

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka, Imatra
Paperitekniikan koulutusohjelma
Kuidutus- ja paperinvalmistustekniikka

Veli-Matti Sirviö

On – line - lasermittalaitteen toiminnan tarkastelu

Opinnäytetyö 2011

Tiivistelmä

Veli-Matti Sirviö

On – line - lasermittalaitteen toiminnan tarkastelu, 56 sivua, 14 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka, Imatra

Paperitekniikan koulutusohjelma

Kuidutus- ja paperinvalmistustekniikka

Opinnäytetyö 2011

Työn ohjaaja: tuntiopettaja Esko Lahdenperä, (DI), Saimaan

Ammattikorkeakoulu

Työn valvoja: tuotantoinsinööri Joanna Rahko, Stora Enso Oyj, Imatra

Työn ensisijaisena tavoitteena oli tutkia TeknoSavon toimittaman, Log Smart – lasermittalaitteen, luotettavuutta Imatran tehtaiden kuorimolla tapahtuvissa mittauksissa. Mittalaite mittaa puiden pituutta, halkaisijaa, kappalemäärää sekä kapasiteettia. Luotettavuutta testattiin kolmella koeajolla, joista laskettiin käsin edellä mainitut asiat ja niitä verrattiin mittalaitteen antamiin tuloksiin.

Viime vuosina yleistyneitä mittalaitteita käytetään kuorintatuloksen optimointiin sekä laaduntarkkailuun. Jotta kuorintatulos olisi optimaalinen, täytyy mittalaitteiden toimia ehdottoman luotettavasti.

Työssä perehdyttiin sekä kuorimon toimintaan, että kuorimolla käytössä olevien mittalaitteiden toimintaan. Erityisesti tarkastelun alla oli lasermittalaitteen toiminta.

Toinen tutkittava asia oli koeajoista saatavien hakenäytteiden tutkiminen ja tulosten analysointi. Näytteistä selvitettiin puun järeyden vaikutus hakkeen laatuun.

Tuloksista saatiin selville, että mittalaitteen antamat tulokset eivät olleet paikkaansa pitäviä. Tämän takia mittalaitteen toimittaja teki mittalaitteen ohjelmistoon muutoksia, joiden pitäisi parantaa mittalaitteen luotettavuutta.

Asiasanat: kuorimo, laser, mittalaite, haketus, koivu

Abstract

Veli-Matti Sirviö

Analysis of on – Line Laser Instrument, 56 pages, 14 appendices

Saimaa University of Applied Sciences

Technology, Imatra

Paper Technology

Final thesis 2011

Tutor: Mr.Esko Lahdenperä, MSc, Senior lecturer, Saimaa UAS

Supervisor: Ms. Joanna Rahko, Production engineer, MSc. Stora Enso Oyj, Imatra

The main purpose of the study was to examine the reliability of the Log Smart on – line laser instrument, delivered by tekno Savo. The instrument is located in debarking plant in Kaukopää, Imatra. Instrument measures length, diameter, number and the capacity of logs. Reliability was tested with three separate test runs. The data of instrument was compared to the result of hand measured results.

Another purpose of this study was to examine the chip samples from test runs and analyze the results.

The results of the study show that the data of the instrument was not accurate. Because of this the deliverer of the instrument made changes to the software which should improve the reliability of instrument.

Keywords: Debarking plant, Laser, Instrument, Chipping, Birch

Sisältö

1	Johdanto	7
2	PUUNKÄSITTELY	8
2.1	Puun vastaanotto ja varastointi	8
2.2	Puunkatkaisu ja -sulatus	8
2.2.1	Hajotus ja katkaisu.....	9
2.2.2	Sulatuskuljetin.....	9
2.3	Puiden kuorinta	10
2.3.1	Kuorinnan periaate.....	11
2.3.2	Rumpukuorimakoneet.....	12
2.3.3	Ristikkäiskuorinta	14
2.3.4	Yhdensuuntaiskuorinta	14
2.3.5	Kuoren käsittely	15
2.4	Haketus	16
2.4.1	Hakkeen ominaisuudet	16
2.4.2	Haketuslaitteet	18
2.5	Hakkeen seulonta.....	19
2.5.1	Hakkeen luokittelu.....	20
2.5.2	Seulat.....	22
2.5.2.1	Tasoseula.....	23
2.5.2.2	Kiekkoseula.....	23
2.5.2.3	Rullaseula.....	23
2.6	Hakkeen varastointi.....	24
2.6.1	Kekovarastot.....	24
2.6.2	Siilovarastot	25
2.6.3	Hakkeen purku.....	25
3	Kuorintaprosessin optimointi ja automaattinen ohjaus	26
3.1	Puunkäsittelyn optiset mittalaitteet	30
3.1.1	Puhtausaste	30
3.1.2	Puuhäviö	31
3.1.3	Hakkeen mittaaminen	32
3.2	Puunkäsittelyn lasermittalaitteet	36
3.2.1	Lasermittauksen rajoitukset	36

3.2.2	Kapasiteetin ja järeyksien mittaus pölleistä.....	37
4	Työn tavoitteet	39
5	Työn toteutus	39
5.1	Imatran tehtaas	40
5.2	Puunkäsittely Kaukopäässä	40
5.3	Koeajot	45
6	Työn tulokset	46
6.1	Mittalaitteen tarkastelun tulokset	47
	Mittalaitteen mahdolliset virhelähteet	48
6.2	Hakeseulonnat	52
7	Kokeellisen osan yhteenveto	54

Lähteet

Liitteet

Kuvat

Kuva 1. Scan – cm standardin seulat s. 21

Kuva 2. Kuorintalinjan automaattinen ohjaus s. 26

Kuva 3. Esimerkki kuorimossa käytettävästä ajoasetustaulukosta eli reseptistä.
s.27

Kuva 4. Eri aikakausien kuorimoiden mittaus- ja säätötekniikka s. 29

Kuva 5. Esimerkki puhtausaste – mittalaitteen kokoonpanosta, TeknoSavon
Bark Smart. s. 30

Kuva 6. Metso Paper – VisiBark – mittalaite s. 32

Kuva 7. Esimerkki hakemittalaitteen kokoonpanosta, TeknoSavon ChipSmart. s.
33

Kuva 8. Metson VisiChips hakeanalysointori s. 34

Kuva 9. Iggersund Tools:in ScanChip online-mittalaite. s. 35

Kuva 10. Tekno Savon Log Smart – mittalaitteesta s. 38

Kuva 11. Log Smart-mittalaitteen muodostava kuva. s.38

Kuva 12. Puunkäsittely Imatran Kaukopään tehtailla. s. 42

- Kuva 13. Kuorinta ja haketus Kaukopäässä s.43
- Kuva 14. Seulomon periaatekuva Kaukopäästä. s. 44
- Kuva 15. Halkaisijan laskeminen videolta. s. 46
- Kuva 16. Kulman vaikutus mittaukseen. s. 48
- Kuva 17 . Puita päällekkäin mittauskohdalla. s.49
- Kuva 18. Esimerkki laitteen tuottamasta kuvasta, jossa numerot 1 ja 2 ovat niin sanottuja ´´katkaistuja´´ puita. s. 50

Taulukot

- Taulukko 1. Eri massatyyppeiden sallitut kuorimäärät s. 10
- Taulukko 2. Hakkeen ominaisuuksien merkitys s. 17
- Taulukko 3. Normaali seulonnan jakeet ja seulat. s. 21
- Taulukko 4. Paksuusseulonnan jakeet ja seulat s. 22
- Taulukko 5. Puunkäyttö Imatran tehtailla vuonna 2009. s. 41
- Taulukko 6. Kaikkien mittausten tulokset ja keskihajonnat. s. 47
- Taulukko 7. Kulman vaikutus. s. 49

Kuviot

- Kuvio 1. Säteilyskaala ja Log Smart – kapasiteetti. s .51
- Kuvio 2. Seulonnan tulokset s. 53

1 Johdanto

Tämä insinööri työ tehtiin Stora Ensolla Imatran tehtailla kaukopäässä Kuorimon 3 - linjalla. Työ valmistui huhtikuussa 2011. Kuorimo tuottaa raaka-aineet kuitulinjan 3 käyttöön.

Kuorimon 3 – linjalla on otettu käyttöön Log Smart - lasermittalaite, joka mittaa kuorimarummusta tulevaa puuvirtaa. Tässä työssä tarkasteltiin mittalaitteen luotettavuutta kapasiteetin, kappalemäärän sekä pituuden ja halkaisijan suhteen kolmen eri koeajon avulla. Koeajoissa ajettiin eri paksuus luokan koivua.

Toinen tarkasteltava asia oli koeajoista saatujen hakenäytteiden analysointi. Koeajot oli järjestetty siten, että aluksi kuorittiin ohutta koivukuitua, seuraavaksi kuorittiin sekä ohutta että järeää koivukuitua, viimeiseksi kuorittiin pelkästään järeää koivukuitua. Hakenäytteistä analysoitiin palakokojakaumat eri puiden järeysluokille.

Teoriaosiossa kerrotaan puunkäsittelyn eri vaiheet sellutehtaalla. Osiossa käydään myös läpi optiset mittalaitteet sekä lasermittalaitteet, joita on käytössä kuorimoilla.

2 PUUNKÄSITTELY

Puunkäsittelyn tarkoituksena on saattaa raakapuu haluttuun muotoon jatko prosesseja varten. Puun käsittelyyn kuuluu monia eri vaiheita. Seuraavassa käydään läpi puunkäsittelyn yleisimmät vaiheet, jotka kuuluvat normaalin paperitehtaan toimintaan.

2.1 Puun vastaanotto ja varastointi

Puuraaka-aine kuljetetaan tehtaalle yleisimmin joko rautatiekuljetuksina tai autokuljetuksina. Jonkin verran käytetään myös vesikuljetusta. Rautatiekuljetus on yleisin, jos raaka-aine tulee Suomen ulkopuolelta. Autokuljetuksia käytetään puolestaan kotimaisen puun kuljetuksissa.

Puun varastointi tehdasalueella tapahtuu asfalttikentille. Päälystetyillä kentillä minimoidaan maa-aineksen ja roskien joutuminen prosessiin. Varastojen suuruus vaihtelee tehtaiden ja puunhankintaorganisaation välillä. Ennen tehtaiden varastot saattoivat olla koko talven kulutusta vastaava määrä puuta kun nykyään pyritään pitämään varastot mahdollisimman pieninä. Puun varastointi puukentille tuo yhden käsittelyvaiheen lisää puunkäsittelyyn. Puuta käsitellään varastoalueilla isoilla puunkäsittelykoneilla tai kurottajatruckeilla. (1, s. 21.)

2.2 Puunkatkaisu ja -sulatus

Puun katkaisun ja annostelun kuorintarumpuun määräävät kuljetusmuoto sekä puulaji. Hiomopuulla käytetään yhdistettyä vastaanotto-, hajotus- ja katkaisupöytää. Kuitupuun käsittelyssä puut katkaistaan tarvittaessa katkaisupöydällä, mistä puut putoavat sulatuskuljettimen lastausosaan tai vaihtoehtoisesti puut nostetaan suoraan lastausosaan. Sulatuskuljetin on

huuvalla varustettu vino kuljetin, mistä puut siirtyvät suoraan kuorimarumpuun. (1, s. 23.)

2.2.1 Hajotus ja katkaisu

Käsiteltävä puu nostetaan hajotuspöydälle kurottajilla tai puunkäsittelykoneilla. Hajotuspöydälle mahtuu 2-3 autonippua. Nippuja liikutellaan ketjukuljettimilla, joiden nopeus on säädettävissä siten, että nopeus kasvaa puun kulkusuunnassa ja niput saadaan hajotetuiksi erilleen. (1, s. 23.)

Hajotuksesta puut siirtyvät katkaisupöydälle. Puiden katkaisu tapahtuu nosto- ja laskumekanismilla varustetuilla katkaisuterillä, joita voi olla yksi tai useampia. (1, s. 23.)

2.2.2 Sulatuskuljetin

Sulatuskuljettimien tarkoitus on poistaa puiden pinnalta epäpuhtauksia ja ei-toivottuja aineksia sekä talvella sulattaa puut kuorinnan helpottamiseksi.

Kuljettimen pohjan muodostaa ketjumatto, jossa on 6 - 12 ketjua. Nippujen liikuttaminen tapahtuu ketjuissa olevien kolien avulla. Kuljettimessa on vinot teräslevyseinät, jotka ohjaavat puiden kulkua. Ketjumaton voimanlähteenä toimii hydraulimoottori, jonka nopeus on säädettävissä. Kuljettimessa irtoavat kuoriaines ja epäpuhtaudet kerätään kuorenkeräysjärjestelmään (1, s. 23.)

Sulatuskuljetin on varustettu lämmitettävällä huuvalla. Puiden sulatukseen ja lämmitykseen käytetään lämmintä kiertovettä. Kiertovesi lämmitetään höyryn avulla. Talviaikaan sulatuskuljettimen lämpötarve on 80–140 MJ/k–m³. Lämmin huuva helpottaa puiden, varsinkin koivun, kuoriutumista (1, s. 23.)

2.3 Puiden kuorinta

Kaikki massan valmistusprosessit edellyttävät puiden kuorimista. Kuorijae sisältää vain pienen määrän hyödyllisiä kuituja, ja se kuluttaa kemikaaleja keitto- ja valkaisu vaiheissa sekä aiheuttaa roskaisuutta. Kuorinnan puhtausaste riippuu massan valmistusmenetelmästä ja lopputuotteesta.(1, s.24.) Seuraavassa taulukossa 1 ilmoitetaan sallitut kuorimäärät eri massatyypeille.

MASSATYYPPI	SALLITTU KUORIMÄÄRÄ
Hioke	0,2 - 0,5 %
TMP (hierre)	0,2 - 1,0 %
CTMP (kemihierre)	0,2 - 2,0 %
Valkaisematon sulfaatti	1,0 - 1,5 %
Valkaistu havusulfaatti	1,0 - 2,0 %
koivusulfaatti	0,4 - 0,5 %

Taulukko 1. Eri massatyyppien sallitut kuorimäärät (1, s. 24)

Havukuitupuussa kuoren osuus puuaineksesta on 12 - 15 % ja koivukuitupuusta noin 15 %. Kuori on puristuksen jälkeen hyvä energialähde. Kuoren lämpöenergian määrä riippuu sen kuiva-aine pitoisuudesta. Kuoren hyödyntämisessä ongelmia tuottavat kuoressa olevat epäpuhtaudet jotka on poistettava ennen käyttöä.(1, s. 24)

Kuorinnassa kuori irtoaa märästä ja tuoreesta puusta suhteellisen helposti, mutta kuoren kuivuminen vaikeuttaa kuoriutumista, joten pitkää maavarastointi kannattaa välttää. Havupuilla kuori irtoaa paljon helpommin kuin koivusta, sillä varsinkin koivussa oleva tuohikerros vaikeuttaa kuorimista. Tästä johtuen kuorimon ajoasetukset, kuten rummun pyörimisnopeus ja rummun täyttöaste, ovat erilaiset eri puulajeille. (1, s. 24.)

2.3.1 Kuorinnan periaate

Kuitupuun kuorinnassa käytetään lajista riippumatta laitteita, joihin syötetään suuria määriä puuta jatkuvana virtana. Suurin osa puista kuoritaan rumpukuorintana. (1, s. 24.)

Kuorinta perustuu hankaukseen. Kulkeutuessaan rummun lävitse puut hankautuvat rummun seinään ja toisiaan vasten. Tämä hankaus murtaa puun ja kuoren välisen jälsikerroksen, joka sekin irtoaa puusta. Puun viipymäaika rummussa vaikuttaa suoraan puiden puhtausasteeseen. Toisaalta liian pitkä viipymäaika lisää puuhäviötä. (1, s. 24.)

