arvoilla syöttökuljettimen nopeuden, rummun kierrosnopeuden ja vähentää jätevesimäärän syntyä. (Teknosavo 2014b.) WoodSmart™-järjestelmän etuja on esitetty kuviossa 7.



KUVIO 7. WoodSmart™-järjestelmän antamat hyödyt (Teknosavo 2014b)

Barksmart™ on kuorittujen puiden kuoripitoisuutta mittaava laite. Laite mittaa puussa olevan kuoren suhteellista osuutta puun pintaan nähden. Mittalaitteessa on kamera, joka on sijoitettu kuljettimen yläpuolelle. Kamera saa tuloksensa mitattua suoraan kuljettimella olevasta puuvirrasta. Laitteen antamat tulokset voidaan asentaa ohjaamaan suoraan kuorimon automaattista ohjausta tai sitten asettaa tulokset reaaliaikaisina näkyville kuorimon valvomoon. (Teknosavo 2014b.)

Profismart™ on kuorikuljettimella esiintyvän puun määrää mittaava laite. Järjestelmä lähettää reaaliaikaista dataa kuorimon valvomoon. Laitteesta saatavaa dataa voidaan hyödyntää kuorinnan ohjauksen niin että puuhäviöt ovat mahdollisimman pienet. (Teknosavo 2014b.) Profismart™-järjestelmä esitettynä kuviossa 8.



KUVIO 8. Profismart™-järjestelmän toiminta (Teknosavo 2014b)

Chipsmart™ järjestelmä mittaa reaaliaikaisesti valmistetun hakkeen laatua. Analysointilaitteeseen kuuluu kamera- ja valaisinyksikkö, sekä pc-kaappi (KUVIO 9). Laite mittaa hakkeesta pintavaaleuden muutoksia, kuoren ja muiden epäpuhtauksien osuutta, pintakosteuden muutosta ja hakekuljettimen tilavuusvirtaa. Nämäkin tulokset pystytään esittämään suoraan kuorimon valvomoon näytöllä tai sitten dataa voidaan kerätä muistiin erillisiä analyysejä varten. Mitattaville arvoille voidaan myös asettaa hälytysrajat, jos liian isoja muutoksia havaitaan hakkeen laadussa. (Teknosavo 2014a.)



KUVIO 9. Chipsmart™ laitteisto (Teknosavo 2014a.)

Teknosavolla on myös tarjota mittauslaite kuorimarummun täytösastetta varten. Täytösasteen mittaukseen käytetään kameraa, joka on sijoitettu rummun yläosaan purkupään lähetyville. Järjestelmä mittaa rummun täytösastetta asteikolla 0 – 100 %. Suurin järjestelmän antama etu on sen tarjoama todellinen rummun täytösastetieto, riippumatta puun laadun muutoksista. (Teknosavo 2014b.)

#### 2.4 Nykyisen kuorimon prosessi

Tehtaan tämänhetkinen kuorimo on ollut käytössä 1970-luvulta asti. Kuorimon ohjaus, säädöt ja mittaukset ovat hyvin alkeellisia, eli suurin osa laitteistosta on normaalien kääntökytkimien perässä. Ohjausjärjestelmää ei ole siirretty tietokonepohjalle, vaan valvomossa on ohjauspulpetti jonka kautta laitteet käynnistetään ja niitä säädetään. Ainoa trendi, jota kuorimolla seurataan tietokoneen kautta, on hakesiilojen pinnanmittaukset.

Kuorimo on käytössä kahdessa vuorossa ja yhden vuoron miehityksessä on kolme operaattoria. Kuorimolla pystytään tuottamaan noin 800 - 1000 m<sup>3</sup> haketta yhden vuoron aikana. Enemminkin on toki mahdollista ajaa kahden vuoron aikana, mutta tämä vaatii optimaalisen materiaalin, hyvät olosuhteet ja laitteiden toimintavarmuuden. Puiden kuoriutumisen onnistuminen on prosessin kannalta tärkeää, koska puissa esiintyvät kuoret aiheuttavat ongelmia itse sellun valmistuksessa. Taulukossa 3 on esitetty eri massatyypin sallimat kuorimäärät. Heinolassa valmistetaan puolimekaanista massaa, eli aluksi puu keitetään ja sen jälkeen mekaanisesti puristetaan.

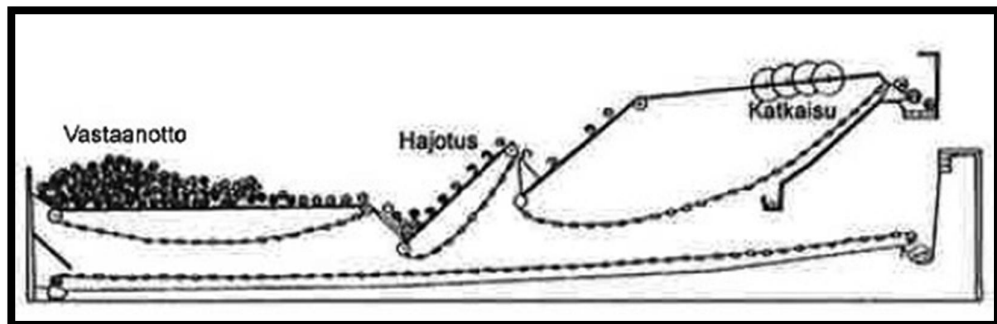
TAULUKKO 3. Eri massatyypeissä sallitut kuorimäärät (Seppälä 1999, 24)

Massatyyppi	Sallittu kuorimäärä	Maksimi kuorimäärä
Hioke	0,2 %	0,5 %
TMP	0,2 %	1,0 %
CTMP	0,2 - 1,0 %	2,0 %
Valkaisematon sulfaatti	1,0 - 1,5 %	-
Valkaistu havusulfaatti	1,0 - 2,0 %	-
Koivusulfaatti	n. 0,5 %	-

Kuorimon järjestelmässä on tällä hetkellä vain muutama online-mittaus. Nykyisessä tilanteessa kuorimolla mitataan jatkuvasti veden pH-arvoa ja kuoripuristimessa syntyvän kuorimaton paksuus. Mitään varsinaisia mittauksia koskien suoraan kuorintaprosessia ei ole, vaan nykyiset mittaukset liittyvät täysin sivutuotteiden jälkikäsittelyyn. Kuorimoon syötettävistä puista pidetään kirjaa käsikirjalla, jota työkoneenkuljettajat päivittävät.

### 2.4.1 Syöttöpöytä

Kuorimon toiminta ja puiden käsittely alkaa syöttöpöydältä. Syöttöpöydässä on kaksi nopeutta, ja sen tehtävänä on syöttää puut sopivana virtana kuljetinhihnalle. Tällä tavoin kuljettimilla eikä rummussa pääse syntymään ruuhkaa tai sumppuja. Syöttöpöydällä on 1-, 2- ja katkaisukuljettimet. 1-kuljettimen tehtävänä on toimia vastaanottopöytänä ja siihen voi kerrallaan nostaa kaksi autonippua puuta. 1 – kuljetin siirtää puita tasaisesti 2-kuljettimelle. 2-kuljetin toimii niin sanottuna hajotuspöytänä, joka erottelee niput yksittäisiksi puiksi. Tämä erottelu helpottaa katkaisu-kuljettimen toimintaa, jonka tarkoituksena on tarvittaessa katkaista puuta. Syöttöpöydän toiminta on selkeästi esitettyä kuviossa 10. Katkaisukuljetin siirtää puut lopuksi katkaisun jälkeen hihnakuljettimelle. Hihnakuljettimen avulla puut siirtyvät kuorimarummun syöttöpäähän.



KUVIO 10. Syöttöpöydän toiminta (Seppälä 1999, 23)

Kuorimon puun saannista vastaa työkoneenkuljettaja, joka nostaa tasaisin väliajoin puita syöttöpöydälle. Puun asettelu syöttöpöydälle riippuu puutavaran mitasta ja koosta. Ajettaessa kolme metriä pitkää puuta syöttöpöydälle, sitä ei tarvitse katkaista. Yli kolme metriä pitkät puut pyritään katkaisemaan pöydällä kuoriutuvuuden edistämiseksi.

Lämpimillä keleillä, eli + 5 °C, puita kastellaan syöttöpöydällä. Puiden kastelu edistää puiden liikkumista. Syöttöpöytää pystytään ajamaan ilman miehitystä, mutta silloin ohjaus siirtyy kuorimon valvomoon. Pöydälle täytyy tässä



tapauksessa syöttää vain kolmemetristä puutavaraa, koska kuorimon valvomosta ei pystytä ohjaamaan syöttöpöydällä olevia katkaisuteriä.

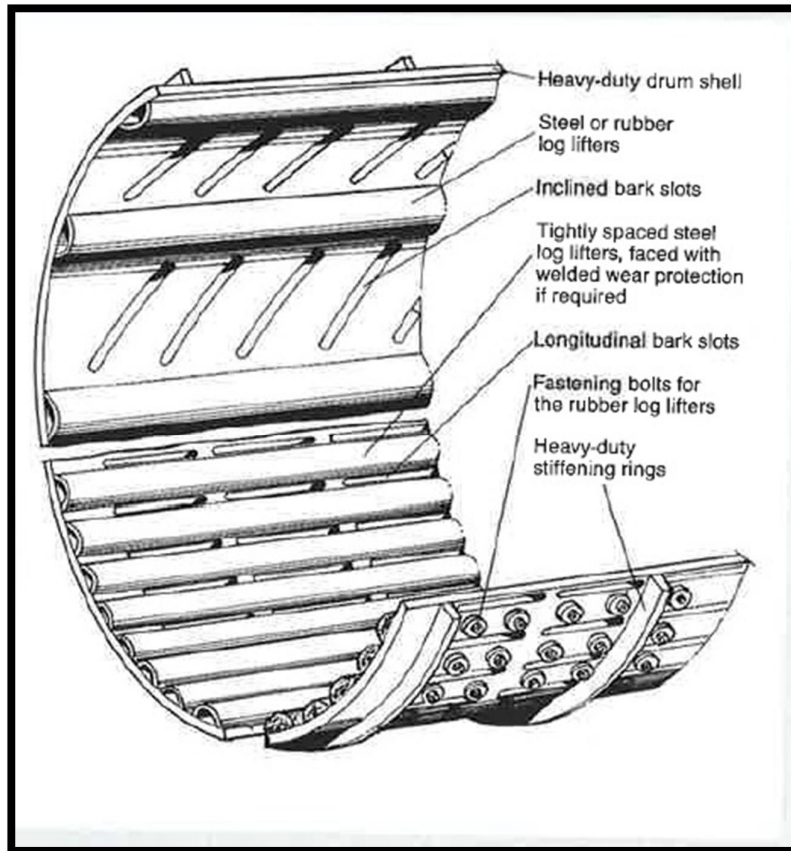
Yleisimpiä ongelmatilanteita syöttöpöydällä ovat ruuhkautumiset ja sumput. Näiden purkamista varten pöydälle on asennettu nosturi ja operaattoreilla on apunaan moottorisaha vaikeamman suman purkamiseen.

#### 2.4.2 Kuorimarumpu

Kuorimarumpu on yksinkertaisuudessaan teräksinen lieriö, jota pyörittävät osittain vedellä täytetyt kumirenkaat. Tehtaan kuorimarumpu toimii ristikkäiskuorintaperiaatteella. Ristikkäiskuorinnassa puut ovat jakautuneet rummussa kahteen eri kerrokseen: alempaan ja ylempään kerrokseen. Alemmassa kerroksessa kuoriutuminen on vähäisempää, koska puiden keskimääräinen liukuma on pieni. Ylemmässä kerroksessa puut kuoriutuvat paremmin, koska siellä puut liikkuvat toisiinsa nähden suuremman matkan (Seppälä 1999, 24).