Puun ja kuoren välinen sidoslujuus eli kuorintavastus vaihtelee merkittävästi sekä puulajeittain että käsittelyaikojen mukaan. Kuoren sidosvoima puuhun on heikoimmillaan kasvukautena eli alkukesällä. Puun lepokautena sidosvoima on paljon suurempi, yleensä moninkertainen kasvukauteen verrattuna. Myös puun kuivuminen lisää sidoslujutta, joten maavarastointi aika kannattaa pitää mahdollisimman lyhyenä. Kuivan puun kasteleminen heikentää sidoslujutta ja kuoriutuminen helpottuu. Kuorintavastus kasvaa lämpötilan alentuessa, ja jäätyneessä puussa kuori on erittäin tiukasti kiinni (2, s. 42.)

Kuorintatavat vaihtelevat puulajien mukaan, ja kuorinta voidaan suorittaa ilman vettä kuivakuorintana tai veden kanssa märkäkuorintana. Kuoret poistuvat rummun kuoriaukoista ja putoavat kuorikuljettimelle, josta ne siirretään kuoren

käsittelyyn. Rummun halkaisija sekä kuorittavien puiden pituus määrittelevät kuinka puut kulkevat rummussa (1, s. 24.)

2.3.2 Rumpukuorimakoneet

Toimintatavaltaan ja rakenteeltaan kuorintarummut voidaan jakaa kahteen ryhmään:

- lyhyen puun rumpuun =>> ristikkäiskuorinta
- pitkän puun rumpuun =>> yhdensuuntaiskuorinta (, s. 25.)

Ristikkäis-kuorinnassa puut ovat yleensä pienempiä kuin rummun halkaisija. Yhdensuuntaiskuorinnassa puut ovat yleensä vapaamittaisia. Kuorinnat voidaan suorittaa joko kuiva- tai märkäkuorintana (2, s. 36.)

Rumpu on rakenteeltaan päistään avonainen teräslieriö, jonka sisälle on hitsattu rummun koko pituudelta kuperia tarttumarautoja. Rummun pyöriessä tarttumaraudat nostavat puita rummun kehälle, mikä saa aikaan puiden kolhiutumista ja hankautumista (2, s. 36). Rummun vaippaan on leikattu aukkoja kuoren poistamiseksi rummusta. Aukkojen leveys on tavallisesti 40–42 mm. Rummun lieriö on joko avonainen tai umpinainen riippuen käytettävästä kuorintatavasta. Märkäkuorinnassa rummun alkupää on umpinainen, jotta vesi pysyy siinä ja loppupäässä sijaitsevat kuoriaukot. Kuivakuorinnassa koko rummun matka on varustettu kuoriaukoilla (1, s. 21.)

Rumpu ja sen sisällä oleva kuorittava puu painavat yhteensä satoja tonneja. Rummun kannatustapoja on erilaisia. Tämän suuren massan kannatus voidaan järjestää siten, että rummun lohossa on kaksi vierintärengasta ja rumpua pyöritetään teräspyörillä. Rummun käyttö tapahtuu kehällä olevan hammasrenkaan ja vetohammasrattaan avulla. Toinen tapa on kannatella rumpua kumisilla autonrenkailla. Autonrenkaista on muodostettu usean renkaan kannatusyksiköitä, joista joko kaikki tai osa on vetäviä. Yksiköihin kuuluu

vaihte, nestekytin ja käyttömootori. Kannatusrenkaissa käytetään isoa, yli 10 baarin painetta. Koska renkaihin kohdistuu suuria pintakuormia, on ne suojattava räjähdysvaaran vuoksi. Vaihtoehtoisesti renkaat voidaan täyttää vedellä tai muovimassalla. Kuivakuorinnassa käytetyt lukuisat kuoriaukot vaativat vähän tilaa vieviä kannatusratkaisuja ja suurta kannatuskykyä. Tähän päästään käyttämällä rummunkannatuksessa hydrostaattilaakeria. Hydrostaattilaakeri koostuu kantorenkaasta ja sitä öljykalvon välityksellä kannattavista ja päittäissuuntaan liikkuvista liukukengistä. Paineöljy syötetään liukukenkien kautta ohueksi, 0,1 mm:n paksuiseksi kalvoksi liukupintojen väliin, josta se kulkeutuu liukukenkien reunakynnyksen yli säiliöön pumpattavaksi takaisin kierto. Rummun pyörittäminen toteutetaan laakeroinnin tukirakenteeseen sijoitetuilla hammaspyörillä, jotka pyörittävät rumpua kantorenaan viereisen hammaskehän kautta. Sekä kantorengas että hammaspyörä ovat koteloitu tiiviisti, ja paineöljyä käytetään voiteluun. Käyttökoneistona on taajuusmuuntimilla varustetut sähkömootorit, joiden avulla pyörimisnopeutta voidaan säätää portaattomasti (1, s. 25-26.)

Ristikäiskuorinnassa rummusta purkautuvaa puumäärää säädetään sivusuunnassa hydraulisesti toimivalla liukuportilla. Puut purkautuvat vastaanottokuljettimelle. Yhdensuuntaisessa rummussa rummun poistopää on joko täysin avoin tai hieman kartiomaisesti supistettu sopivan täyttöasteen saavuttamiseksi. Puumäärää säädetään joko pyörimisnopeuden tai syöttömäärän avulla. (2, s. 38,40.)

Rummun jälkeistä vastaanottokuljetinta seuraavat pesurullasto, kiviloukku sekä pätkäloukku. Pesurullastolla puista erotetaan rummusta tullut irtokuori ja samalla puista pestään epäpuhtaudet pois. Pesurullaston edessä sijaitsee tavallisesti niin sanotun pulppuavan lähteen tyyppinen kiviloukku, joka poistaa puuvirrasta puuta raskaamman aineksen kuten kivet ja metallit (2, s. 40). Pesurullaston ja kiviloukun jälkeen puuvirta menee haketukseen.

2.3.3 Ristikkäiskuorinta

Ristikkäiskuorinnassa puut jakautuvat rummussa kahteen kerrokseen. Alemmassa kerroksessa puiden keskinäinen liukuma on pieni, ja kuoriutuminen on vähäistä. Ylemmässä kerroksessa, jossa puut vierivät puusuman rinnettä alas, puiden liikkuminen toisiinsa nähden on suurta. Kuoriutuminen tapahtuu tässä kerroksessa ja on sitä tehokkaampaa mitä enemmän hankautumista tapahtuu. Hankautumiseen vaikuttavat rummun läpimitta, kierrosluku, portin asento sekä täyttöaste (1, s. 24.)

Jos rummun pyörimisnopeus on pieni, puuröykkiöt liikehtivät rummussa jaksoittain, mikä rasittaa rummun käyttölaitteistoa sekä vaikuttaa kuoriutumiseen. Pyörimisnopeuden kasvaessa vieriminen muuttuu tasaisemmaksi ja kuoriutuminen tehostuu (2). Pyörimisnopeuden kasvaessa liiaksi kuoriutuminen alkaa heikentyä. Rummun pyörimisnopeus rajataan alueelle jossa puiden liikehdintä rummussa on tasaista. Sopiva kierrosluku rummun halkaisijan mukaan on 0,07 – 0,12 kierrosta / sekunti eli 4,2 – 7,2 kierrosta / minuutissa (1, s.24.)

Puiden pituus on yleensä 0,5 – 0,7 x rummun halkaisija. Teoreettisesti paras rummun täyttöaste on noin 50 %, koska tällöin puiden vierintämatka on pisimmillään. Täyttöaste on isompi rummun syöttöpäässä ja laskee purkauspäätä kohden. Rumpujen lievä kallistus purkauspäätä kohden tasoittaa täyttöastetta. (2, s. 44.)

Rummussa olevan puumäärän säätö tapahtuu säätämällä purkauspään porttia tai säätämällä rumpuun menevää puumäärää (2, s. 44.)

2.3.4 Yhdensuuntaiskuorinta

Yhdensuuntaiskuorinnassa 3 - 7 metrin puut kulkeutuvat rummun läpi rummun suuntaisesti. Puun pituudella ei ole ylärajaa yhdensuuntaiskuorinnassa, vaan puu voidaan kuoria niin pitkänä, kuin mitä se tehtaalle tulee. Kuorinnassa puut

eivät liiku toisiinsa nähden, vaan kuorinta tapahtuu puukerroksen vierivässä pintaosassa. (2, s. 44.)

Kuorinnan onnistumisen kannalta on tärkeää, etteivät puut ole huomattavasti rummun läpimittaa lyhyempiä. Yhdensuuntaiskuorinnassa lyhyitä puita voi olla 10 – 20 % puumäärästä. Lyhyet puut suuntautuvat pitkien puiden suuntasesti, mutta jos lyhyitä puita on enemmän ne sekoittavat kuorinnan ristikkäis-kuorinnaksi. (2, s. 44.)

2.3.5 Kuoren käsittely

Kuorinnasta saatavasta kuoriaines on merkittävä energianlähde. Kuoren lämpöarvo on riippuvainen kuoren kuiva-aine pitoisuudesta. Kuiva-aine pitoisuuden on oltava vähintään 35 %, muuten tarvitaan tukipolttoainetta kuoren polttamisessa höyrykattilassa.

Jotta kuoriaines saadaan poltettavaan olomuotoon täytyy sen käydä läpi seuraavat vaiheet :

- kuoren keräily rummulta ja kuljettimilta
- veden ja kuoren erotus
- ei haluttujen aineiden erotus kuoresta
- kuoren revintä ja puristus
- Kuorien toimitus varastoon ja polttoon

Täysin vedentöntä kuorintaa käytetään nykyään paljon ja se ei tuota prosessijätevesiä. Kuorintamenetelmänä se on kuorenkäsittelyn kannalta ihanteellinen. (1, s. 27.)

2.4 Haketus

Sellun valmistuksessa haketuksen tavoitteena on kuidutusprosessin vaatimusten mukainen tuote. Hakkeen ominaisuudet vaihtelevat puulaadun, haketusolojen- ja laitteiden mukaan. (2, s. 64.)

Tärkein hakkeen laatuvaatimus on hakkeen tasainen koko. Kokoa seurataan erilaisilla seulonnoilla. Seulonnat suoritetaan joko käsin laboratoriossa tai seurannan suorittaa optiset mittalaitteet. (2, s. 64.)

2.4.1 Hakkeen ominaisuudet

Sulfaattikeitossa keittokemikaalien imeytyminen hakepalaan täydellisesti on tärkein edellytys keiton onnistumiselle. Tämän vuoksi hakkeen tasainen palakoko on tärkeää. Sulfaattikeitossa optimaalinen hakkeen paksuus on 4 – 7 mm (1). Hakkeen tikut ja hienojae ovat häiriöksi jatkuvatoimiselle keitolle. Hakkeen pienet kuorimäärät eivät ole haitallisia kuten taulukosta 2. ilmenee (2, s. 66.)

Hierreprosesseissa käytettävä hake on yleensä selluhaketta pienempää. Hierreprosessin kannalta on tärkeää ettei siinä ole mukana kuiduttimen teriä vahingoittavia epäpuhtauksia. Hakkeen on myös oltava tarpeeksi kosteaa hiertämisen onnistumiseksi. (1, s. 31.) Seuraavassa taulukossa 2 on eri hakkeiden ominaisuuksien merkitys

Hakkeen ominaisuus	Selluhake	TMP-hierrehake
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 % koi- vu 0,5 %	< 0,2 %
EPÄPUHTAUDET	haitallisia hiekka noki ja muovi	hyvin haitallisia
KOSTEUS	mieluiten > 30 %	kriittinen > 45 %
TUOREUS	toivottava	erittäin tärkeä
OKSAPITOISUUS	haitallinen	haitallinen
LAHOPITOISUUS	haitallinen	erittäin haitallinen
TYSSÄYSVAURIOT	ei kriittinen	ei kriittinen

Taulukko 2. Hakkeen ominaisuuksien merkitys (1).

Taulukosta ilmenee eri menetelmien erilaiset vaatimukset. Nämä on otettava huomioon hakkeen laadun varmistamiseksi.

2.4.2 Haketuslaitteet

Kiekkohakku on yleisin mitä käytetään sellutahtaiden ja hiertämöiden hakkeen valmistamiseen. Kiekkohakut voidaan jakaa puun syöttötavan ja hakkeen poistotavan mukaan. (1, s. 31.)

Kiekkohakussa haketuksen suorittavat pyörivään teräkiekkoon kiinnitettävät veitsenkaltaiset terät. Puut syötetään hakkuun joko vaakasuorassa tiettyssä kulmassa teräkiekon ollessa pystyssä, tai pystysyöttöisessä hakussa puut syötetään ylhäältä syöttökitaan, joka on tiettyssä kulmassa terää vastaan kiekon akselin tasolla. Kiekkohakku on massiivinen teräsvalusta valmistettu 10 - 20 senttimetrin paksuinen teräkiekko. (1, s. 32.)

Kiekkohakun pyörivään teräkiekkoon on kiinnitetty 6 – 16 veitsimäistä terää. Jokaisen terän kohdalla on terän mittainen aukko, jota pitkin hake siirtyy kiekon toiselle puolelle. Terät on sijoitettu teräkiekkoon säteen suuntaisesti tai tangentialisesti, jolloin terän jatke sivuaa keskiötä 50 – 400 millimetriä. Terät on kiinnitetty kiekkoon joko pinta- tai puristuskiinnityksellä. Puhallustyhjennyshakun teräkiekkoon on kiinnitetty lisäksi 6 – 12 kappaletta vaihdettavaa puhallussiipeä. Siipien lukumäärä riippuu teräluvusta, kapasiteetista sekä puhallusvaatimuksesta. (2, s. 70.)

Teräkiekko on sijoitettu levystä hitsattuun koteloon, joka ohjaa hakkeen purkuaukkoon. Kotelossa on myös avattava luukku huoltotoimenpiteitä varten. Puiden syöttökita on hitsattu teräksestä ja sen alapuolelle on kiinnitetty kovametallipinnoitteinen vastaterä. Vastaterä on helposti vaihdettavissa. (1, s. 32.) Vastaterän tehtävänä on tukea hakettavaa puuta mahdollisimman läheltä teräkiekkoa. (2, s. 72.) Syöttökita on sijoitettu teräkiekkoon katsottuna joko akselitason ylä- tai alapuolelle tai sen sivulle. Syöttökidan kulma teräkiekon suhteen vaakasyöttöhakussa noin 35 ° ja pystysyöttöhakussa 30 – 40 °. Hakun käyttömoottorina toimii joko suoraan samaan akseliin liitetty synkronimoottori tai nestekytkimen ja alennusvaihteen välityksellä kytketty vakiorakenteinen oikosulkumoottori (1, s. 32.)

Puhallustyhjennyksessä teräkiekossa olevat siivekkeet saavat aikaan ilmavirran, joka siirtää haketta tarvittaessa jo 20 metriä. Hake johdetaan sykloniin, joka erottaa ilman ja hakkeen toisistaan ja toimii samalla tasaajana hakun ja kuljettimen välillä. Syklonista hake puretaan pohjaruuvien avulla hihnakuljettimelle. Pudotustyhjennyksessä hake putoaa hakun alapuolella olevaan kuljettimeen joka siirtää hakkeen seuraavaan vaiheeseen. Sivullepurkauksessa hake puretaan vapaasti teräkiekon raosta sivulle. Sivullepurkaus ei riko haketta, ja hienojakeen muodostus on pientä.

Yleisesti haketukseen vaikuttavat seuraavat tekijät:

- syöttökidan paikka ja kulma
- teräkiekon terien lukumäärä, sijoittelu ja terävyys
- teräkiekon pyörimisnopeus
- puun kosteus, koko ja lämpötila. (1, s. 32.)