Rummun sisäpintaan on hitsattu teräksisiä rimoja, joiden tehtävänä on nostaa puita rummun seinämän mukana ylöspäin rummun pyöriessä (KUVIO 11). Puiden kuoriutuminen perustuu hankaukseen. Kulkeutuessaan kuorintarummun läpi puut hankautuvat toisiaan ja rummun seinämää vasten. Hankauksesta syntyvät voimat murtaa kuoren ja puun välisen jälsikerroksen irrottaen puusta kuoren ja jälsin (Seppälä 1999, 24).

Rummun syötön määrän säätelee aikaisemmin mainittu syöttöpöytä. Puiden siirtyessä rummun sisään niitä kastellaan kiertovedellä. Vedellä pyritään edistämään puiden kuoriutumista ja kuljettamaan rummussa irtoavat kuoret ja pienet puunosat pois rummusta. Kuoret poistuvat rummusta niitä varten tehdyistä kuoriaukoista, jotka sijaitsevat rummun loppuosassa. Rummun alkupäässä seinämä on umpinainen, jottei puiden kastelua varten käytetty vesi pääse ulos rummusta. Tehtaan nykyisessä rummussa on vain yksi pyörintänopeus, eikä sitä pysty säätämään.



KUVIO 11. Yleinen kuorimarummun rakenne (Gullichsen & Fogelholm 2000, 361)

Kuorimarummun vähien säätömahdollisuuksien ja yhden nopeuden takia, sitä ajetaan silmämääräisesti. Kuorimarummun täyttöaste pyritään pitämään noin 50 – 60 prosentissa eli siis rumpu on puolillaan puuta. Puiden kuoriutumista rummussa säädetään portilla, joka sijaitsee rummun ulostulossa. Mitä huonommin puu kuoriutuu rummussa, sitä enemmän rummun porttia säädetään kiinni. Portilla säädetään myös rummusta ulostulevaa puuvirta. Sopivalla puuvirralla saadaan hakkurille suotuisa kuormitus.

### 2.4.3 Pesurullasto ja metallinpaljastin

Kuorimarummun jälkeen puut tulevat rummusta ulos rummun kynnyksen yli ja siirtyvät purkusuihteelle. Suisteen jälkeen puut siirtyvät pesurullastolle, mutta se ei ole käytössä. Pesurullaston tehtävänä on puhdistaa puita kuorinnan jälkeen, mutta nykyisessä prosessissa pesurullaston pesurit menevät tukkoon, koska kiertovesi on liian epäpuhdasta. Puut ovat rummusta ulostullessaan riittävän puhtaita, joten pesurullaston käyttö ei ole pakollista.

Pesurullaston jälkeen puut kulkevat metallinpaljastimen läpi ja sen jälkeen kiviloukun yli. Metallinpaljastimen havaitessa metallia se pysäyttää automaattisesti purkuhinnan ja sulkeen kuorimarummun portin.

Metallinpaljastimen toiminta on tärkeää, koska hakun terät ovat erittäin herkästi vioittuvia, jos hakkuun joutuu jotakin kovempaa materiaalia kuin puuta.

Kiviloukun tehtävänä on poistaa prosessista kaikki mahdolliset kivet pois.

Loukussa on kaksi rullaa, joiden yli puut menevät. Rullien välissä on aukko, jossa on kevyt vesivirta. Veden tarkoituksena on estää puuta menemästä loukkuun.

### 2.4.4 Hakkuri ja syklooni

Puiden kuljettua metallinpaljastimen ja kiviloukun ohi ne päätyvät hakkuriin.

Hakkurilla haketetaan kaikki kuorimossa kuorittavat puut. Syöttökulma hakussa on noin 30 ° – 40 °. Hakkurissa on yhteensä 12 kappaletta teriä, ja hakun halkaisija on 70 senttimetriä. Hakun terillä ajetaan noin 60 tuntia ja niitä pyritään vaihtamaan kahdessa erässä. Hakun terien käyttötunneista pidetään kirjanpitoa, jotta pysytään määrittämään terille tarkat vaihtovälit. Terien kulmaa säätämällä pystytään vaikuttamaan tuotettavan hakkeen pituuteen.

Haketus on sellun valmistuksessa välttämätöntä. Haketuksella puu saadaan pienennettyä sopiviksi kappaleiksi niin että keittoliuos pystyy imeytymään puun sisään tasaisesti ja reagoimaan puussa olevan ligniinin kanssa. Tällä tavoin luodaan keittoprosessiin sellaiset olosuhteet, että kuidut erottuvat toisistaan ja

soveltuvat raaka-aineeksi kartongin ja paperin valmistukseen (Seppälä 1999, 30). Taulukossa 4 on esitetty selluhakkeen raaka-aineen laadulle olennaisia vaatimuksia ja eritelty tekijöitä, jotka alentavat sellun laatua.

TAULUKKO 4. Selluhakkeen laatuun vaikuttavia tekijöitä (Seppälä 1999, 31)

<b>Hakkeen ominaisuus</b>	<b>Selluhake</b>	<b>TMP-hierrehake</b>
PITUUS	15–30 mm	13–23 mm
LEVEYS	ei kriittinen tikkujae haitallista	ei kriittinen
PAKSUUS	kriittinen hyvä alue 4–5 mm	kriittinen, hyvä alue 3–5 mm
TIHEYS	näky saannossa	näky saannossa
PURUMÄÄRÄ	<0,5–1,0 %	<0,5 %
KUORIPITOISUUS	havupuu 0,5–2,0 % koivu 0,5 %	<0,2 %
EPÄPUHTAUDET	haitallisia hiekkä noki muovi	hyvin haitallisia
KOSTEUS	mieluiten >30 %	kriittinen >45 %
TUOREUS	toivottava	erittäin tärkeä
OKSAPITOISUUS	haitallinen	haitallinen
LAHOPITOISUUS	haitallinen	erittäin haitallinen
TYSSÄYSVAURIOT	ei kriittinen	ei kriittinen

Hakkurin jälkeen hake puhalletaan paineilman avulla syklooniin, jossa haketta sekoitetaan paineilmalla. Syklooni toimii puskurivarastona ja annostelijana ennen seulontaa. Sykloonissa on pintavahti, joka valvoo, ettei laite tukkeudu. Tukkeutuessa pintavahti pysäyttää hakun ja hakun jälkeisen puhalluksen syklooniin.

#### 2.4.5 Seulonta

Seulonta tapahtuu kaltevalla reikälevyllä, joka tekee edestakaista liikettä. Reikälevyn läpi mahtuu prosessiin sopivan kokoinen hake ja liian suuret hakkeet, eli ylite menee seulan toisessa reunassa olevaan kouruun, josta ne siirretään tikkumurskaimeen. Tikkumurskaimessa isommat hakekappaleet hienonnetaan ja siirretään hyväksytyn hakkeen sekaan siiloihin.

Seulottu ja murskattu hake siirretään annostelijaruuvien avulla sulkusyöttimelle, josta ne edelleen puhalletaan paineilman avulla siiloihin. Tehtaalla on kaksi 1800 m<sup>3</sup>:n siiloa, joihin ensisijaisesti haketetaan. Hakkeen kulun pystyy myös muuttamaan niin, että haketettava hake puhalletaan hakekentälle. Kentällä haketetaan ainoastaan sellaisissa tilanteissa, kun siilot ovat täynnä tai epäkunnossa.

#### 2.4.6 Kuoren käsittely

Kuorinnassa puusta irtoava kuori ei ole jätettä vaan sitä pystyy hyödyntämään esimerkiksi voimalaitoksessa polttamalla. Tämän takia kaikki kuorinnassa syntyvä kuori pyritään saamaan prosessissa talteen ja käsittelemään polttokelpoiseksi.

Rummun kuoriaukoista ulos tullut kuori ja vesi johdatetaan saostuskuljettimelle, jossa suurin osa vedestä eroitetaan kuoren seasta. Saostuskuljetin on jatkuvatoiminen kuljetin, jonka pohjassa on reikiä. Vesi poistuu näiden reikien kautta ja kuoret siirretään saostuskuljettimen jälkeen kuorenrepijälle.

Kuorenrepijällä pienennetään isompia kuorenkappaleita. Kuorien hienonnus edesauttaa kuorien käyttöä myöhemmissä käyttövaiheissa, kuten puristuksessa ja poltossa. Repijältä kuoret siirretään rumpupuristimeen.

Rumpupuristimessa pyritään poistamaan vielä kuoren sisältävä vesi ja saamaan sen kuiva-ainepitoisuus 40 %:n paikkeille. Kuori kuivataan puristimessa rei'itetyn rummun ja sen sisällä pyörivän telan välissä puristamalla. Rumpupuristimesta ulostullessaan kuori siirretään ruuvikuljettimella hihnakuljettimille. Käsitelty

kuori päätyy hinnakuljettimia pitkin polttokentälle ja sieltä työkonekuljettajat siirtävät kuoriaineen polttoon.

### 3 KOKEELLINEN OSA

Työn kokeellisessa osassa pyritään määrittelemään Heinolan flutingtehtaan kuorimon häviölähteitä ja analysoimaan näytteiden perusteella syntyvien häviölähteiden suuruuksia. Toisena aiheena kokeellisessa osassa käsitellään tehtaalle tuotujen viiluhakkeiden laatua. Kolmas osio keskittyy kuorimon hakkurin terien käyttötuntien optimointiin.

#### 3.1 Häviölähteiden kartoitus

Häviöiden syntyvästä määrästä on hyvin vaikeaa saada luotua mitään tarkkaa numeerista kuutiomäärää, joka pitäisi paikkaansa. Kuorimon nykyisestä prosessista puuttuvat mittauslaitteet, kuten sivutuotteiden syntyvyyden seuranta ja tarkat tiedot syötettävän puun määrästä. Nämä puutteet hankaloittavat hukan määrän syntymisen määrittämistä.

Selvitin kuitenkin eri häviölähteitä haastattelemalla työntekijöitä ja ottamalla näytteitä kuoritieltä. Kuoritien näytteet antavat hyvän kuvan siitä, kuinka paljon puuhäviötä kuorinnassa syntyy.

Häviölähteet on jaoteltu kahteen kategoriaan: ”välttämättömät häviölähteet” ja ”häviölähteet, joihin voi vaikuttaa”. Välttämättömät häviölähteet ovat kohteita, joihin on hyvin vaikea tai mahdoton vaikuttaa. Toisessa alaotsikossa käsiteltävät häviölähteet, joihin voi vaikuttaa, ovat nimensä mukaan muutoksien avulla vähennettävissä.

##### 3.1.1 Välttämättömät häviölähteet

Häviöiden syntyminen alkaa tehdasalueella jo puiden purkamisessa puukentälle. Kurottajan käsitellessä kuormissa olevia erikokoisia puita, saattaa puita katkeilla tai muuten murtua. Samalla häviöitä syntyy, kun kurottaja nostaa kentältä puita ja

nostaa ne syöttöpöydälle. Syöttöpöydälle nostettaessa tapahtuu myös samanlaista murskautumista ja puiden hajoamista, kuten kuormien purkamisessa.

Syöttöpöydällä hukkaa syntyy sahauksessa, jossa kuorittavat puut katkaistaan sopivan mittaisiksi. Katkaisemisessa kuluu aina terän paksuuden verran puuta. Tätä ongelmaa ei tietenkään synny kolmemetrinen puiden kohdalla.

Kyseinen hukka on hyvin vaikea poistaa, ellei tehtaalle tuotavia puita ruveta vaatimaan tietyissä pituuksissa ja katkaista valmiiksi jo hakkuutyömailla. Puiden ylimääräinen katkaisu ennen toimitusta saattaisi nostaa puun hintoja ja täten asettaa kyseisestä kohteesta syntyvän hukan ratkaisemisen täysin tarpeettomaksi.

### 3.1.2 Häviölähteet, joihin voi vaikuttaa

Syöttöpöydällä häviöitä aiheuttaa tukkien huolimaton sijoittelu. Asettaessa puut väärään kohtaan pöydälle katkaisusaha ei sahaa kyseisiä puita keskeltä kahtia vaan niiden päistä katkaistaan vain pieni pätkä, joka ei ole kuorimisprosessille edullinen. Tämä tilanne on helppo korjata parantamalla kommunikaatiota syöttöpöydän operaattorin ja työkonekuskin välillä, eli jos työkoneen kuljettaja sijoittaa puut huonosti pöydälle, operaattori ilmoittaa puhelimitse asiasta työkoneen kuljettajalle.

Kuorimarumpu aiheuttaa suurimmat häviöt kuorintaprosessissa. Esimerkiksi isommat puut aiheuttavat kuorimarummussa ylimääräistä hukkaa, koska ne murskaavat pienempiä puita. Tähän on pyritty vaikuttamaan ajamalla erilaisia ”kampanja-ajaja”, joissa erikokoista puutavaraa syötetään tasaisesti syöttöpöydälle. Tätä systeemiä voitaisiin vielä tehostaa ja aloittaa tukkikentällä vieläkin tämänhetkistä lajittelua tarkemman lajittelun. Lajittelussa erikokoiset puut asetettaisiin omiin varastopaikkoihin. Lajittelun voisi toteuttaa asteikolla: pienet puut, keskikokoiset ja suuret. Pituuden mukaan lajittelu toimii tällä hetkellä hyvin, joten siihen ei kannattaisi puuttua.



Lajittelua voisi pyytää myös puun toimittajilta jo heidän suorittaessa auton lastausta. Toimittajien suorittaessa lajittelun jo ennen tehtaalle tulemista voitaisiin autot purkaa suoraan oikeisiin lokeroihin. Ellei kuljettaja ole suorittanut lastausvaiheessa lajittelua, täytyy hänen itse purkaa kuormansa oikeisiin lokeroihin puukentällä. Puiden ollessa lajiteltuna kunnolla oikeisiin paikkoihin olisi työkonekuskilla paljon helpompi säädellä kuorimoon menevän puun kokoa(esimerkiksi 1/5 kuormista keskikokoista puuta ja 1/10 kuormista isoa puuta) ja tätä kautta vähentää syntyvän hukkan määrää.

Kiviloukkuun kertyy jo yhden vuoron aikana huomattava määrä erilaista puutavaraa, jonka kuuluisi mennä hakulle. Loukun nykyinen versio ei kuitenkaan toimi toivotulla tavalla, vaan jokaisessa aamuvuorossa operaattoreiden täytyy tyhjentää kiviloukon säiliöön tulevat kivet ja puut. Kiviloukon läpi kulkeutuu tällä hetkellä paljon enemmän puuta kuin kiveä. Loukkoon joutuva puu päättyy lopulta siirtolavalle, josta ne tyhjennetään polttokentällä.

Hakkeen siirtämiseen tehtaalla käytetään apuna paineilmaa ja sen avulla haketettu hake puhalletaan siiloihin. Ilmanpaineella hakkeen puhaltaminen siiloihin mutkaisen putkiston kautta aiheuttaa hakkeessa vaurioita, samalla synnyttäen hukkaa. Paineella puhallettu hake synnyttää hakkeeseen murtumia ja pienentää sitä.

### 3.1.3 Kuoritien näytteet

Kuoritielle ohjataan käsitelty kuoriaines, joka siirretään kuoritietä pitkin polttokentälle. Kuoritielle päättyy myös paljon puuainesta, joka kelpaisi hakkeeksi. Polttokentältä kuoriaines siirretään voimalaitokselle polttoon.

Otin kuoritieltä 21 kappaleen sarjan näytteitä. Näytteiden tiedot on esitetty liitteissä 1/1 – 1/4. Yhden kuljettimelta otetun näytteen koko oli kymmenen litran ämpäri kuoriainesta ja kymmenestä litrasta annostelin satunnaisesti eroteltavaksi noin 1 000 gramman näyte-erän, josta erottelin käsin selkeästi havaittavan puun (KUVIO 12). Selvitin samalla otettujen näytteiden kosteuden punnitus

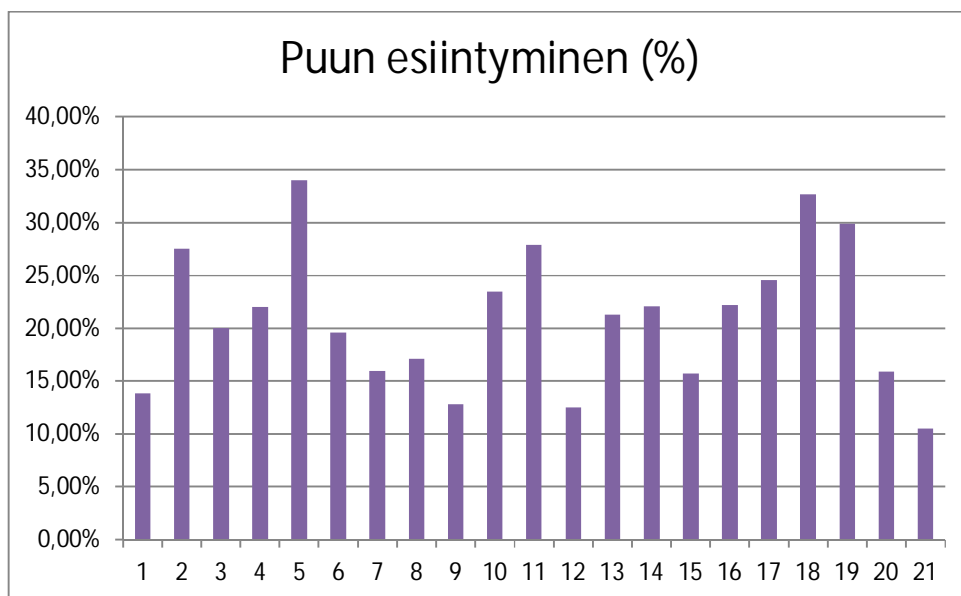
kuivausmenetelmällä. Tällä tavoin sain näytteessä ilmenevälle puulle melko tarkan kosteuden. Näiden arvojen avulla pystyin, laskemaan kuinka paljon kuivaa puuta näytteet sisälsivät.



KUVIO 12. Puuta kuoritien näytteestä

Täysin kuivan puun määrä vaihteli näytteissä 11,0 %:n ja 34,0 %:n välillä (TAULUKKO 5). Keskiarvo puun ilmenemiselle kaikissa näytteissä oli 21,0 %. Näytteiden kosteuskeskiarvo oli 51,2 %. Näytteiden ottamisaikana ei kiinnitetty huomiota siihen minkälaiset ajoasetukset (portin asento) kuorimolla oli käytössä tai minkä mittaista puuta syöttöpöydälle syötettiin. Tämän takia tutkimuksessa ei tehdä tarkempaa analysointia, siitä miten eri muuttujat vaikuttavat kuoritiellä esiintyvän puun määrään.

TAULUKKO 5. Kaikissa näytteissä esiintyneen puun osuus



Arviolta kuorikuljettimelta tulee  $15 \text{ m}^3$  polttoon käytettävää materiaalia tunnissa. Kuorimo on ajossa noin 13 tuntia päivässä, ja vuoden aikana se on ajossa 350 päivää. Näillä arvoilla syntyy yhteensä poltettavaa kuoriainesta noin  $68\,250 \text{ m}^3$ . Esitetty määrä täysin kuivana polttoon päätyvänä materiaalina, eli 0 %:n kosteus, on se vuodessa  $33\,292 \text{ m}^3$  kuoriainesta. Tästä määrästä noin  $7\,000 \text{ m}^3$  on täysin kuivaa puuta. Puun määrä laskettuna näytteiden keskiarvolla eli 21,0 %.

$7\,000 \text{ m}^3$  puuta maksaa koivukuitupuun hankintahinnalla ( $30 \text{ e} / \text{m}^3$ ) 210 000 euroa vuodessa. Tällä hinnalla poltetaan vuodessa sellun raaka-aineeksi täysin käyttökelpoista puuta. Tehtaalla on 2000 – 2013 vuosien aikana poltettu raaka-aineeksi tarkoitettua puuta noin  $91\,000 \text{ m}^3$  ja sen arvo on ollut noin 2 730 000 €. Vuodessa polttoon menevästä puuainemäärästä pystyttäisiin tuottamaan yhteensä 2 800 tonnia sellua.

Ei ole realistista kuitenkaan esittää arviota että puun esiintyminen kuorikuljettimillä saataisiin pudotettua alle 8 %:n. Hyvä tavoite olisi pyrkiä pudottamaan esiintyvän puun määrä 10 %:n tietämille, jolloin vuodessa saataisiin huomattava määrä puuta käytettäväksi varsinaiseen prosessiin.

Polttoon joutuvan puun määrän vähentäminen vaatisi investointeja kuorimon modernisointiin ja erilaisiin online mittauslaitteisiin. Kuoritieltä otettavien näytteiden määrää täytyisi myös nostaa ja analysoida eri ajomallien välillä syntyvää puumäärää. Kuitenkin osassa erottelemisnäytteissä päästiin lähelle 10 % puun esiintymistä ja kuorimon pienillä muutoksilla tämän arvon ei pitäisi olla mahdoton saavuttaa.

#### 3.1.4 Ratkaisuja häviöiden vähentämiseen

Lyhyempi kuorima-aika vähentäisi hukkaa. Ylimääräinen kuoriminen aiheuttaa aina puiden kulumista, kun ne hankaavat enemmän toisiaan ja aiheuttavat ylimääräistä puiden kulumista. Kuorinta-aikaa vähentäisi huomattavasti suunniteltu kuorimarummun portin muutos, ja se tasoittaisi rummun puuvirtaa. Portin muutoksella saataisiin myös rummussa syntyvää hukkaa alemmaksi. Uusi portti helpottaisi kuorimon ajomiehen töitä paremmalla säädettävyydellä. Portin säädettävyydellä olisi helpompaa annostella rummussa olevaa puumäärää, eikä rumpu tällöin olisi liian täynnä eikä liian tyhjä.

Kiviloukkuihin voitaisiin suorittaa muutostyö, eli rullastoja laskemalla ja asettamalla eri korkeuksille pystyisi vesivirta kuljettamaan puuta paremmin pois. Tämän muutoksen avulla myös kivet saisi siirrettyä tehokkaammin prosessista pois eikä hakkurin terän vaurioitumisia sattuisi niin usein.

Kunnossapidolla on suuri vaikutus kuorimon toimintaan, koska on kyseessä vanha laitos. Huoltojen suorittaminen sopivilla sykleillä, eikä vain silloin kun jotain hajoaa, on paljon tehokkaampaa kuorimon toiminnan kannalta. Näin saadaan aina niin sanottua ”heikointa” kohtaa kuorimossa vahvistettua ja voidaan siirtyä miettimään toista kunnostettavaa kohdetta. Tämä ehkäisisi myös tarpeettomien katkojen määrää.

Varsinkin talven aikana ongelmia aiheuttaa jäässä oleva puuaines. Puun ollessa jäässä sen käsittely vaikeutuu ja kuoren irtoaminen on paljon heikompaa, kuin lämpiminä vuodenaikoina. Talvella puumateriaalia yritetään sulattaa veden avulla,

mutta kylmä ajankohta alentaa veden lämpötilaa noin 4 °C asteeseen. Tämän lämpöinen vesi ei edistä kuorintaa halutulla tavalla. Kuorimolla on ainakin yksi käyttämätön höyrylinja, jota voitaisiin hyödyntää kuorimon vesien lämmittämiseen. Tällä tavalla kuorittavia puita saataisiin hieman lämmitettyä ja kuorintaa onnistumaan paremmin. Erillinen sulatuskuljetin auttaisi myös talvella.

Tehtaalla on jo esitetty suunnitelma mekaanisista kuljettimista, jotka siirtävät hakkeen siiloihin. Kuljettimilla hake ei törmää esteisiin, eikä tämä kevyempi kuljetustapa aiheuta vaurioita hakkeelle.

### 3.2 Viiluhakkeen analysointi

Haketta kulutetaan tehtaalla noin 14 000 – 15 000 m<sup>3</sup> kuukaudessa. Rekat purkavat tehtaalle tuotavan hakkeen hakekentälle. Hakekentällä on kuilu, johon hake painuu. Kuilun pohjalla on purkuruuvi, joka annostelee hakkeen kuljettimille. Tästä hake etenee kuljetinta pitkin seulontaan.