Haketusprosessin onnistuminen on monien eri asioiden summa. Ottamalla nämä asiat huomioon saadaan hakeprosessi onnistumaan ja laitteisto kestäväksi.

2.5 Hakkeen seulonta

Hakkeen seulonnan tarkoituksena on muodostaa mahdollisimman tasainen hakekoko keittoon. Haketin on suurin vaikuttaja hakkeen palakokoon, mutta myös seulonnalla on oma osansa laadun hallinnassa. Perinteisessä seulonnassa hienojae ja ylisuurijae poistetaan. Ylipitkä hake haketetaan uudestaan ja palautetaan seulontaan. Nykyaikaisissa tehtaissa käytetään myös paksuusseulaa, koska ylipaksulla jakeella on iso vaikutus massan laatuun. Seulonta ei suoranaisesti tuota parempaa haketta, vaan se poistaa ei-halutun aineksen hakevirrasta. (3, s. 386.)

Hakkeen seulonnassa hakettimelta tuleva hake jaotellaan palakoon mukaan seuraavanlaisesti.

- ylisuuri jae: Palautetaan jälkihakkuun tai murskaukseen jonka jälkeen on uudelleen seulonta. Ylisuuri jae kypsyy keitossa epätasaisesti mikä lisää oksajakeen määrää keitossa.
- ylipaksu jae: Johdetaan paksuusseulasta haketta litistäviin mankeleihin.
- aksepti eli hyväksytty jae: Johdetaan hakevarastoon, hiertoon tai keittoon.
- tikkujae: Erotetaan hakkeesta ja johdetaan takaisin keittoon hallitusti.
- purujae: Poistetaan hakevirrasta ja sen jälkeen voidaan palauttaa takaisin hakkeeseen tasaisesti ilman haittavaikutuksia keittoon. Toinen vaihtoehto on johtaa purujae polttoon kuoren mukana.

Hake voidaan seuloa suoraan haketuksen jälkeen tai vaihtoehtoisesti myös kasavarastoinnin jälkeen. Varastoinnin jälkeen keitosta saadaan poistettua tuulen aiheuttamat pururyöpyt. (1, s. 34.)

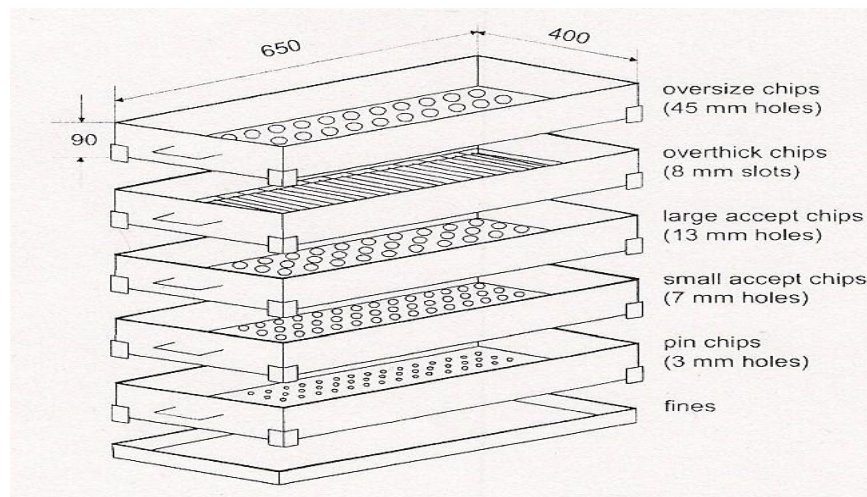
2.5.1 Hakkeen luokittelu

Hakkeen luokittelussa käytetään seuraavia standardeja.

SCAN-MC 40.88 luokittelussa hakkeesta määritellään jakeet 8 -10 litran näytteestä seulonta-ajan ollessa 10 minuuttia. Seulan liikerata on 60 mm ja edestakainen liike on 160 kertaa minuutissa. Taulukossa 3 on esitetty jakeet ja seulat. Kuvassa 1 on Scan –cm standardin seula.

Ylisuuri jae, + 45 mm	> 45 mm reikä
Ylipaksu jae, + 8 mm paksu	>8 mm rako
Aksepti, + 13 mm	> 13 mm
Pieni aksepti, 13 – 7 mm	> 7 mm
Tikkujae, 7 – 3 mm	> 3 mm
Purujae, alle 3 mm	< 3 mm, Pohjalevy

Taulukko 3. Normaali seulonnan jakeet ja seulat. (3, s. 387.)



Kuva 1. Scan – cm standardin seulat (1).

Vastaavasti paksuusseulonnassa, SCAN-CM 47:92, asetukset ovat muuten samanlaiset paitsi näytteen koko on 5-10 kg (3, s. 387.) Taulukossa 4 vastaavat paksuusseulan jakeet ja seulat.

Jae 1.	>45 mm reikälevy
Jae 2.	>8 mm rako
Jae 3.	>6 mm rako
Jae 4.	>4 mm rako
Jae 5.	>5 mm rako
Jae 6.	>5 mm reikälevy
Jae 7.	Pohjalevy

Taulukko 4. Paksuusseulonnan jakeet ja seulat (3 s.387).

2.5.2 Seulat

Seulamalleja on erilaisia riippuen mitä ominaisuutta halutaan seuloa. Seuraavassa kerrotaan yleisimmin käytössä olevista seuloista. Käytössä on eri seuloja halutun ominaisuuden takaamiseksi.

Yleisimmin käytetään tasoseuloja. Muita seuloja ovat kiekkosaula ja rullaseula.

2.5.2.1 Tasoseula

Yleisimmissä tasoseulatyypissä on kolmen reikälevyn seula. Seulapinnat ovat hieman, noin 10^0 kallellaan, ja ne liikkuvat epäkeskokoneiston pyörittäminä ympyräliikettä vaakatasossa. Lajiteltava hake johdetaan mahdollisimman tasaisena virtana päällimmäiselle seulalle, josta purujae ja aksepti menevät läpi. (1, s. 34.)

Ylite menee seulalta kuljettimen kautta murskaukseen tai jälkihakkuun, josta se palautuu seulalle. Hyväksytty jae otetaan kiertoa kahdelta seuraavalta seulapinnalta ja hienojae kerääntyy seulan pohjalle. (1, s. 34.)

2.5.2.2 Kiekkoseula

Yleisin tapa poistaa ylipaksua jaetta on kiekkoseula. Kiekkoseulassa akseleihin on sijoitettu kolmen kokoisia kiekkoja vierekkäin 7 mm:n etäisyydellä toisista.

Akselit pyörivät samaan suuntaan. Tästä syystä kiekot pyörivät vastakkaisiin suuntiin lomitusraon kohdalla, ja näin ollen rako pysyy puhtaana. Jakeen paksuus määräytyy kiekkojen välisestä etäisyydestä. Aksepti tipahtaa kiekkojen välistä, ja ylipaksu jae kulkeutuu seulalta joko jälkihakkuun tai murskaimelle. (1, s. 34 - 35.)

2.5.2.3 Rullaseula

Hienojakeen poistoon käytetään rullaseuloja. Hienojae poistuu rullien välistä, ja aksepti menee päältä jatkoprosesseihin.

Rullaseulaa käytetään kun keittoon halutaan täysin purutonta haketta. Tällä varmistetaan korkealaatuinen sellu. (1, s.35.)

2.6 Hakkeen varastointi

Hakevarastot ovat olennainen osa sellutehdasta. Hakkeenvarastoinnissa tärkeää on riittävä varastojen koko. Vanhemmissa tehdasyksiköissä hakevarastojen koko vastaa noin 5 – 10 päivän sellutehtaan tarvetta. Moderneissa tehtaissa koko vastaa noin 2 – 3 päivän sellutehtaan tarvetta. Haketta voidaan varastoida hakesiiloihin tai kekovarastoihin (3, s. 418).

Hakkeen varastointiaika on pidettävä mahdollisimman lyhyenä, koska liian pitkä varastointi vaikuttaa sulfaattisellun valmistuksessa tärkeiden sivutuotteiden, kuten mäntyöljyn ja tärpätin saantoon merkittävästi (1, s. 35.)

2.6.1 Kekovarastot

Kekovarastoinnissa hakekasan muoto riippuu käytettävästä kasauslaitteistosta. Pneumaattisella kuljettimella haketta puhalletaan kasalle yhdestä tai useammasta puhallusputkesta. Haketta ohjataan putken päissä olevilla levyillä. Tämä menetelmä on käytössä nykyisin enimmäkseen vain sahakkeen siirtämisessä. Hihnakuljettimella haketta pudotetaan kasan eri kohdille. Purkausaukot sijaitsevat hinnan alapuolella, ja niitä hallitaan valvomosta. Kasa muodostuu kuljetinhihnan suuntaisesti, joko pyöreäksi keoksi tai suorakulmion muotoiseksi aumaksi. (1, s. 35 – 36.)

Hakekasaa täytettäessä seinämän vierintäkulmaksi muodostuu 40° – 45° , purettaessa seinämä voi olla pystysuora. Tästä syystä hakekasan muotoiluun ja hakkeen siirtämiseen purkualueelle käytetään puskukoneita. Työskentellessä hakekasalla on varottava kasan holvautumista. Talvisin hakekasa pysyy sulana sisällä tapahtuvan lämpenemisen takia. (1, s. 35 – 36.)

2.6.2 Siilovarastot

Siilovarastoinnin tarkoitus on varmistaa eri hakkeiden, kuten pölli- ja sahaakkeen, erillään pysyminen. Siilovaraston purkamista pystytään hallitsemaan ja näin määrittämään eri hakelaatujen väliset suhteet.

Siilojen rakennusmateriaalina käytetään joko betonia tai nykyisin enemmän terästä. Täyttäminen tapahtuu pneumaattisesti ylhäältä. Hake puretaan koko siilon pohjan alalta (1, s. 36.)

2.6.3 Hakkeen purku

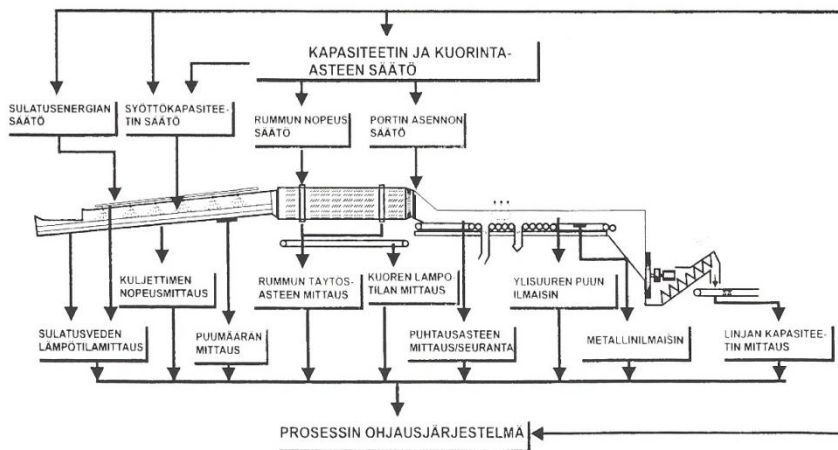
Hakekasojen purkamisessa käytetään ruuvipurkaimia. Ruuvipurkaimet liikkuvat pyörien ympäri kasan muodon mukaan tai yhdensuuntaisesti kasan mukaan. Ruuvi liikkuu kasan alapuolella purkaen kasaa liikeratansa etäisyydeltä. Purkukapasiteetti määräytyy ruavin kierrosluvusta. Ruuvista hake purkautuu hihnakuuljettimelle, josta se kulkeutuu vaihtoehtoisesti seulomoon tai keittoon.

Siilovaraston pohja on varustettu koko pohjan pinta-alan täyttävällä purkaimella. Siilovarastoissa käytetään ruuvipurkainta jos siilon halkaisija on välillä 10 – 25 metriä, tätä pienemmillä halkaisijoilla käytetään tankopurkaimia. Purettu hake siirtyy kuljettimille. (1.)

Haketta kuljetetaan sellutehtaalle kouruhihnoilla joiden sivut ovat 30 – 45^o kulmassa. Hake pysyy hihnoilla hyvin kulmien takia ja hihnojen kulkeutuminen on varmaa. Hihnojen materiaalina käytetään synteettistä tai luonnonkumia tai niiden seosta sekä runkorakenteena tekokuituja. Hihnan kapasiteetti riippuu hihnan leveydestä, hihnan muodosta sekä sen nopeudesta. (1, s. 36.)

3 Kuorintaprosessin optimointi ja automaattinen ohjaus

Kuorintaprosessien optimoinnin tarkoituksena on päästä haluttuun tuotantotavoitteeseen tiettyjen puhtausaste- ja puuhäviörajojen sisällä. Uusilla kuorimoilla käytetään hyväksi eri laitevalmistajien tarjoamia mittaustekniikoita sekä ylätason säätöjä jotka huolehtivat oikeista ajoparametreista. Kuvassa 2 on esitetty kuorintalinjan mittaukset.



Kuva 2. Kuorintalinjan automaattinen ohjaus (1 s.26.)

Optimointisysteemissä prosessi on jaettu eri mittauseräisiin. Näitä parametreja ovat rummun täyttöaste, rummun pyörintänopeus, syöttö- ja purkukapasiteetit, rummun portin asento, energiankulutus sekä puun laji ja laatu. (3, s. 483.)

Käyttämällä mittalaitteiden antamaa tietoa optimointisysteemi määrittää kokonaisprosessin tilan annetuista tiedoista. Vertaamalla tätä tietoa ennalta ohjelmoituun tietoon, prosessia ohjataan haluttuun suuntaan muuttamalla sulatuskuljettimen nopeutta, sulatuksessa tarvittavaa energia määrää, rummun pyörimisnopeutta sekä poistopään portin asentoa. Eri puulaaduilla ja olosuhteilla on erilaiset ennalta määritellyt ohjelmat, ns. reseptit. (3, s. 483.) Resepti on eräänlainen asetusarvotaulukko, johon on koottu lähtöparametrit ja

säätörajat, jotka ovat parhaat kyseiselle puulajille. Kuvassa 3 on esimerkki reseptistä.

1 ota käyttöön Tallenna reseptiin

Reseptin tiedot aikaa jäljellä 0 s

Syöttökuljetin Ohjausväli 10 s Ohjearvo 2,60 m/min Max nopeus 4,52 m/min Min nopeus 1,85 m/min	Rumpu Ohjearvo 5,30 rpm Max nopeus 5,35 rpm Min nopeus 3,50 rpm	Portti Ohjearvo 92 % Max. ohjearvo 95 %
Täytösastesäätö Toleranssi 3,6 % Haluttu täytösaste 35 % Yläraja 45 %	Puuhäviösäätö Puuhäviön raja-arvo 1,03 % Keskiarvoaika 120 s Rummun ohjausväli, vähennys 120 s Rummun nopeuden muutos 0,20 rpm	Puhtausastesäätö Puhtausasteen ohjearvo 3,00 % Keskiarvoaika 120 s Portin ohjausväli 10 s Portin liikkeensuuruus 2,0 % Rumpu Ohjausväli lisäys 180 s Rumpu Ohjausväli vähennys 180 s Rumpu nopeuden muutos 0,10 rpm
Puu Pituus 600 cm Halkaisija 13 cm Kasatihyden kalibrointi 0,00 %	Kapasiteettisäätö Tavoite 370 k-m3/h Ohjausväli 400 s Portin liikkeensuuruus 1,0 %	Muut Vaikea kuorinta pois 600 s Puht.mittarin kalibr. 1,00 Paluuv. lämpötila 38,1 C
Asetukset Tavoitekapas. 380 k-m3/h Vaikeusaste <input type="text" value="Normaali"/> WoodSmart <input type="text" value="Ei käynnissä"/>	ohjaukset Syöttök. nopeus 2,6 m/min Rummun nopeus 5,3 l/min Portin asento 95 Paluuv. lämpöt. höyryv. 6 Kuoren lämpöt. höyryv. 6	Laskennat Täytös 0 % Kap. liukuva ka. 0 k-m3/h Käyttöaste, vrk 100,00 % Käyttöaste, kk 99,85 %

Kuva 3. Esimerkki kuorimossa käytettävästä ajoasetustaulukosta eli reseptistä.