Tehtaalle toimitetaan viiluhaketta viideltä eri tehtaalta. Toimittajia ovat Koskisen Oy Järvelän tehdas, UPM Jyväskylän vaneritehdas, Vilkon Oy koivutuoteteollisuus Hirvensalmesta, Metsä Woodin Suolahden vaneritehdas ja Metsä Woodin Punkaharjun vaneritehdas. Näiden kyseisten tehtaiden käyttämä raaka-aine on koivua, joten tämän osalta se soveltuu sellutehtaan käyttöön. Tehtailta toimitetaan viiluhaketta, jonka sekaan on haketettu viilun sorvauksessa syntyvät purilaat. Koskisen Oy toimittaa myös pieniä määriä haapaviiluhaketta.

Seulotut näytteet antavat viiluhakkeesta laadusta vääristävän tuloksen, koska käytössä olevaa seulaa ei ole suoranaisesti tarkoitettu viiluhakkeiden seulontaan. Viiluhakkeelle ei ole myöskään olemassa omia seuloja, joten on selvää että, väärille tasoille päätyy sinne kuulumattomia viilukappaleita. Tämän takia olisi syytä siirtyä kiinteisiin hintoihin, kuten Koskisen Oy:n kanssa on sovittu. Muuten hakkeesta voidaan maksaa liian korkea hinta sen laatuun nähden.

Purilaiden haketus viiluhakkeen sekaan on huono asia, koska purilaan hakettamisesta jää yleensä isompia palasia hakkeen sekaan. Nämä kappaleet eivät osu muodoltaan ja kooltaan ollenkaan hakkeen määritelmään. Tällaiset isokokoiset puunpalaset, jotka läpäisevät seulonnan, eivät myöskään keity kunnolla prosessin aikana.

Viiluhakkeiden laadusta oli kirjattuna valmiiksi paljon tietoa tehtaan puolesta, tarkasteltuani näitä tuloksia ryhdyin suorittamaan omia kokeitani. Tein viiluhakenäytteille koeseulontoja ja punnitsin eri tasoihin jääneet viilumäärät. Tämän jälkeen erottelin käsin näytteistä oikeisiin tasoihin kuuluvat viilukappaleet. Näin sain oikeanlaisia tuloksia siitä, kuinka paljon seulontatulokset poikkeavat oikeasta viiluhakkeen laadusta.

### 3.2.1 Seulonta

Seulonnan avulla määritellään hakenäytteessä erikokoisten kappaleiden esiintymistä. Hakenäytteitä seulomisessa, kuiva-aineen mittaamisessa ja kuoren esiintymisen määrittelyssä käytetään apuna SCAN-menetelmiä, johon on tarkasti määritely, kuinka testit tulee suorittaa. Näiden testien avulla saadaan tulokset, joiden mukaan toimittajille maksetaan tehtaalle tuodusta hakkeesta.

Seulonnasta saadut tulokset jaetaan ryhmiin: ylisuuri hake, ylipaksu hake, hyväksytty, pieni jae, tikku ja puru. Hakkeen lajittelussa puhutaan ylitteestä ja alitteesta. Ylitteeksi lasketaan kaikki ylisuuri tai paksu hake, joka ei mahdu 8 mm:n raoista. Alitteeksi lasketaan kaikki materiaali, joka menee hyväksytytason (13 mm reikätaso) jälkeen alaspäin.

Tehtaalla käytetyssä seulussa on käytössä kuusi eri lokeroa. Ylimmässä tasossa on 45 mm:n kokoiset pyöreät reiät. Seuraavassa tasossa on 8 mm:n suorat tangot, joiden väliin liian paksut lastut jäävät. Kolmannessa reikätasossa on 13 mm:n kokoiset reiät, tähän reikätasoon jäävät tuotteet ovat toivottavimpia tuloksia. Neljännessä tasossa on 7 mm halkaisijan reiät ja viimeisessä tasossa on 3 mm:n

reiät. Alimmassa tasossa on kiinteä levy, johon jää lähinnä puru. Tasot ovat esitettynä kuviossa 13.



KUVIO 13. Tehtaalla käytetyn seulan tasot

Hakkeet annostellaan seulaan seulan yläosasta. Seulottavan näytteen tulee olla tarpeeksi suuri, esimerkiksi 10 litraa. Tämän jälkeen seula käynnistetään ja se aloittaa välittömästi edestakaisen liikkeen. Seulonta kestää 10 minuuttia, ja sen jälkeen näytteet voidaan ottaa pois eri tasoilta.

Hakkeille tehdyistä kokeista saadut tulokset kirjataan tietokantaan. Jokaisella toimittajalla on oma osio, johon merkitään toimittajan tuomalle hakkeelle tehtyjen testien tulokset. Tämän tietokannan avulla jokaisen toimittajan tuomalle hakkeelle

lasketaan keskiarvot, joiden mukaan laskutus tapahtuu. Keskiarvosta jätetään pois paras ja heikoin testitulos.

Stora Ensolla on oma sahakkeiden hankintaohje, jota käytetään myös viiluhakkeiden kohdalla hieman muunneltuna (TAULUKKO 6). Seulontojen tulokset asetetaan kaavaan prosentteina, jokaiselle tasolle on oma hieman erilainen kaava. Laatuarvoon eniten vaikuttavat tekijät ovat palakokojakauma ja kuoripitoisuus. Laatuarvon mukaan toimittajille maksetaan kuukausittain, eli laatuarvolla kerrotaan toimittajan kanssa sovittu hinta. Laatuarvo vaikuttaa hintaan joko nousevasti tai laskevasti.

TAULUKKO 6. Palakokojen arvokertoimet

Jae	Peruspitoisuus	Arvon muutos, p on jakeen pitoisuus
Ylisuuri, reikä 45 mm	0,00 %	- p %
Ylipaksu, rako 8 mm	10,00 %	(10 - p) x 0,4 %
Pieni jae, reikä 7 mm	40,00 %	(40,0 - p) x 0,6 %
Tikut, reikät 3 mm	3,00 %	(3,0 - p) x 1,0 %
Puru	0,00 %	(x - p) x 1,5 %

### 3.2.2 Viiluhakkeen laadunvalvonta

Tehtaalle saapuvasta hakkeesta otetaan säännöllisin väliajoin näytteitä, tämä koskee jokaista haketoimittajaa. Hakenäytteet seulotaan ja seulonnasta saadut tulokset kirjataan toimittaja kohtaisesti taulukkoon. Taulukko on esitetty liitteessä 2. Taulukkoon on eritelty toimituskuukausi, toimittaja, tilausnumero, puutavaralaatu, seulontatulokset, kuoren määrä, kuiva-aineprosentti ja toimitetun hakkeen määrä. Suurimpia viiluhakkeen toimittajia tehtaalle ovat Koskisen Oy ja Metsä Wood.

Kirjattujen tietojen mukaan suurin osa (46,3 %) hakkeesta jää 13 mm reikälevyn tasoon. Toiseksi suurin osa hakkeesta (29,5 %) päätyy 7 mm reikälevyn tasoon.



Kolmanneksi suurin osa hakkeesta (13,4 %) jää rakotasoon jossa on 8 mm:n raot. Loput viiluhakkeesta jakautuvat tasaisesti ylitteeseen ja alitteeseen.

Toimittajien laatuarvot vaihtelevat 75 %:n - 100,7 %:n välillä. Tuloksiin on otettu huomioon kuoren määrä. Yksi toimittaja, jonka laatuarvo on vain 75 %, on saanut pienemmän arvon hakkeestaan, koska seulontojen perusteella toimittajan hakkeen laatu ei ole ollut prosessille suotuisa.

Jokaisella hakekoolla on omat maksimiesiintymisrajansa, joiden ylittäminen aiheuttaa automaattisen reklamaation. Liian korkea kuoren esiintyminen aiheuttaa myös reklamaation ja hakkeen laatuarvon vähenemisen.

### 3.2.3 Oma seulonta

Suoritin viiluhakkeelle testiseulontoja ja seulonnan jälkeen lajittelin silmämääräisesti erikokoiset hakkeet omiin lokeroihinsa. Vertasin saamiani tuloksia omiin suorittamiini seulontoihin, joita en ollut käsin erotellut. Seulontanäytteitä oli yhteensä 16 kappaletta. Näytteiden arvot on esitetty liitteissä 3/1 – 3/6. Viiluhakkeiden erottelu käsin oli todella hidasta ja tarkkuutta vaativaa työtä. Kyseisten näytteiden tekemiseen kului useampia päiviä.

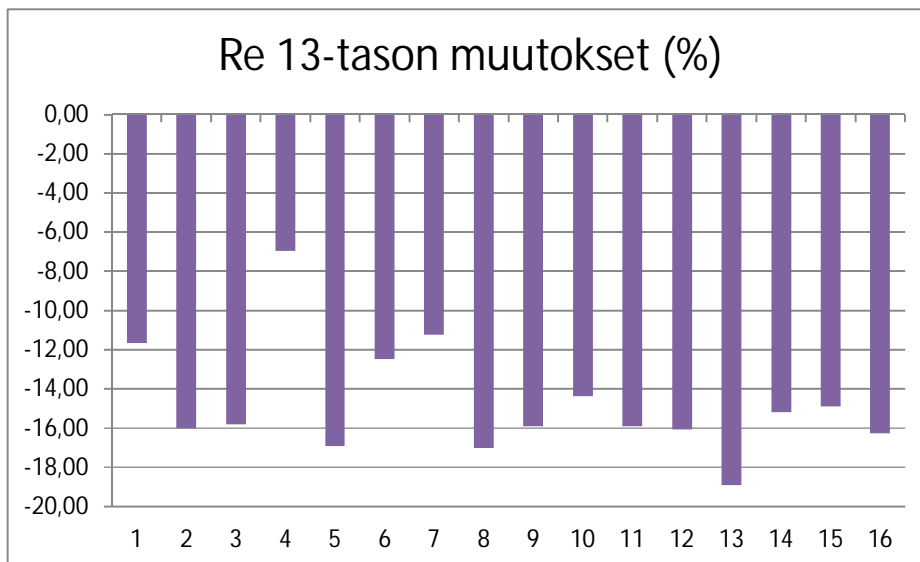
Seulontanäytteet otettiin satunnaisesti tehtaan viiluhakevarastosta. Kaikkien näytteiden koko oli 10 litran ämpäri, ja näytettä otettiin yhteen ämpäriin useammasta eri kohdasta. Näytettä otettiin useammasta eri kohdasta sattumien vähentämiseksi. Määritin jokaisen näytteen kosteuden punnitus/kuivausmenetelmällä. Näytteiden kosteuden keskiarvo oli 29,0 %, ja se vaihteli 8,9 %:n - 48,4 %:n välillä.

Käsin erottelussa kahdella ylimmällä tasolla (re 45 ja ra 8) ei ollut havaittavissa sinne kuulumattomia viilun kappaleita. Myöskään seulan alimmalle tasolle, johon lähinnä puru päätyy, ei tullut muutoksia.