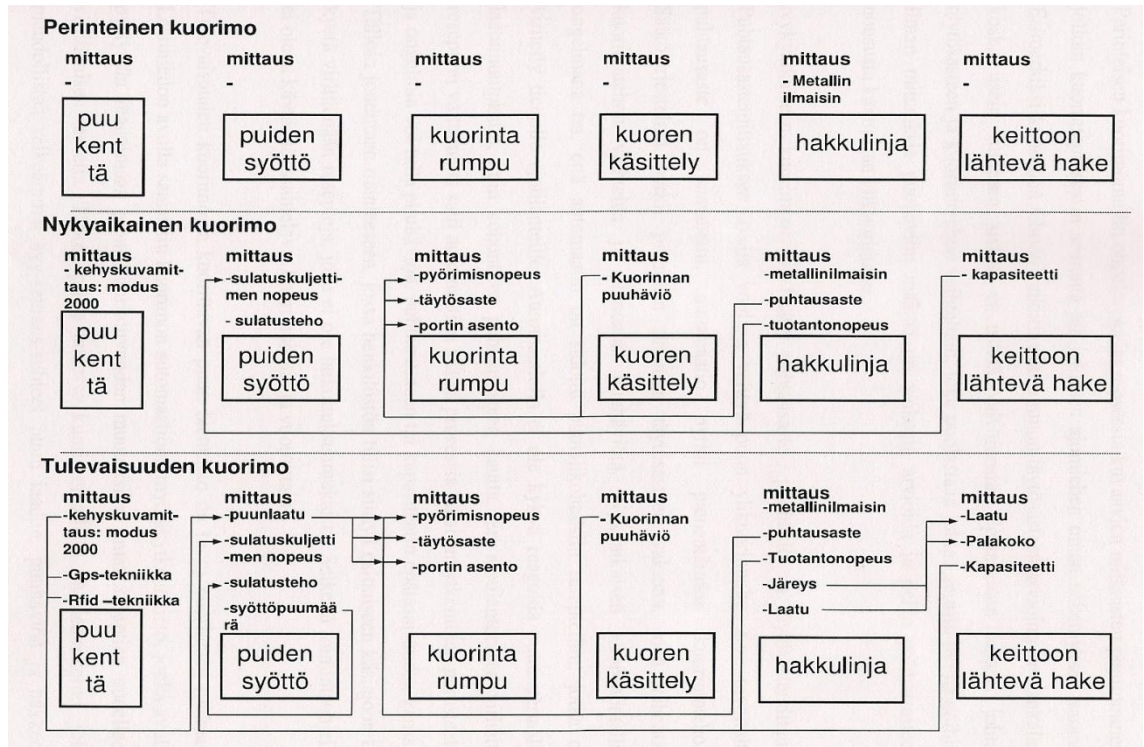
Liiallinen kuorintatehon kasvattaminen kasvattaa puuhäviötä ja huonontaa hakkeen laatua puun katkeilun kautta. Tehokkaassakin kuorinnassa kuorinnan teho kannattaa asettaa mahdollisimman pieneksi, mutta kuitenkin niin että vaadittu puhtausaste saavutetaan. Käytännössä optimointi on vaikeaa vaihtelevien raaka-aineiden ja tuotantotavoitteiden takia. (4, s. 26.)

Kuorinnan ohjaus tapahtuu moderneilla kuorimoilla pääosin automaation avulla, kun taas perinteisillä kuorimoilla prosessin ohjaus suoritetaan pääasiassa käsiajolla. (4, s. 26.)

Perinteisessä kuorimomallissa prosessia kuvaavien mittausten puuttuminen on ongelma, ja tästä johtuen prosessin seuranta jää prosessin hoitajan vastuulle. Esimerkiksi rummun sisään ei nähdä valvomosta, joten rummun täyttöasteen

arviointi on hankalaa. Tästä johtuva epätasainen lastaus johtaa kuorintatehon ja täyttöasteen vaihteluihin, jotka nostavat puuhäviötä. Puuhäviömittauksen puuttuminen ja pelko puhtausasteen noususta johtavat helposti ylikuorintaan. (4, s. 28.)

Nykyaikaisessa kuorimossa on puhtausaste-, puuhäviö- ja täyttöastemittaukset. Puhtausastemittauksella voidaan välttyä ylikuorinnalta. Kun puhtausastetavoite on saavutettu, automaatio pyrkii pienentämään kuorintatehoa. Järjestelmä pyrkii vakiotäyttöasteeseen, joka vähentää kuorintatehon vaihtelua ja puuhäviötä. Nykyaikaisen kuorimomallin ongelma on automaation sitominen puulajikohtaisiin resepteihin, jotka ovat ennalta viritetty tietyille ajotilanteille. Tämän takia automaatiolla ei ole kykyä reagoida puumateriaalin laatumuutoksiin muuten kuin kohonneen puhtausasteen kautta. Ennalta määritellyt reseptit eivät salli automaation säätää prosessia takaisinkytkentöjen perusteella ja ongelmia voi ilmetä puhtausasteen, puuhäviön ja kapasiteetin epätasaisuuden kanssa. Tällöin ajaututaan tilanteeseen, jossa prosessihenkilöstön tulisi siirtyä käsiajoon tai muuntaa reseptejä, mikä ei ole tarkoituksenmukaista. (4, s. 28.) Kuvassa 4 on esitetty eri aikakausien kuorimoilla käytettäviä tekniikoita.



Kuva 4. Eri aikakausien kuorimoiden mittaus- ja säätötekniikka (4, s. 27.)

Tulevaisuuden kuorimossa kuorittavan puun laatutieto on liitetty kuorintaan mukaan. Tiedon avulla saataisiin automaatioon myötäkytkentätieto, jonka avulla pystytään reagoimaan kuoriutuvuuden muutoksiin, ilman reseptien virittämistä. Uudessa kuorimomallissa tärkeä piirre on tiedonkeruu, jonka avulla saadaan selkeämmät syy-seuraus-suhteet puun laadun, puuhäviöiden ja hakkeen laadun välille. Kun seka-ajon pahimmat puuhäviötä aiheuttavat puulajisekoitukset saadaan selville, voidaan arvioida osittaisen eräkuorinnan kannattavuutta, jossa kuoriutuvuudeltaan samanlaatuiset puut kuorittaisiin samaan aikaan. (4, s. 28.)

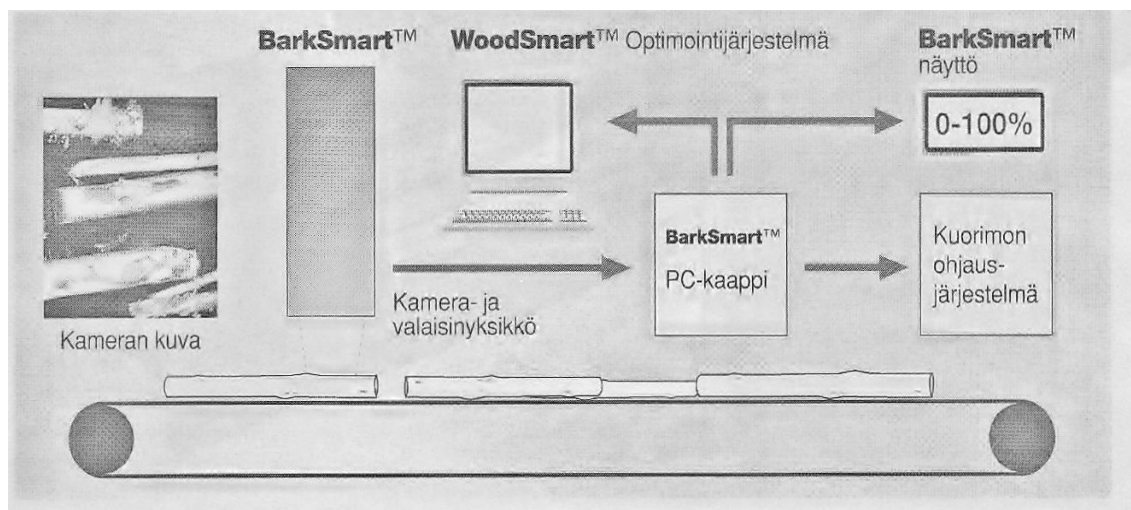
3.1 Puunkäsittelyn optiset mittalaitteet

Online-mittareita on ollut markkinoilla jo yli toistakymmentä vuotta, ja ne ovat pikku hiljaa yleistyneet puunkäsittelyssä. Mittalaitteita valmistavia yrityksiä ovat muun muassa Iggesund, Metso Paper, TeknoSavo ja Andritz. (4, s. 29.)

Kolme viimeistä tarjoavat myös kuorimon ylätasen säätöjä, jotka käyttävät hyväksi omia mittalaitteita. Ylätasen säätöjen tarkoitus on optimoida kuorintatulos ja minimoimaan puuhäviö. (4, s. 29.)

3.1.1 Puhtausaste

Puhtausastemittarit asennetaan rumpukuorimalinjalle, pesulinjaston jälkeen, yleensä ennen hakkua mutta toisinaan myös hakun jälkeen. Puhtausastemittarit mittaavat puuhun jääneen kuoren määrää eli puun kuoritutumis- tai puhtausastetta. Mittaus tehdään mm. mittaamalla jatkuvasti puussa olevan kuoren pinnan suhteellista osuutta puun pintaan. Mittalaitteita ovat mm. TeknoSavon BarkSmart, Metso Paperin VisiBark ja Andritzin LogScan. (4, s. 29.) Kuvassa 5 esimerkki puhtausastemittarin kokoonpanosta.

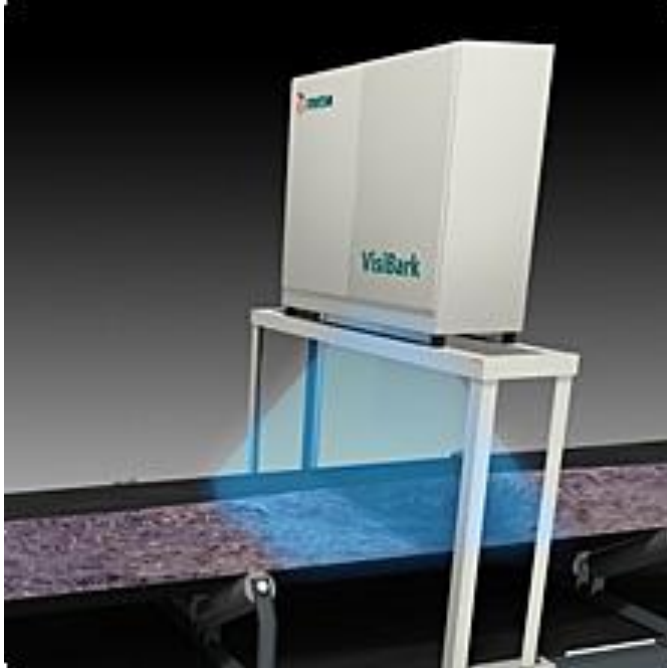


Kuva 5. Esimerkki puhtausaste – mittalaitteen kokoonpanosta, TeknoSavon Bark Smart. (5)

Mittarit on myös liitettävissä ylätason säätöihin. Puhtausastemittareiden tehtävä ylätasonsäädössä on mitata kuorituiden puiden puhtausastetta, jonka perusteella säädetään prosessia niin, että asetetut puhtausaste tavoitteet saavutetaan. Jos esimerkiksi portin tai rummun kierrosnopeuden liikkumarajat on asetettu liian alhaisiksi voi tämä estää säädön toiminnan säätövaran loppuessa. (4, s. 29.)

3.1.2 Puuhäviö

Puuhäviömittarit sijoitetaan kuorinnasta tulevan kuoren kuljettimen yläpuolelle. Mittarit mittaavat kuorinnasta johtuvaa puuhäviötä. Laitteet ottavat reaaliaikaista kuvaa kuljettimelta ja analysoivat puun määrää kuoriaineksen seassa värisävyn perusteella. Puumäärän ja kuorimäärän suhteesta voidaan määritellä kuorinnasta syntyvä kokonaishäviö. Mittarit ovat kytkettävissä kuorimoautomaatiota ohjaavaan yläsäätöön. Yläsäätö yrittää minimoida puuhäviötä puhtausasteen ja kapasiteetin antamissa rajoissa. Näin ollen saavutetaan taloudellisia etuja puuhäviön pienentyessä. Mittalaitteita ovat Andritz – BarkScan, TeknoSavo – ProfiSmart ja Metso Paper – VisiBark, joista VisiBark – mittaria voidaan käyttää sekä puuhäviö- tai puhtausastemittarina. (4, s. 30.) Kuvassa 6 esimerkki mittalaitteesta.



Kuva 6. Metso Paper – VisiBark – mittalaite (6).

Hyvänä puolena puuhäviösäädössä on puuhäviödatan pitkäaikainen tallennus ja pyrkimys puuhäviötason pienentämiseen. Sääto on kykeneväinen korjaamaan pidempiaikaiset ajon virhetilanteet, mutta on siltikin riippuvainen reseptiin tallennetuista rajoituksista sekä muiden tavoitteiden järkevyydestä. (4, s. 30.)

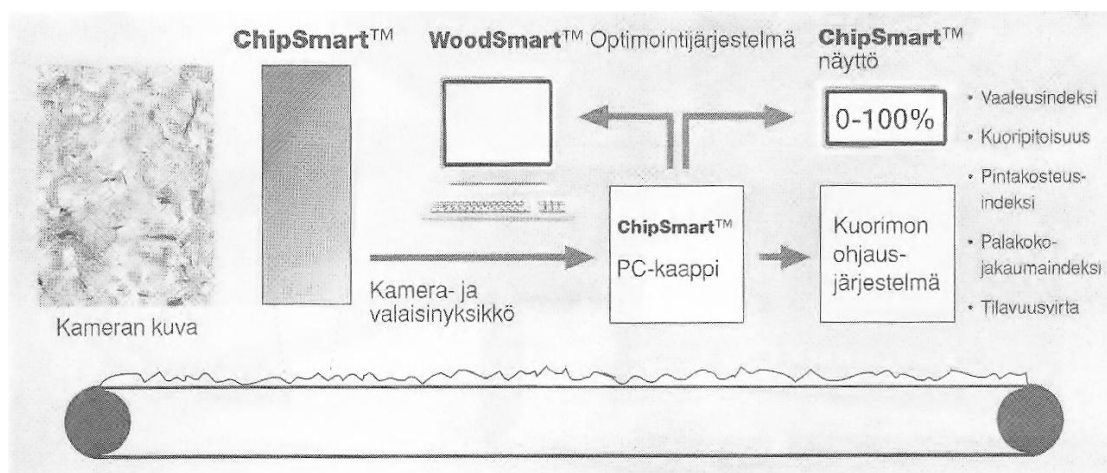
Pintaa mittaavat puuhäviömittarit ovat myös herkkiä kuoriaineksen lajittumiselle, jossa kuori peittää alleen puuaineksen ja puuhäviö lukema on todellista pienempi. (4, s. 30.)