Re 13-tasolla oli jo selkeästi havaittavissa väärän kokoisia viilukappaleita. Taulukossa 7 on esitetty prosentteina, kuinka paljon tason viilumäärä väheni käsin

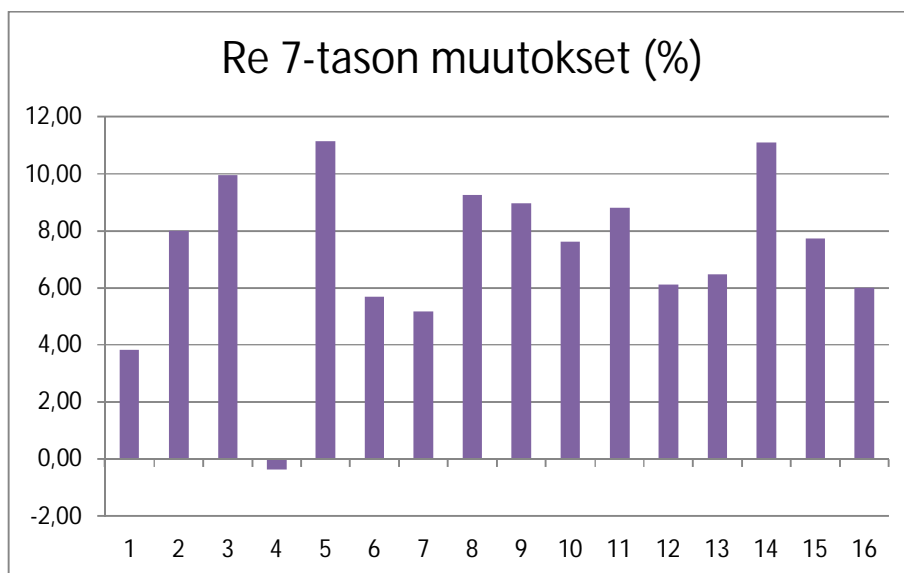
erottelun jälkeen. Tulokset vaihtelevat 6,9 %:n - 18,9 %:n välillä. Vähennyksen keskiarvo on 14,7 %.

TAULUKKO 7. Kaikkien näytteiden käsinerottelun tulokset



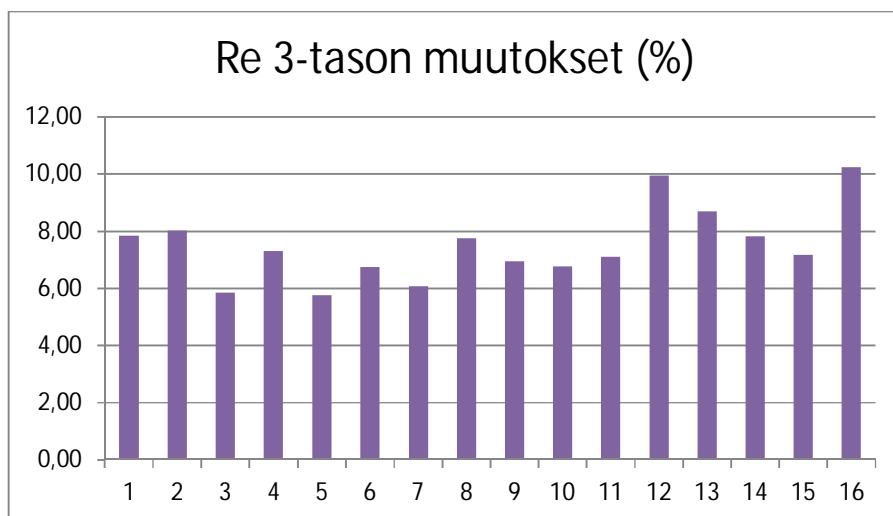
Re 7-tasoon lisättiin re 13-tasolta sinne kuulumattomat viuluhakkeet. Tämä vaikutti tuloksiin niin että kaikissa muissa tapauksissa paitsi yhdessä, re 7-tason hakkeen määrä kasvoi selkeästi. Muutos koskien re 7-tasoa vaikuttaa jo huomattavasti laskettavaan laatuarvoon. Re 7-tason tulokset vaihtelevat -0,4 %:n - 11,2 %:n välillä. Keskiarvo kyseisen tason muutoksille on 7,2 %. Re 7-tason muutokset on esitetty taulukossa 8.

TAULUKKO 8. Kaikkien näytteiden käsinerottelun tulokset



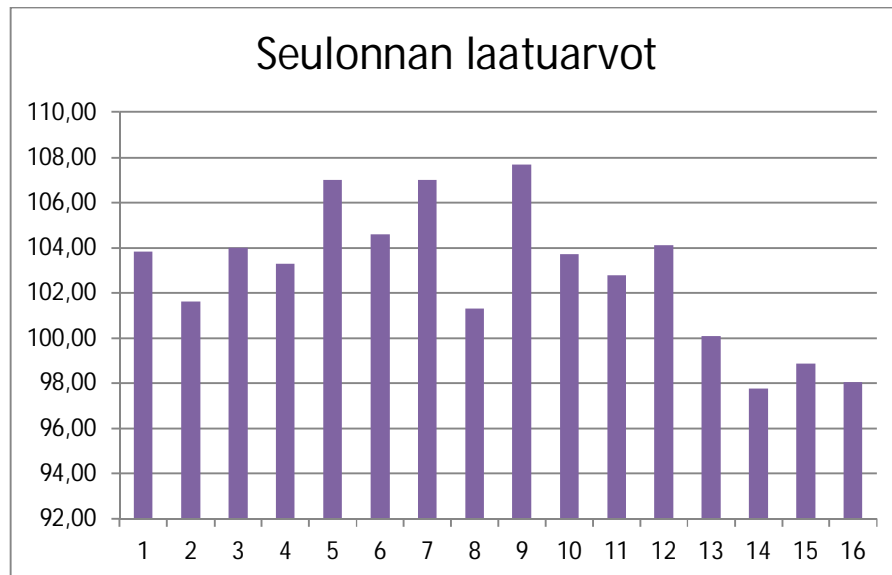
Re 3-tasoon lisättiin re 7-tasosta eritellyt viuluhakkeet. Jokaisessa näytteessä re 7-tasolta lisätty hakemäärä vaikutti hyvin tasaisesti re 3-tason viuluhakkeen määrän kasvuun (TAULUKKO 9). Tämänkin tason muutokset vaikuttivat selkeästi laatuarvon tulokseen. Re 3-tason prosentuaaliset muutokset vaihtelevat 5,8 %:n - 10,3 %:n välillä.

TAULUKKO 9. Kaikkien näytteiden käsinerottelun tulokset



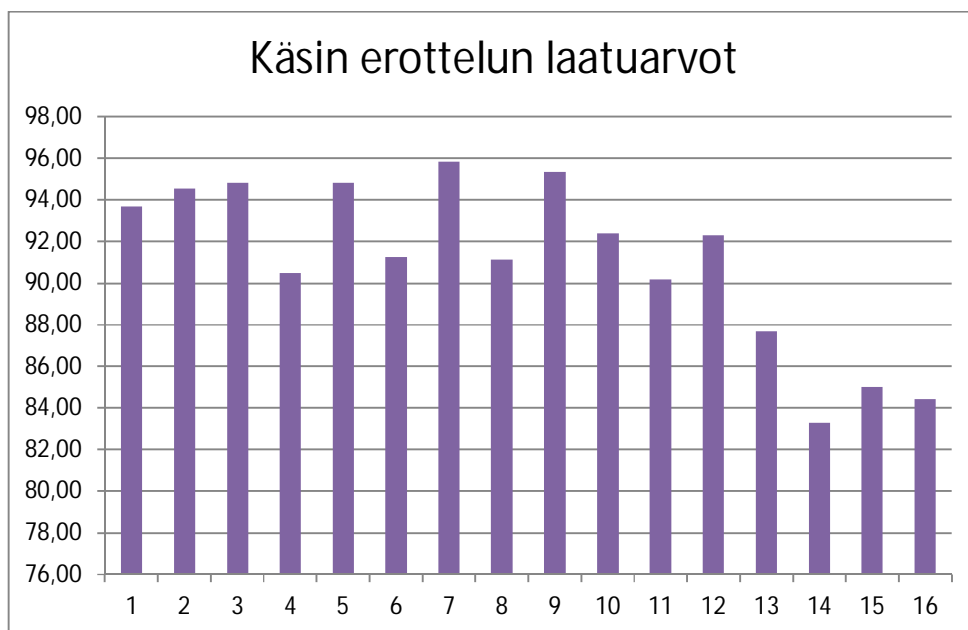
Seulottujen näytteiden lasketut laatuarvot vaihtelivat 97,8 %:n - 107,0 %:n välillä. Osa lasketuista laatuarvoista oli yli 107,0 %, mutta hakkeille on määrätty maksimiarvoksi 107,0 % joten kyseisen maksimiarvon ylittäneet tulokset on pyöristetty alaspäin. Lasketut laatuarvot on esitetty taulukossa 10. Laskettu keskiarvo kaikille seulottujen näytteiden laaduille oli 102,9 %.

TAULUKKO 10. Viiluhakenäytteiden lasketut laatuarvot



Seulonnan jälkeen viiluhakkeille suoritettu käsin erittelyssä laatuarvot vaihtelivat 83,3 %:n - 95,3 %:n välillä. Näiden tulosten laatu keskiarvo aleni 91,2 %. Taulukossa 11 on esitetty kaikkien käsin eroteltujen näytteiden laatuarvot.

TAULUKKO 11. Käsineroteltujen näytteiden laatuarvot



Tuloksista on selkeästi havaittavissa ero siitä, kuinka paljon koeseulonnassa erikokoisia jakeita jää väärille tasoille. Suurimmassa osassa näytteistä (15/16) viiluhakkeen laatuarvo laski yli 10 % ja pienin muutos seulontojen välillä oli 7,1 %. Koeseulottujen ja käsin seulottujen tulosten keskiarvojen erotus oli 11,7 %.

Seulontojen ja laskujen tulokset kertovat selkeästi siitä, että toimittajille, joille maksetaan laatuarvojen mukaan, on maksettu noin 10 % liian suuria korvauksia heidän toimittamansa hakkeen laatuun nähden. Nämä tulokset ohjaavat hinnoittelua selkeästi kiinteän hinnan suuntaan.

### 3.3 Hakunterien käyttöajan optimointi

Hakunterien käyttöajan optimoinnilla saadaan monia hyötyjä. Kuorimo pysyy ajossa pidempään, joten saadaan enemmän tuottoa eikä seisokkeja tarvitse pitää niin usein. Tietenkin jos terien käyttöikä saa pidennettyä, säästetään terähuollossa myös paljon rahaa. Hakun terillä ajetaan tällä hetkellä hieman yli 60 tuntia ennen niiden vaihtamista.

Terien käyttöikää tutkittaessa pitää ottaa huomioon se paljonko tikkua ja purua haketuksessa syntyy. Aikaisemmin keittämöllä optimikokoisena hakkeena on pidetty 17 mm pitkää haketta. Hakkeen pituutta pystytään säätämään hakun terien kulmalla. Nykyisillä asetuksilla hakulla tuotetaan noin 23 mm pitkää lastua, koska tällä pituudella syntyy vähemmän tikkua ja purua. Oikean asetteen löytäminen on optimoitava hukan tuoton ja keittämön vaatimusten mukaan.

Hakun terien käyttöajan optimointia valvoin hakenäytteiden avulla. Näytteitä otettiin sykloonin jälkeen ennen seulontaa. Sykloonin jälkeen näytettä otettaessa ei haketta ole vielä ehditty käsitellä tai seuloa, ja se antaa kokeissa realistisia tuloksia siitä minkälaista haketta hakku tuottaa.

Näytteiden ottamisvälit olivat 20 h, 40 h ja 60 h. Tunnit tarkoittivat hakun terillä ajettuja tunteja terien vaihdon jälkeen. Näytteitä otettiin yhteensä kolme erää samanlaisessa syklistä aina uusien terien vaihdon jälkeen. Näytteiden seulontatuloksista vertailtiin ylitteiden ja alitteiden ilmenemistä eri tuntimäärien välillä. Hakkeelle ei tehdä kuori- ja kosteuskokeita, koska ne eivät kerro olennaisesti terien kunnosta. Näytteiden painot vaihtelivat 1800 gramman ja 2900 gramman välillä.

Ennen seulomista näytteen kokonaisuudessa punnittiin ja seulomisen jälkeen jokaiseen eri tasoon jääneiden näytteiden osuus punnittiin. Näiden tulosten avulla saatiin jakauma, jonka avulla pystyi määrittämään eri hakelaatujen esiintymisen. Näytteitä ei ole tarpeeksi montaa kappaletta kattavan tilastollisen analyysin tekemiseen, mutta tämän osion tarkoituksena oli seurata, ovatko nykyiset teräasetteet toimivia. Tulosten perusteella voidaan myös tarkastella, ajetaanko hakun terillä sopiva määrä eri hakelaatujen muodostumiseen nähden. Liitteessä 4 on esitetty kaikkien seulontojen tulokset.