3.1.3 Hakkeen mittaaminen

Hakeanalysointia käytetään hakkeen laadun mittaamiseen ja mittalaitteet voidaan asentaa joko hakun jälkeen tai ennen keittoa. Analysointilaitteet voivat olla optisesti haketta mittaavia laitteita tai automaattisesti näytteitä ottavia laitteita,

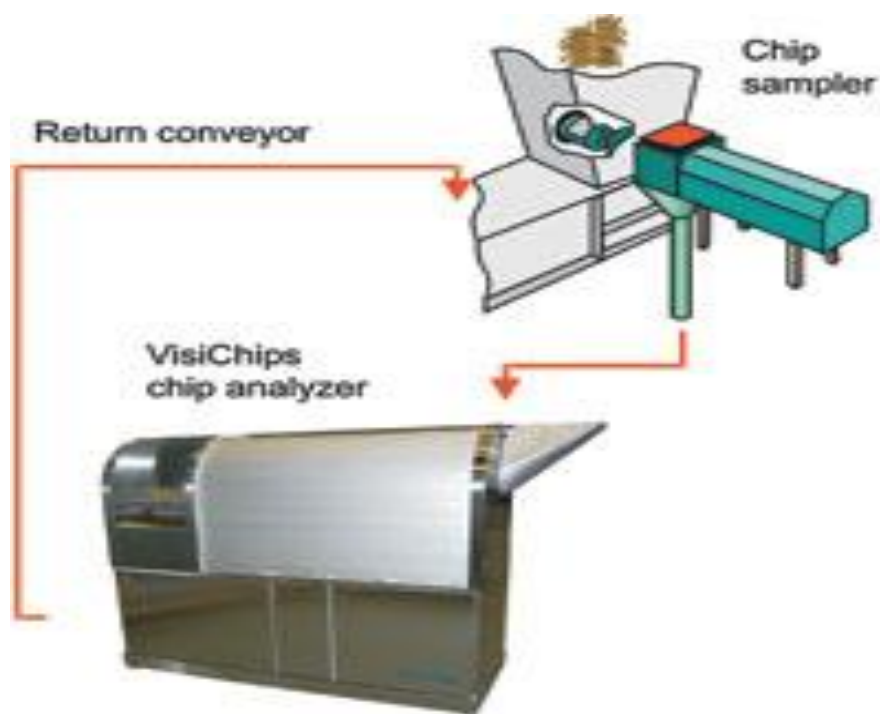
jotka mittaavat jokaisen hakepalan erikseen. Näytteistäviä mittalaitteita käytetään mm. hakun toiminnan ohjaukseen hakun jälkeen asennettuna tai keiton ohjaukseen seulonnan jälkeen asennettuna. Optisia hakemittareita käytetään yleiseen hakkeen laadun seurantaan mekaanisen ja kemiallisen sellun valmistuksessa.(4, s. 31.) Seuraavassa esitellään erilaisia analyysointilaitteita.

Teknosavon – ChipSmart on hakekuljettimen päälle asennettava yhden kameran optinen online-hakeanalysointilaitteisto, joka mittaa jatkuvasti hakkeen ominaisuuksia, kuten hakkeen pintavaaleuden muutoksia, kuoren sekä muiden epäpuhtauksien määrää hakkeessa, hakkeen pintakosteuden muutoksia ja hakekuljettimen tilavuusvirtaa. Mittalaite analysoi mittausdataa reaaliaikaisesti ja lähettää datan valvomo henkilöstölle tai tiedonkeräysjärjestelmään. Tätä tietoa käytetään hyväksi kuorimontin ylätasoonohjauksessa. Laitteisto koostuu hihnan päälle asennettavasta kamerakaapista ja PC – kaapista (7.) Kuvassa 7 hakemittalaitteen kokoonpano.



Kuva 7. Esimerkki hakemittalaitteen kokoonpanosta, TeknoSavon ChipSmart. (7).

Metso Paperin – VisiChips hakeanalysaattori perustuu optiseen mittaukseen, joka mittaa samanaikaisesti hakkeen kokoa sekä muotoa. VisiChips-hakeanalysaattori analysoi näytteestä jokaisen hakepalan erikseen. Hakenäytteen koko on 10 litraa, ja mittausaika on 15 minuuttia. Mittauksen aikana mitataan hakepalan pituus, leveys ja paksuus sekä muita ominaisuuksia, kuten tilavuus ja halkaisija. Näille ominaisuuksille voidaan laskea tilastolliset parametrit, kuten keskihajonta, jakauma ja jakauman vinous. Jokainen näyteerä myös punnitaan. Hake analysoidaan myös hakepalajakauman mukaan. VisiChip – analysaattoria voidaan käyttää haketuksen ja seulonnan laadun tarkkailuun sekä keiton säätöön. Hakeanalysaattoria voidaan hyödyntää prosessien ohjauksissa sekä optimoinneissa (8.) Kuvassa 8 Metson VisiChips analysaattori.



Kuva 8. Metson VisiChips hakeanalysaattori (8)

Iggersund tools – ScanChip on online-analysaattori, joka mittaa hakkeen palakokoa automaattisesti. Se voidaan asentaa toimivan hakelinjaston osaksi. Kuvassa 9 Iggersund Tools:in ScanChip – mittalaite.



Kuva 9. Iggersund Tools:in ScanChip online-mittalaite. (10)

Analysaattoriin kuuluu näytteenotin, mittaus- sekä laskentayksikkö. Mittausyksikössä on kaksi värähtelevää kuljetinta, hihnakuljetin ja kamerayksikkö. Mittausyksikkö ohjaa näytteenotinta, joka ottaa hakkeesta näytteen. Värähtelevät kuljettimet annostelevat hakkeen tasaisena virtana hihnakuljettimelle, joka alittaa mittavan kamerasen vakionopeudella. Kamera mittaa jokaisesta hakepalasta paksuuden, leveyden ja pituuden. Mittauksen jälkeen hakenäyte palaa takaisin prosessiin. (10.)

3.2 Puunkäsittelyn lasermittalaitteet

Lasertekniikkaa käyttävän kappaleen profiilinmittaus pohjautuu liikkuvan kappaleen nopeaan etäisyyden mittaukseen. Mittaus tapahtuu poikkisuunnassa kappaleen liikettä vastaan skannaavan mittapisteen avulla. Mitattava kappale jaetaan liikesuunnassa useisiin peräkkäisiin profiileihin. (4, s. 32 – 33.)

Yksittäisiä etäisyysmittapisteitä saadaan valtavalla nopeudella, joka riippuu kulmaresoluutiosta ja pyyhkäisytaajuudesta. Yhdellä pyyhkäisyllä tarkoitetaan mittapisteen kulkemaa matkaa ääripäästä toiseen. Pyyhkäisytaajuudella tarkoitetaan pyyhkäisyjen lukumäärää sekunnissa. (4, s. 32 – 33.)

Yhden pyyhkäisyyn sisältämä etäisyysmittojen määrä on suoraan verrannollinen kulmaresoluutioon ja kääntäen verrannollinen skannausviuhkan kulmaan. Skannaussäteen kulman pienentäminen johtaa mittausten määrän pienenemiseen ja kulmaresoluution, mittausten määrää kulmayksikköä kohden, kasvattaminen johtaa mittapisteen lisääntymiseen (4, s. 32 – 33.)

3.2.1 Lasermittauksen rajoitukset

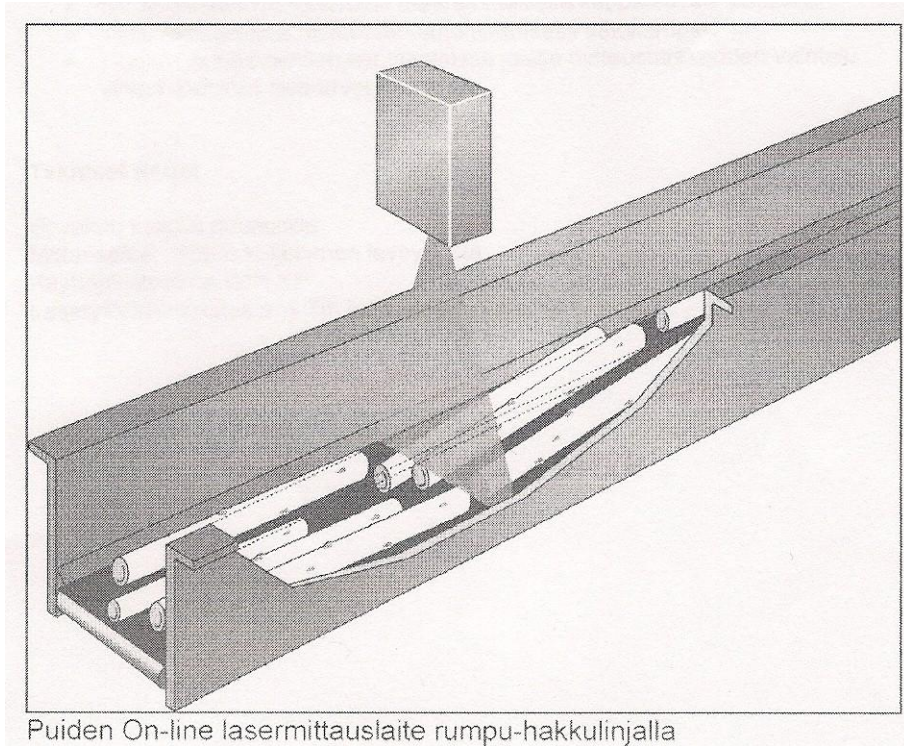
Koska laserskanneri mittaa etäisyyksiä yhdestä pisteestä, tuo tämä rajoituksia muodostuvaan näkymään. Kappaleet jotka sijaitsevat mitta-alueen reunalla jäävät herkästi edessä olevien kappaleiden varjoon. (4, s. 37.)

Tämä voidaan välttää käyttämällä kahta eri suunnista mittavaa laseria. Toimiakseen oikein laseretäisyys mittalaite tarvitsee takaisin heijastuvan pinnan, koska etäisyyden mittaus mittalaitteessa perustuu takaisin heijastuvan valon ominaisuuksien analysointiin. Tämä voi johtaa virheelliseen tulkintaan mm. tukkien laidoilla, joissa takaisin heijastuksen kulma periaatteessa puuttuu. Kuljettimen matto on periaatteessa lähes täysin takaisin heijastamaton ja siten etäisyyttä siihen ei saada mitattua. Maton etäisyys voidaan kuitenkin asettaa mittausta paikkakohtaiseksi vakioksi (4, s. 37.)

3.2.2 Kapasiteetin ja järeyksien mittaus pölleistä

Lasermittausta on alettu hyödyntämään hakekuljettimella pölliä läpimittaluokan laskennassa. Läpiluokkatiedon yhdistämistä muihin kuorimonmittauksiin voidaan hyödyntää esimerkiksi hakun ohjauksessa eri resepteillä ja kuorinnan optimoinnissa puuhäviöiden osalta. Mittalaitteita voidaan hyödyntää myös kuorimon kapasiteetin online-mittauksissa. Mittausdata voidaan liittää kuorimon ylätasoonohjaukseen ja ohjata purkauspään portin asentosäätöä. Tällä voidaan estää ylikapasiteetista tapahtuva hetkellinen haketaskun täyttyminen, mikä johtaa koko kuorintalinjan pysähtymiseen. Laserskannausta voidaan myös soveltaa hakehihnalla kapasiteetin tarkkaan määrittämiseen. Lasermittari skannaa hakepatjan pinnan muotoja. Kun tiedetään hihnan sijainti hakepatjan profiiliin suhteen, voidaan hakepatjan tilavuus määrittää hihnan kulkunopeuden perusteella. Kapasiteetti lasketaan jatkuva-aikaisten haketilavuus mittausten sekä laboratoriomittauksilla selvitetyn haketiheyden funktiona (4, s. 35.)

TeknoSavon – Log Smart-mittalaite mittaa puiden halkaisijan, tilavuuden ja lenkouden ennen hakua. Mittalaitteisto tunnistaa liian isot tai lenkot puut sekä tunnistaa jos liian suuri määrä puuta on menossa kerralla hakkuun ja pysäyttää linjan. Laitteisto mittaa kuljettimella kulkevaa puuvirtaa ja laskee tilavuuden. Mittalaitteisto koostuu laseryksiköstä ja PC – laitteistoon sijoitetusta sovellusohjelmistosta. Tieto voidaan lähettää valvomoon sekä tallentaa se tietojärjestelmään. Mittausdata voidaan liittää osaksi ylätasonsäätöä (9) Kuvassa 10 TeknoSavon Log Smart – mittalaite.



Kuva 10. Tekno Savon Log Smart – mittalaitteesta (9).



Kuva 11. Log Smart-mittalaitteen muodostava kuva.

Kuvassa näkyy puita noin 17 – 20 metrin matkalta riippuen hihnan nopeudesta.

4 Työn tavoitteet

Työn ensisijaisena tarkoituksena oli tutkia TeknoSavon toimittaman Log Smart – mittalaitteen luotettavuutta kapasiteetin, puiden kappalemäärän, puiden halkaisijan ja pituuden mittaamisessa. Mittalaitetta käytetään Imatran Kaukopään Kuorimon 3-linjalla, jossa ajetaan pääsääntöisesti koivua, joskus myös muuta lehtipuuta.

Tarkoituksena oli selvittää todelliset tunnistusprosentit edellä mainittujen ominaisuuksien osalta sekä selvittää mistä virheelliset tulokset johtuvat.

Toinen selvittävä asia oli koeajoista saatavien hakenäytteiden analysointi sekä tulosten tutkiminen. Jokaisen koeajon ajalta otettiin 20 hakenäytettä. Hakenäytteet seulottiin palakokojakauman saamiseksi. Hakenäytteiden seulonnan tuloksista selvitettiin puun järeyden vaikutus hakkeen palakokojakaumaan.

Työ suoritettiin järjestämällä kolme erillistä koeajoa. Koeajojen ajalta otettiin sekä videokuvaa että hakenäytteet, jotka molemmat analysoitiin.

5 Työn toteutus

Työ suoritettiin Imatran Kaukopään tehtailla. Tarkemmin sanottuna kuorimon 3-linjalla.

Koeajot järjestettiin helmikuussa. Hakenäytteiden seulonta ja tulosten analysointi suoritettiin kevään 2011 mittaan.

5.1 Imatran tehtaat

Imatran tehtaat muodostuvat kahdesta erillisestä tehdasyksiköstä, Kaukopäästä ja Tainionkoskesta. Yhdessä nämä yksiköt työllistävät noin 1000 henkeä. Karhulan tehdas kuuluu organisatorisesti Imatran tehtaisiin. Imatran tehtaiden kapasiteetti on yli miljoona tonnia kartonkia ja paperia vuodessa.

Imatran tehtailla tuotetaan paperia ja kartonkia. Nestepakkauskartonkeja valmistetaan kaikkiin nestepakkausjärjestelmiin ja lopputuotteita ovat mm. maito- ja mehutölkit. Elintarvikekartonkien tyypillisiä käyttökohteita ovat juomakupit ja erilaiset elintarvikepakkaukset. Pakkauskartonkeja käytetään elintarvike-, makeis- ja savukepakkauksiin. Graafisista kartongeista syntyvät kannet, kortit ja luksuspakkaukset. Imatran tehtailla valmistetaan myös pakkauspapereita.

Stora Enson Imatran tehtaat sijaitsevat Saimaan etelärannalla noin 250 kilometriä Helsingistä itään. Karhulan tehdas sijaitsee etelärannikolla noin 100 km Helsingistä itään.(11.)

Kaukopään tehdasalueella sijaitsevat kartonkikoneet 1, 2 , 4 ja paperikone 6 sekä päällystystehdas. Alueella sijaitsee myös sellutehdas sekä sellun kuivauskone. Puunkäsittely alueella sijaitsee kuorimo sekä puunvastaanotto. Alueella sijaitsee myös biologinen ja kemiallinen jätevedenpuhdistamo. (12.)

Tainionkosken tehdasalueella sijaitsee kartonkikone 5, paperikone 7 sekä sellutehdas ja puunkäsittelyalue. (12.)