### **Seulontojen tulokset**

Odotukset 20 tunnin näytteiltä (TAULUKKO 12) olivat, että ylitteen ja alitteen määrä olisi minimissään ja yli puolet näytteestä olisi halutuinta palakokoa. Tarkastettaessa kaikkien 20 tunnin näytteiden keskiarvoa havaitaan, että ylitteen

määrä on yhteensä vain 2 % koko näytteestä. Toivotuinta hakekokoa, eli re 13-tason haketta, on 20 tunnin näytteissä 50 %. Re 7-tasossa oli 31 % näytemäärästä, ja tällä tasolla on toiseksi paras hakelaatu prosessia varten. Tikun ja purun määrä 20 tunnin näytteissä on yllättävän suuri, yhteensä 16,8 %.

TAULUKKO 12. 20 h näytteiden keskiarvo

20 h keskiarvot		
Taso	Osuus (g)	Osuus %
Re 45	0,0	0,0
Ra 8	44,5	2,0
Re 13	1094,9	50,0
Re 7	679,0	31,0
Re 3	329,1	15,0
Pohja	38,5	1,8
Yht.	2186,1	100,00

20 tunnin näytteiden seulontatulokset ovat huonoimmat vertailtuna kahteen muuhun näyte-erään. Ylitteen osuus on olematon, mutta alitetta syntyy muutaman prosentin enemmän kuin 40 tunnin näytteissä. Alitteen syntymistä voi perustella sillä, että juuri vaihdetut terät ”ylihakettavat” puuta ja näillä aseteilla syntyy enemmän alitetta 20 tunnin kohdalla. Hakkeen laatuun on voinut myös vaikuttaa huonolaatuinen puu ja sitä kautta heikentää 20 tunnin tuloksia.

40 tunnin näytteet (TAULUKKO 13) muistuttavat hyvin paljon 20 tunnin näytteiden jakaumaa. Melkein jokaisessa tasossa on saman verran haketta, kuin 20 tunnin näytteissä. Yksi huomioitava ero on se, että alite on hieman vähentynyt ja sen osuus on siirtynyt ylitteeksi ja hyväksytyihin hakeluokkiin.

TAULUKKO 13. 40 h näytteiden keskiarvo

40 h keskiarvot		
Taso	Osuus (g)	Osuus %
Re 45	2,5	0,1
Ra 8	55,3	2,5
Re 13	1145,6	51,5
Re 7	693,1	31,2
Re 3	286,8	12,9
Pohja	39,1	1,8
Yht.	2222,5	100,0

60 tunnin näytteissä (TAULUKKO 14) ovat parhaat seulontatulokset verrattuna kahteen muuhun näyte-erien keskiarvoon. Alitteen määrä on vähentynyt terien kuluessa 20 ja 40 tunnin näytteisiin verrattuna. Lisäksi re 13-tason hake on lisääntynyt selkeästi ja ylitteen määrä on myös noussut muutaman prosentin.

TAULUKKO 14. 60 h näytteiden keskiarvo

60 h keskiarvot		
Taso	Osuus (g)	Osuus %
Re 45	14,4	0,6
Ra 8	102,3	4,0
Re 13	1536,7	59,5
Re 7	648,7	25,1
Re 3	245,0	9,5
Pohja	34,1	1,3
Yht.	2581,3	100,0

Varsinkin 20 tunnin ja 40 tunnin näytteissä on havaittavissa “ylihakettusta”. Teroitetut terät hakettavat puuta liian pieniksi palasiksi, ja tämä johtaa siihen, että alitetta syntyy enemmän kuin 60 tuntia ajetuilla terillä.



Kaikkia tuloksia vertaillen huomataan, kuinka terien kuluessa palakoot kasvavat. Tämä ei sinänsä ole huono asia, koska ylisuuret kappaleet, jotka eivät läpäise seulontaa, päätyvät tikkumurskaimiin. Tikkumurskaimissa ne hienonnetaan sopivaksi hakkeeksi.

Tuloksien perusteella olisi kannattavaa ajaa terillä vielä pidempään kuin nyt. Sopiva tuntimäärä voisi olla 80 tuntia riippuen terätoimittajan suosittelusta ja hakkeen palakokojen muuntumisesta. Näin voitaisiin säästää hieman terähuollossa ja kuorimon hakkurilla pystyisi ajamaan pidempiä aikoja.

#### 4 YHTEENVETO

Työn käsittelemät prosessit ja kuorimon toiminta eivät olleet minulle tuttuja aloittaessani tekemään opinnäytetyötä Stora Ensolle. Pääsin kuitenkin nopeasti ilman suurempia ongelmia tutustumaan kuorimon toimintaan ja laitteisiin, joita käytin työni aikana. Kuorimon prosessin oppiminen ei vienyt lopulta pitkää aikaa eikä kuorimon toiminta onneksi ollut kovin monimutkaista.

Häviölähteiden kartoittamisessa tietoja oli helppo saada kuorimon työntekijöiltä ja työnjohtajilta, joilla oli monen vuoden kokemus laitoksen toiminnasta.

Ongelmalliseksi häviölähteissä osoittautui näytteiden ottaminen. Ainoa paikka, josta pystyin ottamaan tietoa antavia näytteitä, oli kuorikuljetin. Nämä näytteet kuitenkin osoittautuivat hyvin onnistuneiksi. Kyseisten näytteiden avulla sain luotua määrään sille, kuinka paljon vuodessa kuorimolta menee puuta polttokentälle. Näytteiden läpikäyminen oli myös suhteellisen hidasta, koska erottelu täytyi suorittaa käsin.

Viiluhakkeiden testien pohjalta saadut tulokset kertovat selvästi, kuinka tehdas on maksanut toimittajille liian suuria summia viiluhakkeista. Tämän perusteella olisikin syytä luopua viiluhakkeiden seulonnasta ja siirtyä jokaisen toimittajan kohdalla kiinteään hinnoitteluun samalla hintoja alentaen.

Hakun terien tuntiseurannan ja näytteiden ottamisen suoritti avukseni kuorimon henkilökunta. Suoritin itse varsinaisille näytteille seulonnan ja analysoinnin. Näiden näytteiden määrä ei ollut suuri, mutta näytteiden määrään nähden niille suoritetuista kokeista saatiin hyviä tuloksia. Tulosten pohjalta havaittiin, että kauemmin ajossa olleet terät tuottavat enemmän ylitettä ja vähemmän alitetta. Tämä tarkoittaa sitä, että pidempään ajatuilla terilla puista saadaan parempi hyöty, kuin uusilla terillä. Tulosten pohjalta hakkurin terien käyttötunteja nostettiin.

Työn tekeminen oli itsenäistä, ja sain apua aina tarvittaessa. Opin uusia asioita puun käytöstä ja puukaupasta työni aikana. Lähtötilanteessa omaamiini tietoihin nähden opin tehtaan kuorimosta, sen käyttämästä materiaalista, viiluhakkeista ja niiden hinnoittelusta uusia asioita. Olin tyytyväinen saamiini tuloksiin, mutta tietyissä kohdissa, kuten viilujen ja kuoritien näytteiden yhteydessä, olisin voinut

ottaa huomioon enemmän tekijöitä kuten ajoasetukset ja käytettävä puumateriaali. Samoin olisin viiluhakkeiden kohdalla voinut toteuttaa toimittajakohtaiset analyysit hakkeiden laadusta.

## LÄHTEET

- Aaltio, E. 1968. Puumassan valmistus. Helsinki: Frencktellin Kirjapaino Osakeyhtiö.
- Gullichsen, J. & Fogelholm, C. 2000. Chemical Pulping. Jyväskylä: Gummerus Oy.
- Jääskeläinen, A. & Sundqvist, H. 2007. Puun rakenne ja kemia. Helsinki: Hakapaino Oy.
- Kellomäki, S. 1998. Forest resources and sustainable management. Jyväskylä. Gummerus Oy.
- Kärkkäinen, M. 2003. Puutieteen perusteet. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Seppälä, M. 1999. Paperimassan valmistus. Helsinki: Hakapaino Oy.
- Väre, H. & Kiuru, H. 2006. Suomen puut ja pensaat. Hämeenlinna: Karisto Oy.

## ELEKTRONISET LÄHTEET

Andritz Oy. 2014. BarkScan [viitattu 20.3.2014]. Saatavissa:

<http://www.andritz.com/products-and-services/pf-detail.htm?productid=7971>

Metso. 2014. Metso debarking optimizer [viitattu 6.5.2014]. Saatavissa:

Sähköpostiviesti

Metsätieteiden laitos. 2014 Harmaaleppä. [viitattu 6.5.2014]. Saatavissa:

[http://www.helsinki.fi/metsatieteet/arboretum/puulajit/alnus\\_incana.html](http://www.helsinki.fi/metsatieteet/arboretum/puulajit/alnus_incana.html)

Puuproffa. 2014 a. Haapa. [viitattu 3.4.2014]. Saatavissa:

[http://www.puuproffa.fi/proffin/index.php?option=com\\_content&task=view&id=28&Itemid=46](http://www.puuproffa.fi/proffin/index.php?option=com_content&task=view&id=28&Itemid=46)

Puuproffa. 2014 b. Hieskoivu. [viitattu 3.4.2014]. Saatavissa:

[http://www.puuproffa.fi/proffin/index.php?option=com\\_content&task=view&id=70&Itemid=54](http://www.puuproffa.fi/proffin/index.php?option=com_content&task=view&id=70&Itemid=54)

Puuproffa. 2014 c. Puun kerrokset. [viitattu 12.4.2014]. Saatavissa:

[http://www.puuproffa.fi/proffin/index.php?option=com\\_content&task=view&id=14&Itemid=29](http://www.puuproffa.fi/proffin/index.php?option=com_content&task=view&id=14&Itemid=29)

Puuproffa. 2014 d. Rauduskoivu. [viitattu 3.4.2014]. Saatavissa:

[http://www.puuproffa.fi/proffin/index.php?option=com\\_content&task=view&id=68&Itemid=55](http://www.puuproffa.fi/proffin/index.php?option=com_content&task=view&id=68&Itemid=55)

Puuproffa. 2014 e. Tervaleppä. [viitattu 3.4.2014]. Saatavissa:

[http://www.puuproffa.fi/proffin/index.php?option=com\\_content&task=view&id=58&Itemid=63](http://www.puuproffa.fi/proffin/index.php?option=com_content&task=view&id=58&Itemid=63)

Teknosavo Oy. 2014 a. ChipSmart [viitattu 1.5.2014]. Saatavissa:

[http://www.teknosavo.fi/tuotteet/ChipSmart\\_fin\\_160.pdf](http://www.teknosavo.fi/tuotteet/ChipSmart_fin_160.pdf)

Teknosavo Oy. 2014 b. Tuotteet [viitattu 20.3.2014]. Saatavissa:

<http://www.teknosavo.fi/>

## LIITTEET

## LIITE 1/1. Kuorittien näytteiden tulokset

Näyte 1		Näyte 2	
	Paino (g)		Paino (g)
Kuivausnäyte (märkä)	227,30	Kuivausnäyte (märkä)	232,70
Kuivausnäyte (kuiva)	108,00	Kuivausnäyte (kuiva)	112,20
Kosteus %	<b>52,49 %</b>	Kosteus %	<b>51,78 %</b>
Seulontanäyte (märkä)	1001,70	Seulontanäyte (märkä)	1001,00
Puun osuus (märkä)	138,30	Puun osuus (märkä)	275,50
Seulontanäyte (kuiva)	475,95	Seulontanäyte (kuiva)	482,65
Puun osuus (kuiva)	<b>65,71</b>	Puun osuus (kuiva)	<b>132,84</b>
Puun osuus % (kuiva)	<b>13,81 %</b>	Puun osuus % (kuiva)	<b>27,52 %</b>
Näyte 3		Näyte 4	
	Paino (g)		Paino (g)
Kuivausnäyte (märkä)	214,90	Kuivausnäyte (märkä)	245,20
Kuivausnäyte (kuiva)	107,30	Kuivausnäyte (kuiva)	122,90
Kosteus %	<b>50,07 %</b>	Kosteus %	<b>49,88 %</b>
Seulontanäyte (märkä)	1000,50	Seulontanäyte (märkä)	1000,10
Puun osuus (märkä)	200,20	Puun osuus (märkä)	220,30
Seulontanäyte (kuiva)	499,55	Seulontanäyte (kuiva)	501,27
Puun osuus (kuiva)	<b>99,96</b>	Puun osuus (kuiva)	<b>110,42</b>
Puun osuus % (kuiva)	<b>20,01 %</b>	Puun osuus % (kuiva)	<b>22,03 %</b>
Näyte 5		Näyte 6	
	Paino (g)		Paino (g)
Kuivausnäyte (märkä)	203,70	Kuivausnäyte (märkä)	219,10
Kuivausnäyte (kuiva)	100,10	Kuivausnäyte (kuiva)	111,40
Kosteus %	<b>50,86 %</b>	Kosteus %	<b>49,16 %</b>
Seulontanäyte (märkä)	1000,00	Seulontanäyte (märkä)	1000,90
Puun osuus (märkä)	339,50	Puun osuus (märkä)	196,10
Seulontanäyte (kuiva)	491,41	Seulontanäyte (kuiva)	508,90
Puun osuus (kuiva)	<b>166,83</b>	Puun osuus (kuiva)	<b>99,71</b>
Puun osuus % (kuiva)	<b>33,95 %</b>	Puun osuus % (kuiva)	<b>19,59 %</b>

## LIITE 1/2. Kuoritien näytteiden tulokset

Näyte 7		Näyte 10	
	Paino (g)		Paino (g)
Kuivausnäyte (märkä)	222,00	Kuivausnäyte (märkä)	244,70
Kuivausnäyte (kuiva)	113,60	Kuivausnäyte (kuiva)	110,50
Kosteus %	<b>48,83 %</b>	Kosteus %	<b>54,84 %</b>
Seulontanäyte (märkä)	1001,10	Seulontanäyte (märkä)	1000,00
Puun osuus (märkä)	159,70	Puun osuus (märkä)	234,70
Seulontanäyte (kuiva)	512,27	Seulontanäyte (kuiva)	451,57
Puun osuus (kuiva)	<b>81,72</b>	Puun osuus (kuiva)	<b>105,98</b>
Puun osuus % (kuiva)	<b>15,95 %</b>	Puun osuus % (kuiva)	<b>23,47 %</b>
Näyte 8		Näyte 11	
	Paino (g)		Paino (g)
Kuivausnäyte (märkä)	257,40	Kuivausnäyte (märkä)	258,60
Kuivausnäyte (kuiva)	125,10	Kuivausnäyte (kuiva)	126,50
Kosteus %	<b>51,40 %</b>	Kosteus %	<b>51,08 %</b>
Seulontanäyte (märkä)	1000,80	Seulontanäyte (märkä)	1000,50
Puun osuus (märkä)	171,20	Puun osuus (märkä)	279,20
Seulontanäyte (kuiva)	486,40	Seulontanäyte (kuiva)	489,42
Puun osuus (kuiva)	<b>83,21</b>	Puun osuus (kuiva)	<b>136,58</b>
Puun osuus % (kuiva)	<b>17,11 %</b>	Puun osuus % (kuiva)	<b>27,91 %</b>
Näyte 9		Näyte 12	
	Paino (g)		Paino (g)
Kuivausnäyte (märkä)	250,60	Kuivausnäyte (märkä)	278,70
Kuivausnäyte (kuiva)	131,10	Kuivausnäyte (kuiva)	138,10
Kosteus %	<b>47,69 %</b>	Kosteus %	<b>50,45 %</b>
Seulontanäyte (märkä)	1000,90	Seulontanäyte (märkä)	1000,30
Puun osuus (märkä)	128,30	Puun osuus (märkä)	125,40
Seulontanäyte (kuiva)	523,62	Seulontanäyte (kuiva)	495,66
Puun osuus (kuiva)	<b>67,12</b>	Puun osuus (kuiva)	<b>62,14</b>
Puun osuus % (kuiva)	<b>12,82 %</b>	Puun osuus % (kuiva)	<b>12,54 %</b>



## LIITE 1/3. Kuoritien näytteiden tulokset

Näyte 13		Näyte 16	
	Paino (g)		Paino (g)
Kuivausnäyte (märkä)	220,00	Kuivausnäyte (märkä)	264,10
Kuivausnäyte (kuiva)	115,00	Kuivausnäyte (kuiva)	115,90
Kosteus %	<b>47,73 %</b>	Kosteus %	<b>56,12 %</b>
Seulontanäyte (märkä)	1004,50	Seulontanäyte (märkä)	1000,50
Puun osuus (märkä)	213,50	Puun osuus (märkä)	221,90
Seulontanäyte (kuiva)	525,08	Seulontanäyte (kuiva)	439,07
Puun osuus (kuiva)	<b>111,60</b>	Puun osuus (kuiva)	<b>97,38</b>
Puun osuus % (kuiva)	<b>21,25 %</b>	Puun osuus % (kuiva)	<b>22,18 %</b>
Näyte 14		Näyte 17	
	Paino (g)		Paino (g)
Kuivausnäyte (märkä)	226,50	Kuivausnäyte (märkä)	279,50
Kuivausnäyte (kuiva)	114,90	Kuivausnäyte (kuiva)	137,10
Kosteus %	<b>49,27 %</b>	Kosteus %	<b>50,95 %</b>
Seulontanäyte (märkä)	1006,50	Seulontanäyte (märkä)	1004,60
Puun osuus (märkä)	222,40	Puun osuus (märkä)	247,20
Seulontanäyte (kuiva)	510,58	Seulontanäyte (kuiva)	492,78
Puun osuus (kuiva)	<b>112,82</b>	Puun osuus (kuiva)	<b>121,26</b>
Puun osuus % (kuiva)	<b>22,10 %</b>	Puun osuus % (kuiva)	<b>24,61 %</b>
Näyte 15		Näyte 18	
	Paino (g)		Paino (g)
Kuivausnäyte (märkä)	228,00	Kuivausnäyte (märkä)	275,90
Kuivausnäyte (kuiva)	109,10	Kuivausnäyte (kuiva)	139,40
Kosteus %	<b>52,15 %</b>	Kosteus %	<b>49,47 %</b>
Seulontanäyte (märkä)	1001,00	Seulontanäyte (märkä)	1003,80
Puun osuus (märkä)	157,30	Puun osuus (märkä)	328,10
Seulontanäyte (kuiva)	478,99	Seulontanäyte (kuiva)	507,18
Puun osuus (kuiva)	<b>75,27</b>	Puun osuus (kuiva)	<b>165,77</b>
Puun osuus % (kuiva)	<b>15,71 %</b>	Puun osuus % (kuiva)	<b>32,69 %</b>

## LIITE 1/4. Kuoritien näytteiden tulokset

<b>Näyte 19</b>	
	Paino (g)
Kuivausnäyte (märkä)	281,40
Kuivausnäyte (kuiva)	117,80
Kosteus %	<b>58,14 %</b>
Seulontanäyte (märkä)	1006,30
Puun osuus (märkä)	300,50
Seulontanäyte (kuiva)	421,26
Puun osuus (kuiva)	<b>125,80</b>
Puun osuus % (kuiva)	<b>29,86 %</b>
<b>Näyte 20</b>	
	Paino (g)
Kuivausnäyte (märkä)	215,50
Kuivausnäyte (kuiva)	100,20
Kosteus %	<b>53,50 %</b>
Seulontanäyte (märkä)	1008,00
Puun osuus (märkä)	160,20
Seulontanäyte (kuiva)	468,68
Puun osuus (kuiva)	<b>74,49</b>
Puun osuus % (kuiva)	<b>15,89 %</b>
<b>Näyte 21</b>	
	Paino (g)
Kuivausnäyte (märkä)	237,20
Kuivausnäyte (kuiva)	107,90
Kosteus %	<b>54,51 %</b>
Seulontanäyte (märkä)	1009,90
Puun osuus (märkä)	106,10
Seulontanäyte (kuiva)	459,39
Puun osuus (kuiva)	<b>48,26</b>
Puun osuus % (kuiva)	<b>10,51 %</b>

## LIITE 2. Viiluhakkeiden laatuarvoja

Hintakk	Toimittaja	T.nro	Ptl	K.seul.	Kuorik.	Laatuavo	Re >45	Ra 8	Re 13	Re 7	Re 3	Re <3	Kuori	K-aine %	Määrä m3
	201312 KOSKISEN OY	69155	922	99,6	100	100	0,3	14,9	47,7	30,3	6,4	0,4	0,5	56,7	4461,8
	201312 UPM, JYVÄSKYLÄN VANERITEHDAS	69166	922	100,7	100	100,7	1,1	5,5	54,6	29,9	8,5	0,4	0,6	55,7	2304,1
	201312 VILKON OY	69442	922	99,5	100	99,5	0,1	4,6	51,5	35,9	7,7	0,2	0,7	55,3	388,2
	201312 ML/SUOLAHDEN VANERITEHDAS	69461	922	98,3	100	100	0,1	13,4	47,2	30,6	8,4	0,3	0,6	57,7	1912,3
	201312 ML/FINNFOREST PUNKAHARJU/HA	69463	922	75	100	100	2,7	16,9	41,9	28,6	9,3	0,6	0,5	61,8	4899
	922 yhteensä			91	100	100,1	1,2	13,6	46,8	29,8	8,1	0,5	0,5	58,4	13965,4
	201312 KOSKISEN OY	69155	932	131	100	107	0	0	0	0	0	0	0,3	52,8	154,1
	932 yhteensä			131	100	107	0	0	0	0	0	0	0,3	52,8	154,1
	Tehdas yhteensä			91,4	100	100,2	1,2	13,4	46,3	29,5	8	0,4	0,5	58,4	14119,5

## LIITE 3/1. Viiluhakkeiden seulontatuloksia

Näyte 1

Seula				Käsin erittely		
Taso	Osuus (g)	Osuus %	Laatu	Osuus (g)	Osuus %	Laatu
Re 45	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
Ra 8	140,4	9,74	0,10541	140,4	9,74	0,10541
Re 13	812,0	56,31	100	643,9	44,65	100
Re 7	393,2	27,27	7,63939	448,2	31,08	5,3509
Re 3	89,8	6,23	-3,2275	202,9	14,07	-11,071
Pohja	6,6	0,46	-0,6865	6,6	0,46	-0,6865
Yht.	1442,0	100	<b>103,83</b>	1442,0	100	<b>93,70</b>

Näyte 2

Seula				Käsin erittely		
Taso	Osuus (g)	Osuus %	Laatu	Osuus (g)	Osuus %	Laatu
Re 45	75,1	5,31	-5,31	75,1	5,31	-5,31
Ra 8	60,4	4,27	2,29065	60,4	4,27	2,29065
Re 13	817,4	57,83	100	719,4	50,90	100
Re 7	366,6	25,94	8,43753	361,5	25,58	8,65403
Re 3	90,1	6,37	-3,3747	193,2	13,67	-10,669
Pohja	3,8	0,27	-0,4033	3,8	0,27	-0,4033
Yht.	1413,4	100	<b>101,64</b>	1413,4	100	<b>94,56</b>

Näyte 3

Seula				Käsin erittely		
Taso	Osuus (g)	Osuus %	Laatu	Osuus (g)	Osuus %	Laatu
Re 45	8,2	0,49	-0,49	8,2	0,49	-0,49
Ra 8	199,4	11,92	-0,7695	199,4	11,92	-0,7695
Re 13	935,2	55,92	100	747,0	44,67	100
Re 7	423,8	25,34	8,79459	510,3	30,51	5,69108
Re 3	98,7	5,90	-2,9021	200,4	11,98	-8,9835
Pohja	7,0	0,42	-0,6279	7,0	0,42	-0,6279
Yht.	1672,3	100	<b>104,00</b>	1672,3	100	<b>94,82</b>