5.2 Puunkäsittely Kaukopäässä

Puun kulutus vuositasolla on noin 4,3 miljoonaa kuorellista kuutiota. Taulukosta 5 selviää Imatran tehtaiden puun käyttö lajeittain vuonna 2009.

Puuta käytettiin 4,3 milj. krl m³ v. 2009

Puunkäyttö									
	mänty	kuusi	koivu	yhteensä					
Kaukopää	863	230	2298	3292					
Tainionkoski	591	57		648					
<u>CTMP-Imatra</u>		321		321					
Yhteensä	1454	608	2198	4260	Kuljetukset	mänty	kuusi	koivu	yhteensä
					Autolla	705	316	328	1349
					Rautateitse	644	285	1715	2644
Toimitukset	mänty	kuusi	koivu	yhteensä	<u>Aluksilla</u>	105	7	155	267
Kotimaasta	1123	401	614	2138	Yhteensä	1454	608	2198	4260
Tuontipuu	23	83	1584	1690					
<u>Sahojen hake</u>	308	124		432					
Yhteensä	1454	608	2198	4260					

Krl = kuorellinen

Stora Enso Oyj, Imatran tehtaat 30.06.2010

27

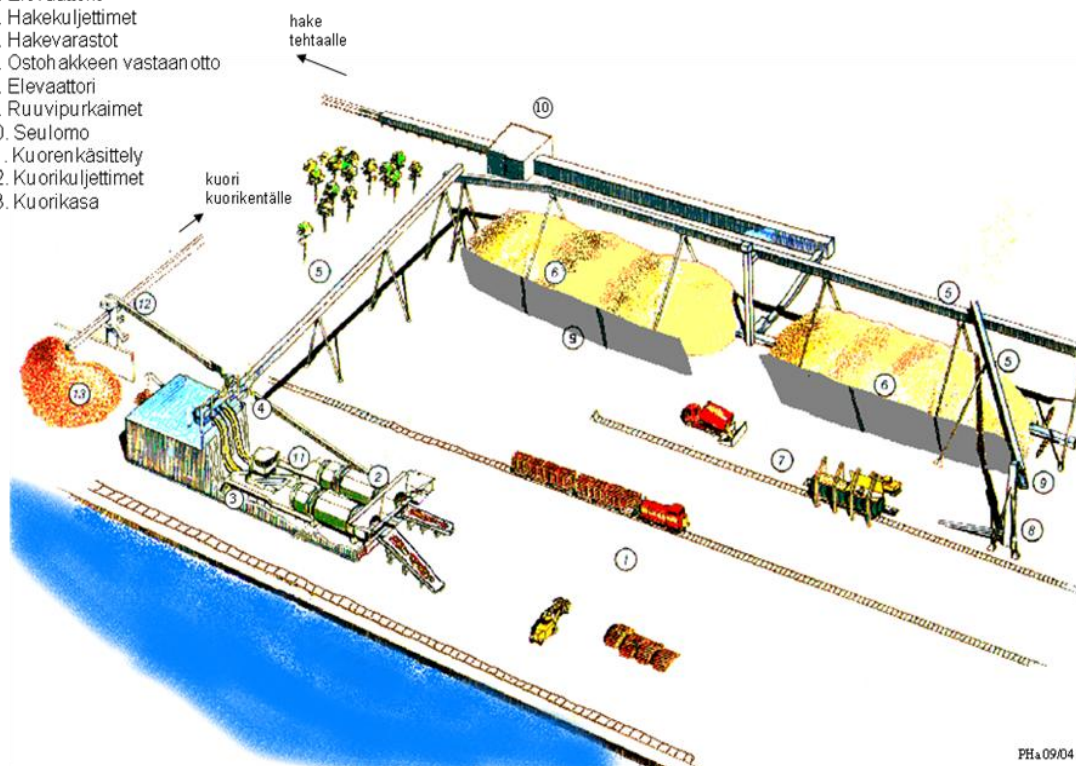
Taulukko 5. Puunkäyttö Imatran tehtailla vuonna 2009. (13)

Imatran tehtailla käytettävä koivukuitu tulee pääasiassa Venäjältä junakuljetuksina. Koivua kuljetetaan myös autokuljetuksina Venäjän rajan pinnasta sekä kotimaasta. Havupuu tulee Kaukopäähän VR:n junatoimituksina ja autotoimituksina. Ostohakkeen käyttö on noin 25 % havupuun tarpeesta, ja se toimitetaan lähialueen sahoilta. Puutavara varastoidaan Kaukopäessä kentälle. Kentän pinta-ala on 50 000 m² .(13.) Kuvassa 12 puunkäsittely Kaukopään tehtailla.

1. Puun vastaanotto
2. Kuorimarummut
3. Hakut
4. Elevaattorit
5. Hakekuljettimet
6. Hakevarastot
7. Ostohakkeen vastaanotto
8. Elevaattori
9. Ruuvipurkaimet
10. Seulomo
11. Kuorenkäsittely
12. Kuorikuljettimet
13. Kuorikasa

PUUNKÄSITTELY

Tehtaalle saapuu puuta kuorma-autolasteittain laskettuna 230 autollista/vrk



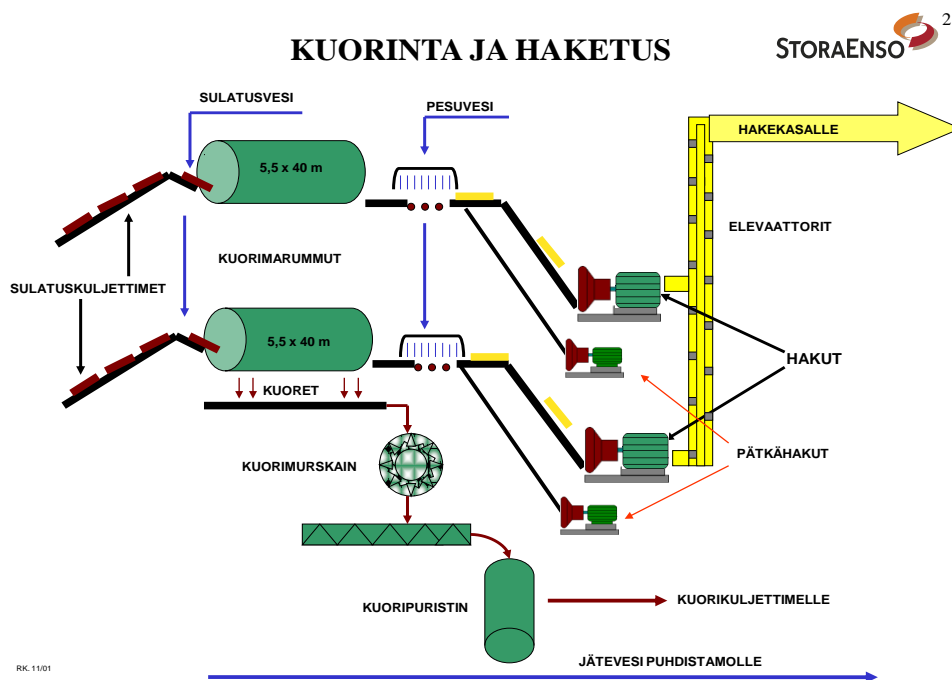
Kuva 12. Puunkäsittely Imatran Kaukopään tehtailla. (12)

Puunsyöttäminen kahdelle sulatuskuljettimelle tapahtuu kuorotakoneilla. Koneita on käytössä kolme kappaletta. Sulatuskuljettimien vedenkäyttö on talvella noin 200 litraa sekunnissa ja kesällä tarvittaessa 80 litraa sekunnissa. Sulatusveden lämmitys höyryllä tapahtuu kahdella hiljaa – keittimellä. Hiljaa-keittimet lämmittävät vettä paineistetulla höyryllä. Sulatuskuljettimien nopeus on säädettävissä tarpeen mukaan 1,65 – 4,5 m/s.

Puiden kuorinta tapahtuu kahdella linjalla, 1 – linja kuorii pääasiassa havupuuta ja 3 – linja lehtipuuta. Rumpujen pituus on 40 metriä ja halkaisija 5,5 metriä. Rumpu on kauttaaltaan koteloitu, ja rummun kannatus on hydraulinen. Rummun

pyörimisnopeus on säädettävissä tarpeen mukaan. Kuorintakapasiteetit ovat havupuulle 450 k – m³/h ja lehtipuulla 290 k – m³/h. Kuorinnan ohjauksessa on käytössä WoodSmart – ylätasonohjausjärjestelmä. Ylätasonsäätö ohjaa hakun syöttökuljettimilta puun puhtausastemittauksilla ja kuorihihnoilta puuhäviömittauksilla sulatuskuljettimien nopeutta , rummun täyttöastetta, rummun pyörimisnopeutta ja purkuportin aukaisuastetta sekä sulatusveden lämpötilasta riippuvaa höyryn käyttöä.(13.)

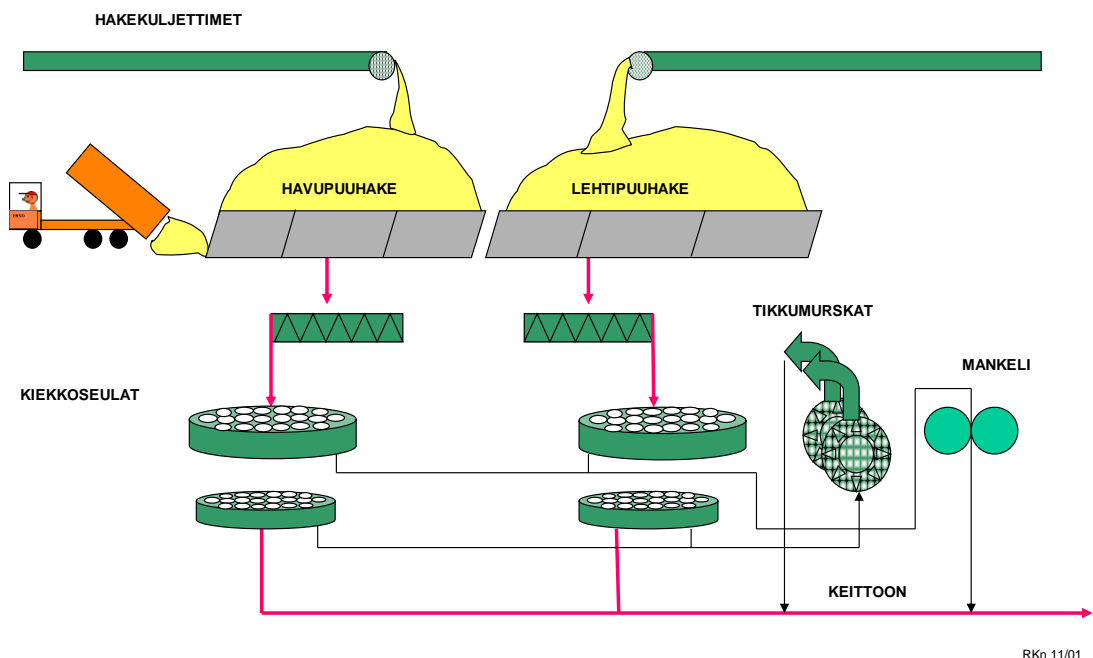
Haketus tapahtuu kahdella hakulla, jotka on toimittanut Metso. Linjastolla on myös kaksi pätkehakkua, jotka hakettavat rummussa alle metrin mittaisiksi katkenneet puut. Maksimi haketuskapasiteetti on noin 450 k – m³/h havulla. Lastun tavoite pituus on 28 mm ja paksuus 5,5 mm. Hakut ovat alle puhaltavia ja hake siirretään hakekasakuljettimille elevaattoreilla (13). Kuvassa 13 kuorinta ja haketus.



Kuva 13. Kuorinta ja haketus Kaukopäessä (12)

Kaukopäässä on käytössä kaksi hakevarastoa. Molemmat ovat varustettu 10 metriä korkeilla laidoilla. Havuhakevaraston kapasiteetti on 135 000 i – m³ ja lehtihakevaraston 85 000 i – m³. Laskennallinen viipymä havuhakkeella on 11 – 13 vuorokautta ja lehtihakkeella 4 – 5 vuorokautta. (13.) Kuvassa 14 seulomon peruseriaate.

SEULOMO



RKn 11/01

Kuva 14. Seulomon periaatekuva Kaukopäästä. (12)

Seulonta ennen keittoa tapahtuu kiekko-seuloilla, jotka on toimittanut BMH. Seulonta koostuu ylisuuren hakkeen poistosta ja paksuus seulasta. Lisäksi havulla on purunpoisto. Ylisuuri jae ajetaan tikkuhakun kautta takaisin kiertoön, ja ylipaksu ajetaan mankelin läpi takaisin kiertoön. (13.)

5.3 Koeajot

Koeajot järjestettiin Kaukopään kuorimon 3-linjalla lauantaina 5. helmikuuta kello 9.30 alkaen. Koeajoissa järjestettiin kolme erillistä osiota. Jokaisen osion pituus oli noin tunti ja se tarkoittaa puumäärässä noin 300 m³/koeajo. Ensimmäisessä osiossa kuorimarumpuun ajettiin pelkästään ohutta, 70 – 140 mm paksua, määrämittaista 3 metrin koivukuitua. Koivukuitu tilattiin Mittausvalvomolta. Toisessa koeajossa ajettiin sekaisin ohutta sekä järeää, 150 – 300 mm, määrämittaista 3 metrin koivukuitua. Ohut koivukuitu oli samaa erää kuin ensimmäisessä koeajossa, järeä koivukuitu otettiin puukentältä. Kolmannessa koeajossa ajettiin pelkästään järeää määrämittaista 3 metrin koivukuitua, joka otettiin puukentältä. Koeajot suoritettiin kuorimon osalta normaali ajoasetuksilla. Liitteenä olevissa trendeissä 1,2 ja 3 on esitetty jokaisen koeajon mittausajalta prosessiolosuhteet sekä liitteessä 4 koeajopäivän prosessiolosuhteet, kuten rummun nopeus, portin asento, tuotanto sekä puhtausaste ja puuhäviö.

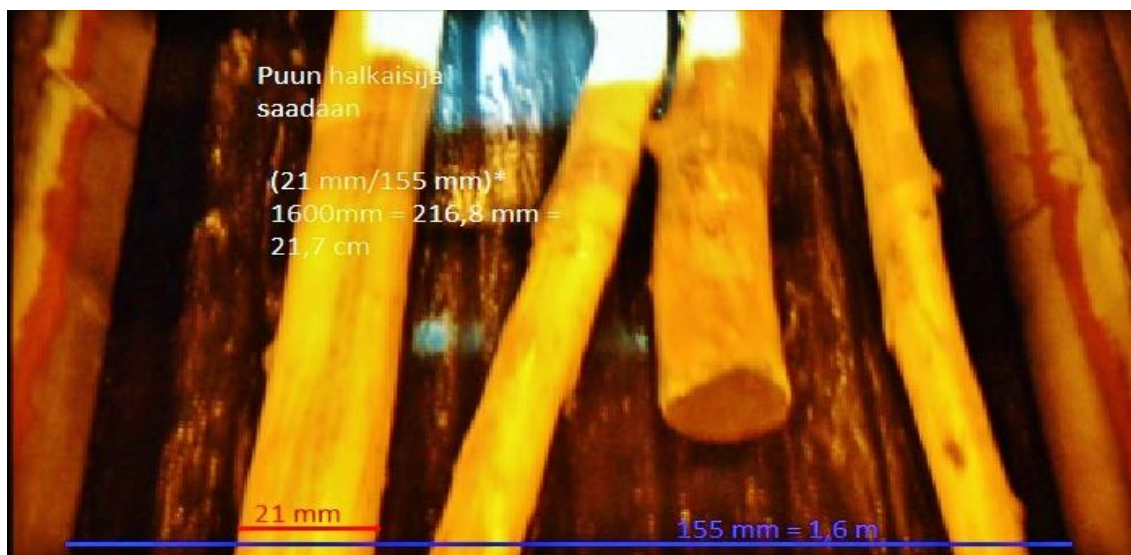
Jokainen koeajojakso videoitiin Log Smart – mittalaitteen luotettavuuden analyysia varten. Video asetettiin kuvaamaan rummun purkaushihnan yläpuolelle, samalle kohdalle missä Log Smart – mittalaite sijaitsee.

Jokaisesta koeajojaksosta otettiin hakenäytteet. Hakenäytteitä otettiin 20 kappaletta 10 minuutin aikana. Hakenäytteet otettiin 3 –linjan näytteenottimella. Hakenäytteiden näytteenottoajat olivat ohuen koivukoeajon aikana 10.35 - 10.45, sekalaisen koivukoeajan aikana 11.30 – 11.40 sekä järeä koivun koeajoaikana 12.22 – 12.32. Näytteen määrä oli noin 10 litraa/näyte. Hakenäytteistä määritettiin palakokojakauma käyttäen scan – cm standardia. Liitteessä 5 jokaisen koeajon yhteen lasketut tulokset ja liitteissä 5 - 14 jokaisen koeajon hakenäytteiden mittaustulokset.

6 Työn tulokset

Työn tulokset laskettiin koeajoista kuvatuista videoista. Jokaisesta koeajojaksosta analysoitiin 3 minuutin jakso tarkemmin. Videolta laskettiin puiden kappalemäärät, puiden keskihalkaisijat ja puiden pituudet. Laskemisessa käytettiin Windows Movie Maker – ohjelmaa. Ohjelmalla videoita pystyi kelaamaan sadasosasekunnin pätkissä, ja näin siitä sai laskettua halutut mitat.

Koeajovideoilta mitattiin puiden viipymä aika kuva-alueella, ja kun tiedettiin kuljettimen nopeus, 1,2 m/s, saatiin tästä puiden pituus. Esimerkiksi, jos puu viipyy kuvassa 2,2 sekuntia, tällöin puun pituudeksi saadaan $2,2 \text{ s} * 1,2 \text{ m/s} = 2,64$ metriä. Puiden halkaisijat mitattiin videolta viivaimella millimetreinä ja samalla mitattiin kuljettimen leveys millimetreinä. Tästä saatiin suhdeluku ja kun tiedettiin kuljettimen oikea leveys, 1,6 m, saatiin halkaisijat laskettua. Tuloksia verrattiin Log Smart – mittalaitteen vastaavien aikojen tuloksiin. Log Smart - tiedot haettiin mittalaitteen omalta tietokannalta. Kuvassa 15 puiden pituuden ja halkaisijan laskeminen videolta.



Kuva 15. Halkaisijan laskeminen videolta.

Analysoidut ajat olivat ohuelle koivukuidulla kello 10.38 – 10.41 05.02.2011 ,
 sekalaiselle koivukuidulle kello 11.33 – 11.36 05.02.2011 sekä järeälle
 koivukuidulle kello 12.22 – 12.25 05.02.2011.

Hakenäytteet seulottiin scan-cm 40.88 - seulontamenetelmää käyttäen ja
 tulokset kirjattiin ylös ja analysoitiin.

6.1 Mittalaitteen tarkastelun tulokset

Seuraavassa taulukossa 6 on esitetty videoista lasketut tulokset sekä Log
 Smart - mittalaitteesta saadut tulokset sekä niiden väliset erot.

Määre	<u>Log Smart: Ohut</u>	<u>Laskettu : Ohut</u>	<u>Ero laskett uun, %</u>	<u>Log Smart: Seka</u>	<u>Laskettu: Seka</u>	<u>Ero laske ttuun , %</u>	<u>Log Smart: Järeä</u>	<u>laskett u: Järeä</u>	<u>Ero laskettu un, %</u>
Kappale määrä	314	498	37	252	366	31	179	158	13
Keskipit uus, m	1,69 ± 1,12	2,28 ± 0,65	26	1,61 ± 1,15	2,29 ± 0,69	30	1,65 ± 1,21	2,7 ± 0,48	39
Keskiha lkaisija, cm	11,6 ± 4,26	11,2 ± 3,30	4	14,1 ± 5,68	14,6 ± 5,51	3	19,5 ± 5,68	20,7 ± 4,39	6
Keskitil avuus, dm ³	20,9 ± 21,8	26,3 ± 20,6	19	34,3 ± 46,1	47,8 ± 44,5	29	61,5 ± 66,8	98 ± 44,5	37

Taulukko 6. Kaikkien mittausten tulokset ja keskihajonnat.

Tuloksista selviää, että mittalaitteen antama tulos poikkeaa videolta käsin
 lasketuista tuloksista. Esimerkiksi puiden kappalemääriin perustuva
 tunnistusprosentti on ohuella koivulla 37 %, sekalaisella koivulla 31 % ja järeällä
 koivulla 13 %. Eli puiden tunnistaminen parenee niiden halkaisijan kasvaessa.
 Pituuden suhteen vastaavat luvut ovat 26 % , 30 % ja 39 %. Halkaisijoiden

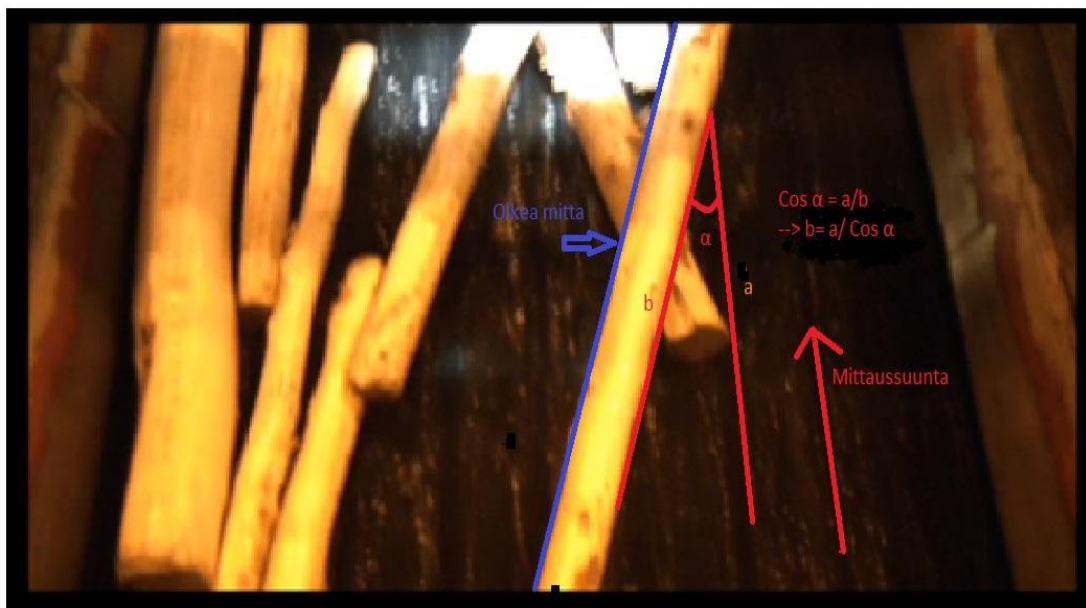
mittojen erot ovat sen sijaan suhteellisen lähellä toisiaan. Tässä suhteessa mittalaite toimii oletetunlaisesti.

Mittalaitteen mahdolliset virhelähteet

Puiden virheelliset mittaustulokset voivat johtua puiden kääntyilystä eli epäsuorasta mittauksesta suhteessa mittariin. Seuraavassa kuvassa 16 ja taulukossa 7 on esitetty kulman aiheuttama virhe pituuteen eri kulman suuruuksilla. Mittalaite siis antaa puulle liian lyhyen mitan jos se on vinossa. Virheen suuruus on sama halkaisijassa, mutta se on toiseen suuntaan eli mittalaite antaa halkaisijan mitan isompana kuin se todellisuudessa on.

Kulmavirhe on laskettu kaavalla 1

$$\cos \alpha = a/b \quad (1.)$$



Kuva 16. Kulman vaikutus mittaukseen.

KULMA	MITTAVIRHE
10°	1,5 %
20°	6,4 %
30°	15,5 %
40°	30,5 %

Taulukko 7. Kulman vaikutus

Toinen syy huonoon puiden tunnistusprosenttiin on se, että mitä ohuempaa puutavaraa ajetaan, sitä enemmän sitä joudutaan ajamaan, jotta pysytään kapasiteetti tavoitteissa. Tämä johtaa siihen, että ohuempi tavara menee enemmän ristiin ja päällekkäin, ja mittari ei kykene tunnistamaan kaikkia puita. Myös puiden pyöriminen kuljettimella mittalaitteen kohdalla voi aiheuttaa virheitä tuloksiin. Kuvassa 17 esimerkki puiden päällekkäisyydestä.



Kuva 17 . Puita päällekkäin mittauskohdalla.

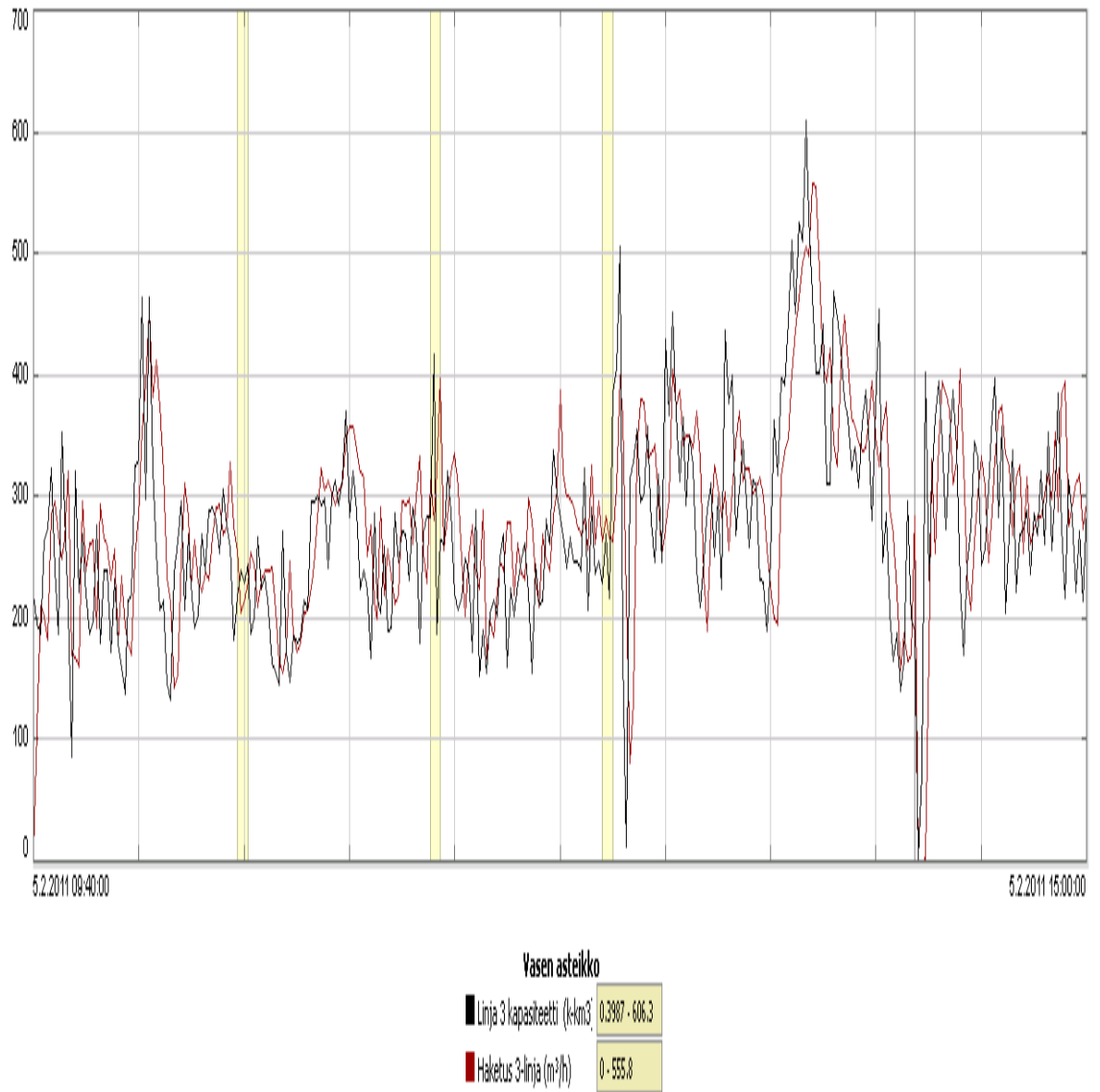
Syy puiden pituus mitan liian lyhyeen mittaustulokseen voi johtua laitteiston kyvyttömyydestä yhdistää puita mittausjaksojen kesken, esimerkiksi jos yhteen kuvaan kerätään 2500 laserviivaa 180 viivan taajuudella ja kuljettimen nopeus on 1,2 m/s, kertyy mittausdataa 16,7 metrin matkalta. Jos puu ei ole kokonaan kuvassa ja se jatkuu seuraavassa kuvassa, laitteisto ei osaa yhdistää puuta vaan se laskee ne kahdeksi erilliseksi lyhyemmäksi puuksi. Tämä lyhentää keskipituutta. Tämä vaikuttaa myös puiden kappalemäärän kasvamiseen järeillä puilla, koska järeä puu löytyy kuvasta paremmin kuin ohut. Myös laitteiston tunnistusparametrien vääränlainen asetus voi vaikuttaa puiden tunnistamiseen. Myös liian lähekkäin olevat puut voidaan laskea yhdeksi puuksi. Kuvassa 18 esimerkki kuvan katkaisemista puista sekä tunnistamatta jääneestä puusta. (Puun numero 1 vieressä.)



Kuva 18. Esimerkki laitteen tuottamasta kuvasta, jossa numerot 1 ja 2 ovat niin sanottuja "katkaistuja" puita.

Kapasiteetin mittauksessa ilmenevät erot suhteessa säteilyhakevaakaan voivat johtua puiden päällekkäisyydestä. Yksintäisen puun kapasiteetin mittaaminen toimii hyvin, mutta laite ei ota huomioon, jos puut tulevat mittalaitteelle päällekkäin ja päällä olevien puiden alle jää puuttomia kohtia. Mittalaite olettaa koko määrän olevan puuta. Tämä johtaa kapasiteetin heittoon vertaillen säteilyvaakaan. Seuraavassa kuvassa 19 on näkyvillä koeajopäivän, 05.02.2011, klo 8.30 – 14.30 välinen ero Log Smart – mittalaitteen kapasiteetin

ja säteilyvaakan kapasiteetin välillä. Kuviossa 1 kapasiteettien väliset erot. Kuviossa on käyrät 1 minuutin keskiarvosta koeajopäivältä. Korostetut kohdat ovat samat kuin videolta analysoidut ajat eli 10.38 – 10.41 , 11.33 – 11.36 ja 12.22 – 12.25



Kuvio 1. Säteilyvaaka- ja Log Smart – kapasiteetti.

Käyristä lasketut keskiarvot ja hajonnat.