## LIITE 3/2. Viiluhakkeiden seulontatuloksia

Näyte 4

Seula				Käsin erittely		
Taso	Osuus (g)	Osuus %	Laatu	Osuus (g)	Osuus %	Laatu
Re 45	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
Ra 8	153,3	11,62	-0,649	153,3	11,62	-0,649
Re 13	722,0	54,74	100	510,8	38,73	100
Re 7	356,1	27,00	7,80136	461,5	34,99	3,00682
Re 3	82,0	6,22	-3,2168	187,8	14,24	-11,238
Pohja	5,6	0,42	-0,6368	5,6	0,42	-0,6368
Yht.	1319,0	100	<b>103,30</b>	1319,0	100	<b>90,48</b>

Näyte 5

Seula				Käsin erittely		
Taso	Osuus (g)	Osuus %	Laatu	Osuus (g)	Osuus %	Laatu
Re 45	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
Ra 8	182,5	12,22	-0,8898	182,5	12,22	-0,8898
Re 13	900,1	60,29	100	647,7	43,39	100
Re 7	329,3	22,06	10,7654	495,7	33,20	4,0777
Re 3	75,9	5,08	-2,0841	161,9	10,84	-7,8447
Pohja	5,1	0,34	-0,5124	5,1	0,34	-0,5124
Yht.	1492,9	100	<b>107,28</b>	1492,9	100	<b>94,83</b>

Näyte 6

Seula				Käsin erittely		
Taso	Osuus (g)	Osuus %	Laatu	Osuus (g)	Osuus %	Laatu
Re 45	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
Ra 8	151,0	10,86	-0,3444	151,0	10,86	-0,3444
Re 13	796,7	57,30	100	560,2	40,29	100
Re 7	346,8	24,94	9,03345	475,6	34,21	3,47493
Re 3	89,4	6,43	-3,4303	197,1	14,18	-11,177
Pohja	6,4	0,46	-0,6905	6,4	0,46	-0,6905
Yht.	1390,3	100	<b>104,57</b>	1390,3	100	<b>91,26</b>

## LIITE 3/3. Viiluhakkeiden seulontatuloksia

Näyte 7

Seula				Käsin erittely		
Taso	Osuus (g)	Osuus %	Laatu	Osuus (g)	Osuus %	Laatu
Re 45	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
Ra 8	146,2	9,52	0,19221	146,2	9,52	0,19221
Re 13	940,3	61,23	100	697,6	45,42	100
Re 7	376,8	24,53	9,27933	529,7	34,49	3,3059
Re 3	69,1	4,50	-1,4993	158,9	10,35	-7,3464
Pohja	3,4	0,22	-0,3321	3,4	0,22	-0,3321
Yht.	1535,8	100	<b>107,64</b>	1535,8	100	<b>95,82</b>

Näyte 8

Seula				Käsin erittely		
Taso	Osuus (g)	Osuus %	Laatu	Osuus (g)	Osuus %	Laatu
Re 45	55,6	3,24	-3,24	55,6	3,24	-3,24
Ra 8	179,9	10,47	-0,1896	179,9	10,47	-0,1896
Re 13	934,0	54,38	100	720,0	41,92	100
Re 7	419,2	24,41	9,35631	517,2	30,11	5,93293
Re 3	124,4	7,24	-4,2427	240,4	14,00	-10,996
Pohja	4,5	0,26	-0,393	4,5	0,26	-0,393
Yht.	1717,6	100	<b>101,29</b>	1717,6	100	<b>91,12</b>

Näyte 9

Seula				Käsin erittely		
Taso	Osuus (g)	Osuus %	Laatu	Osuus (g)	Osuus %	Laatu
Re 45	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
Ra 8	116,2	8,34	0,66499	116,2	8,34	0,66499
Re 13	866,1	62,14	100	644,2	46,22	100
Re 7	337,4	24,21	9,47464	462,4	33,18	4,09328
Re 3	69,5	4,99	-1,9867	166,4	11,94	-8,9394
Pohja	4,5	0,32	-0,4843	4,5	0,32	-0,4843
Yht.	1393,7	100	<b>107,67</b>	1393,7	100	<b>95,33</b>

## LIITE 3/4. Viiluhakkeiden seulontatuloksia

Seula				Käsin erittely		
Taso	Osuus (g)	Osuus %	Laatu	Osuus (g)	Osuus %	Laatu
Re 45	4,5	0,24	-0,24	4,5	0,24	-0,24
Ra 8	140,5	7,48	1,00889	140,5	7,48	1,00889
Re 13	1085,0	57,75	100	814,7	43,36	100
Re 7	499,3	26,57	8,05556	642,3	34,18	3,48906
Re 3	144,4	7,69	-4,6853	271,7	14,46	-11,461
Pohja	5,2	0,28	-0,4151	5,2	0,28	-0,4151
Yht.	1878,9	100	<b>103,72</b>	1878,9	100	<b>92,38</b>

## Näyte 11

Seula				Käsin erittely		
Taso	Osuus (g)	Osuus %	Laatu	Osuus (g)	Osuus %	Laatu
Re 45	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
Ra 8	169,9	10,54	-0,2172	169,9	10,54	-0,2172
Re 13	879,4	54,57	100	635,1	39,41	100
Re 7	445,1	27,62	7,42786	549,5	34,10	3,5408
Re 3	111,6	6,93	-3,9252	251,5	15,61	-12,607
Pohja	5,5	0,34	-0,5119	5,5	0,34	-0,5119
Yht.	1611,5	100	<b>102,77</b>	1611,5	100	<b>90,21</b>

## Näyte 12

Seula				Käsin erittely		
Taso	Osuus (g)	Osuus %	Laatu	Osuus (g)	Osuus %	Laatu
Re 45	9,3	0,53	-0,53	9,3	0,53	-0,53
Ra 8	169,5	9,58	0,16776	169,5	9,58	0,16776
Re 13	1007,7	56,96	100	744,1	42,06	100
Re 7	464,7	26,27	8,24033	601,5	34,00	3,60095
Re 3	114,0	6,44	-3,4436	240,8	13,61	-10,611
Pohja	4,0	0,23	-0,3391	4,0	0,23	-0,3391
Yht.	1769,2	100	<b>104,10</b>	1769,2	100	<b>92,29</b>

## LIITE 3/5. Viiluhakkeiden seulontatuloksia

Näyte 13

Seula				Käsin erittely		
Taso	Osuus (g)	Osuus %	Laatu	Osuus (g)	Osuus %	Laatu
Re 45	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
Ra 8	231,8	15,95	-2,3804	231,8	15,95	-2,3804
Re 13	724,9	49,88	100	493,5	33,96	100
Re 7	363,7	25,03	8,98348	491,7	33,84	3,6986
Re 3	121,4	8,35	-5,354	224,8	15,47	-12,469
Pohja	11,4	0,78	-1,1767	11,4	0,78	-1,1767
Yht.	1453,2	100	<b>100,07</b>	1453,2	100	<b>87,67</b>

Näyte 14

Seula				Käsin erittely		
Taso	Osuus (g)	Osuus %	Laatu	Osuus (g)	Osuus %	Laatu
Re 45	52,3	3,80	-3,80	52,3	3,80	-3,80
Ra 8	200,4	14,54	-1,8175	200,4	14,54	-1,8175
Re 13	666,6	48,38	100	405,9	29,46	100
Re 7	350,2	25,42	8,75071	503,1	36,51	2,09275
Re 3	94,2	6,84	-3,8365	202,0	14,66	-11,66
Pohja	14,2	1,03	-1,5458	14,2	1,03	-1,5458
Yht.	1377,9	100	<b>97,76</b>	1377,9	100	<b>83,27</b>

Näyte 15

Seula				Käsin erittely		
Taso	Osuus (g)	Osuus %	Laatu	Osuus (g)	Osuus %	Laatu
Re 45	2,6	0,24	-0,24	2,6	0,24	-0,24
Ra 8	111,3	10,33	-0,1326	111,3	10,33	-0,1326
Re 13	531,7	49,35	100	356,4	33,08	100
Re 7	339,9	31,55	5,06934	404,7	37,57	1,46032
Re 3	85,5	7,94	-4,9365	196,0	18,19	-15,194
Pohja	6,3	0,58	-0,8772	6,3	0,58	-0,8772
Yht.	1077,3	100	<b>98,88</b>	1077,3	100	<b>85,02</b>



## LIITE 3/6. Viiluhakkeiden seulontatuloksia

Näyte 16

Seula				Käsin erittely		
Taso	Osuus (g)	Osuus %	Laatu	Osuus (g)	Osuus %	Laatu
Re 45	0,0	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00
Ra 8	169,7	14,76	-1,9057	169,7	14,76	-1,9057
Re 13	536,4	46,67	100	351,7	30,60	100
Re 7	341,5	29,71	6,17331	411,8	35,83	2,50357
Re 3	93,7	8,15	-5,1521	208,1	18,11	-15,105
Pohja	8,1	0,70	-1,0571	8,1	0,70	-1,0571
Yht.	1149,4	100	<b>98,06</b>	1149,4	100	<b>84,44</b>

## LIITE 4. Hakunterien tuntinäytteet

Näyte 1. 20 h			Näyte 2. 40 h			Näyte 3. 60 h		
Taso	Osuus (g)	Osuus %	Taso	Osuus (g)	Osuus %	Taso	Osuus (g)	Osuus %
Re 45	0,0	0,00	Re 45	0,0	0,00	Re 45	29,0	1,01
Ra 8	59,2	2,03	Ra 8	59,0	2,70	Ra 8	93,4	3,25
Re 13	1555,0	53,35	Re 13	1259,3	57,62	Re 13	1747,0	60,76
Re 7	859,3	29,48	Re 7	669,2	30,62	Re 7	688,5	23,95
Re 3	389,7	13,37	Re 3	182,9	8,37	Re 3	279,5	9,72
Pohja	51,3	1,76	Pohja	15,3	0,70	Pohja	37,8	1,31
Yht.	2914,5	100	Yht.	2185,7	100	Yht.	2875,2	100
Näyte 4. 20 h			Näyte 5. 40 h			Näyte 6. 60 h		
Taso	Osuus (g)	Osuus %	Taso	Osuus (g)	Osuus %	Taso	Osuus (g)	Osuus %
Re 45	0,0	0,00	Re 45	0,0	0,00	Re 45	0,0	0,00
Ra 8	27,2	1,38	Ra 8	74,8	4,15	Ra 8	67,9	3,08
Re 13	879,7	44,57	Re 13	883,3	49,01	Re 13	1349,2	61,20
Re 7	678,3	34,37	Re 7	565,1	31,35	Re 7	565,5	25,65
Re 3	354,0	17,94	Re 3	248,6	13,79	Re 3	194,3	8,81
Pohja	34,4	1,74	Pohja	30,6	1,70	Pohja	27,7	1,26
Yht.	1973,6	100	Yht.	1802,4	100	Yht.	2204,6	100
Näyte 7. 20 h			Näyte 8. 40 h			Näyte 9. 60 h		
Taso	Osuus (g)	Osuus %	Taso	Osuus (g)	Osuus %	Taso	Osuus (g)	Osuus %
Re 45	0,0	0,00	Re 45	7,4	0,28	Re 45	14,1	0,53
Ra 8	47,2	2,83	Ra 8	32,2	1,20	Ra 8	145,6	5,47
Re 13	850,1	50,90	Re 13	1294,2	48,30	Re 13	1514,0	56,83
Re 7	499,5	29,90	Re 7	845,0	31,54	Re 7	692,1	25,98
Re 3	243,6	14,58	Re 3	429,0	16,01	Re 3	261,3	9,81
Pohja	29,9	1,79	Pohja	71,5	2,67	Pohja	36,9	1,39
Yht.	1670,3	100	Yht.	2679,3	100	Yht.	2664,0	100