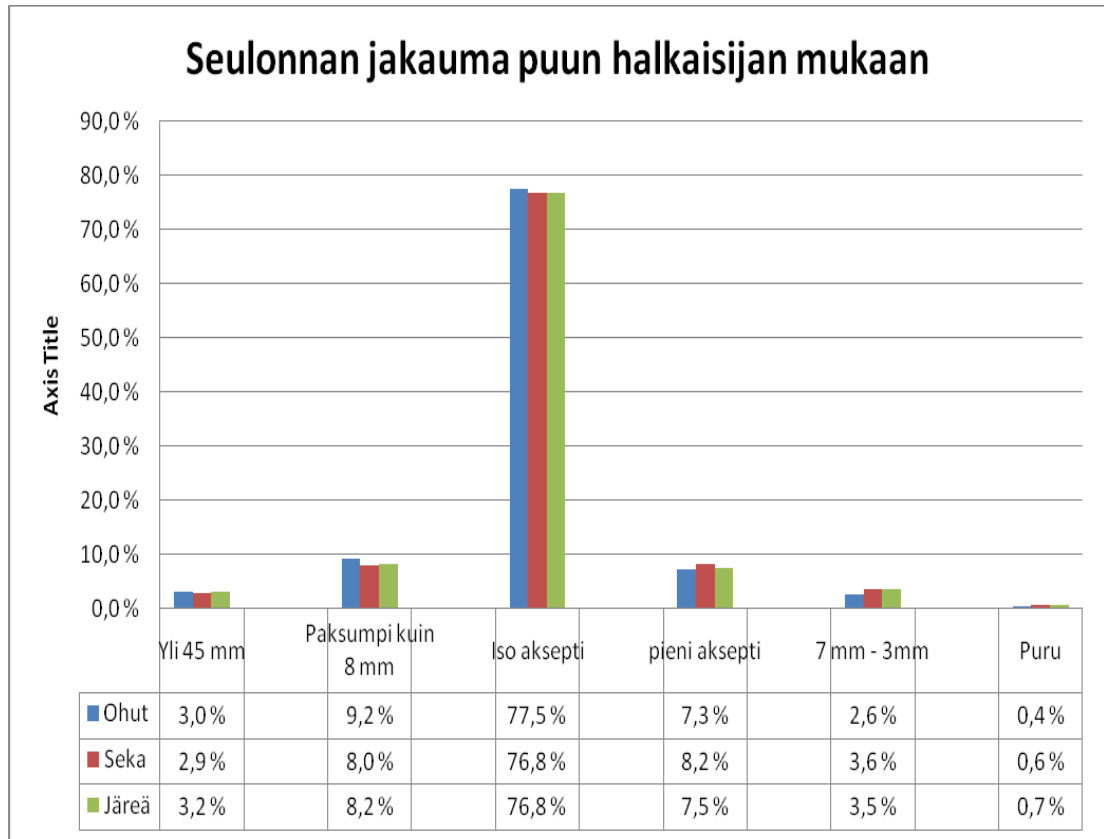
Linja 3 Kapasiteetti (Log Smart): $273,8 \pm 84,6$

Haketus 3-linja (Säteilyvaaka): $283,3 \pm 80,3$

6.2 Hakeseulonnat

Koeajoista otetut hakenäytteet seulottiin Imatran tehtaiden mitta - asemalla käyttäen scan – cm 40.88 - menetelmää. Jokainen erä analysoitiin yhtenä kokonaisuutena. Liitteet 5 - 14.

Seulontatulokset olivat erikoiset siinä mielessä, että ohuen koivukuidun tulokset olivat parempia verrattuna järeeän. Yleinen oletus on, että mitä järeämpi runko sitä parempi hakkeen laatu. Tämä tarkoittaa sitä , että ohuesta puusta saatava hyvän hakkeen määrä oli suhteessa isompi. Seuraavassa kuviossa 1 on seulonnan tulokset jokaisesta koeajosta jakeittain.



Kuvio 2. Seulonnan tulokset

Imatran tehtailla hakkeesta hyväksytään jatkoprosesseihin sekä iso että pieni aksepti. Kokonaisakseptin määrä on ohuella puulla 84,8 %, sekapuulla 84,9 % ja järeällä puulla 84,4 %. Tuloksiin vaikuttavat suuresti myös ylisuurijae. Jo yksittäinen ylisuuressa jakeessa oleva palanen vaikuttaa merkittävästi prosenttiosuuksiin.

Myös rummussa katkeilleet puut, jotka menevät pätkehakun kautta voivat vaikuttaa seulontatuloksiin. Varsinkin järeän koivun seassa olevat ohuemmat koivut katkeavat varsin herkästi rummussa.

7 Kokeellisen osan yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, kuinka luotettavasti Log Smart –mittalaite toimii ja selvittää mahdolliset virhelähteet.

Mittalaitteen toiminta oli luotettavimmillaan silloin, kun ajettiin järeää tavaraa. Mitä ohuemmaksi ajettava puutavara meni, sitä huonommin mittalaite tunnisti puita. Tämä johti sekä kappalemäärän heittoon että keskipituuden virheelliseen tulkintaan. Puiden halkaisijan mittaaminen onnistui sen sijaan kuitenkin suhteellisen hyvin.

Kuorinnan optimointi on tärkeää varsinkin laitoksissa missä puumäärät ovat suuria. Vääränlainen kuorinta kasvattaa puuhäviöitä ja johtaa kustannusten kasvamiseen. Tämä tarkoittaa sitä että, mittalaitteiden tulee toimia oikein ja luotettavasti.

Lasermittalaitetta voitaisiin hyödyntää kuorinnassa kapasiteetin säädössä pitäen kapasiteettia mahdollisimman vakiotasolla. Tämä johtaisi kuorinta olosuhteiden tasaantumiseen ja puuhäviöiden vähenemiseen.

TeknoSavo on tehnyt muutoksia mittalaitteen asetuksiin. Muun muassa puiden päätyjen tunnistamista on parannettu. Myös analysointia on tehostettu, ja se on aiempaa nopeampaa ja myös kuormittaa vähemmän laitteistoa. Lisäksi ohjelmaan on lisätty ominaisuus, joka yhdistää erillisiä kuvia ja näin ollen tulos saadaan todenmukaisemmaksi. Myös muita parannuksia on työn alla mittalaitteen mittaustuloksen parantamiseksi.

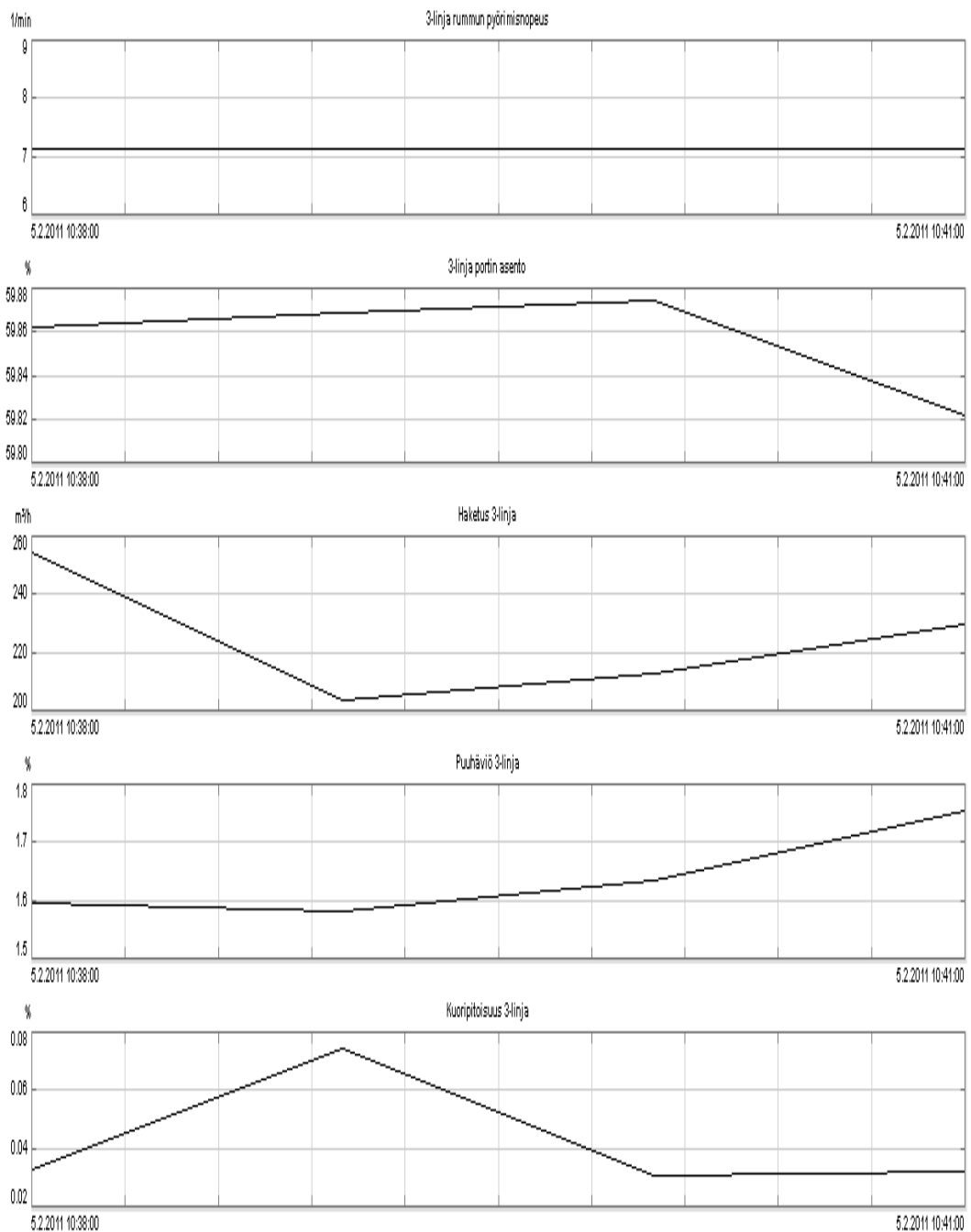
Kunhan mittalaite saadaan luotettavaksi, on se toimiva lisäys kuorinnan optimoiseksi.

Hakenäytteiden osalta voitaisiin koeajoja suorittaa pidemmällä aikavälillä, mahdollisuuksien mukaan tietyille paksuusluokille. Tällöin nähtäisiin ovatko työssäni suorittamat tulokset paikkansapitäviä myös pidemmällä aikavälillä.

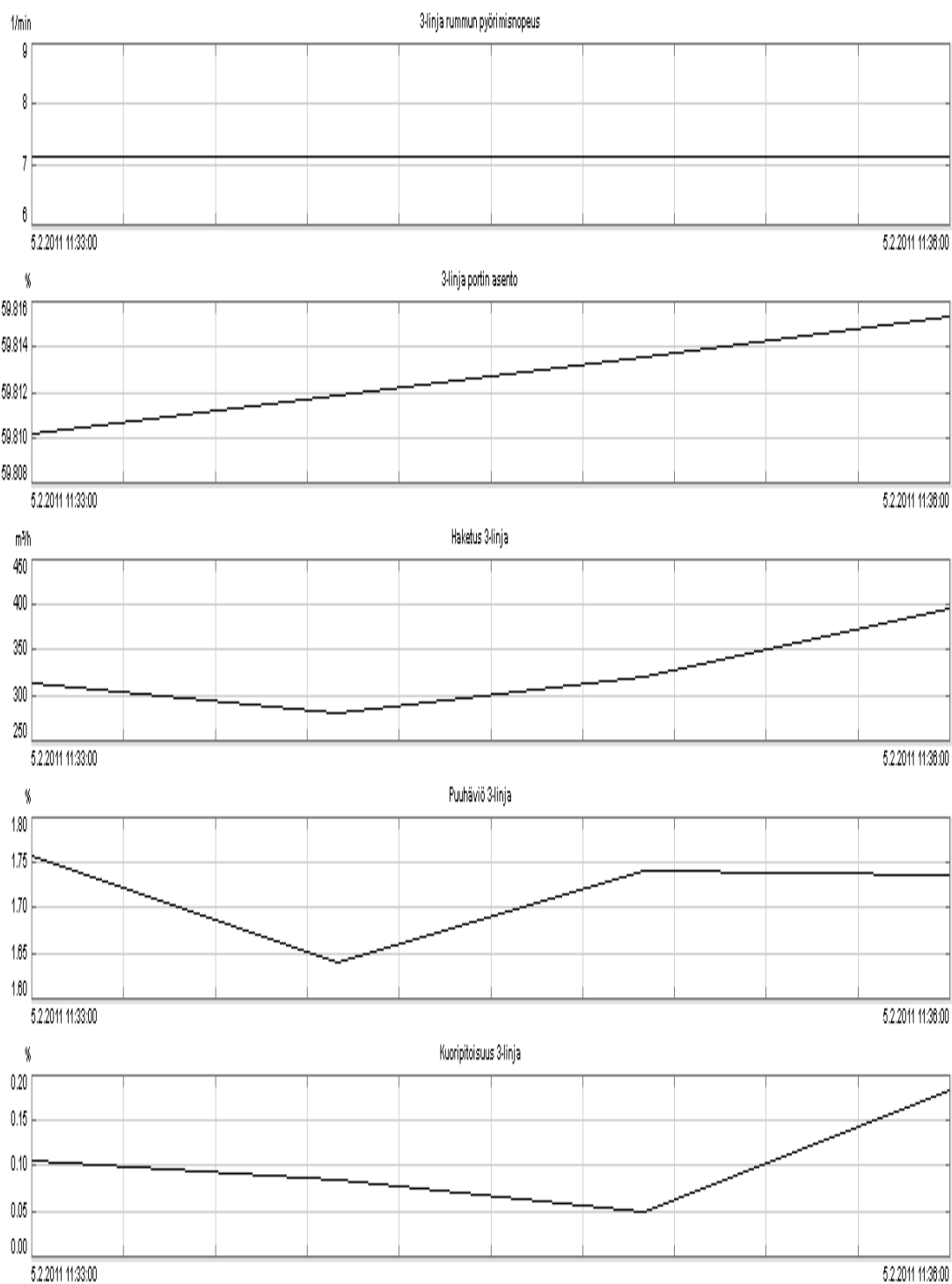
LÄHTEET

- /1/ Seppälä, M, J - Klemetti, U - Kortelainen, V-A - Lyytikäinen, J - Siitonen, H & Sironen, R , Kemiallinen metsäteollisuus 1. Paperimassan valmistus, Saarijärvi, Gummerus Kirjapaino Oy
- /2/ Niiranen, Matti. Kuitupuun tehdaskäsittely : Lisensiaattityö. Teknillinen korkeakoulu. Puunjalostusosasto.
- /3/ Gullichsen, J & Fogelholm, C-J. Papermaking science and technology 6A, Chemical pulping, Jyväskylä, Gummerus printing
- /4/ Harinen, Marko. Kuorimoiden laatumittaukset ja uusien menetelmien kehittäminen puunkäsittelyn optimointiin. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. Sähkötekniikan osasto.
- /5/ Tekno Savo – Bark Smart :
http://194.157.221.15/sankarit/tekno savo/tuotteet/BarkSmart_fin72.pdf . Luettu 25.03.2011
- /6/ Metso Visi Bark :
<http://www.metso.com/pulpandpaper/MPwFiber.nsf/WebWID/WTB-110217-2256F-FB7CB?OpenDocument&mid=28D4D4429CC72A87C225783A004DBD1F>. Luettu 25.03.2011
- /7/ Tekno Savo Chip Smart :
http://194.157.221.15/sankarit/tekno savo/tuotteet/ChipSmart_fin_160.pdf. Luettu 25.03.2011
- /8/ Metso Visi Chip :
[http://www.metso.com/MP/Marketing/Vault2MP.nsf/BYWID/WID-060622-2256E-260E9/\\$File/Page6from305FI_eBOOK-6.pdf?openElement](http://www.metso.com/MP/Marketing/Vault2MP.nsf/BYWID/WID-060622-2256E-260E9/$File/Page6from305FI_eBOOK-6.pdf?openElement). Luettu 25.03.2011
- /9/ Tekno Savo Log Smart –esite. Sähköposti

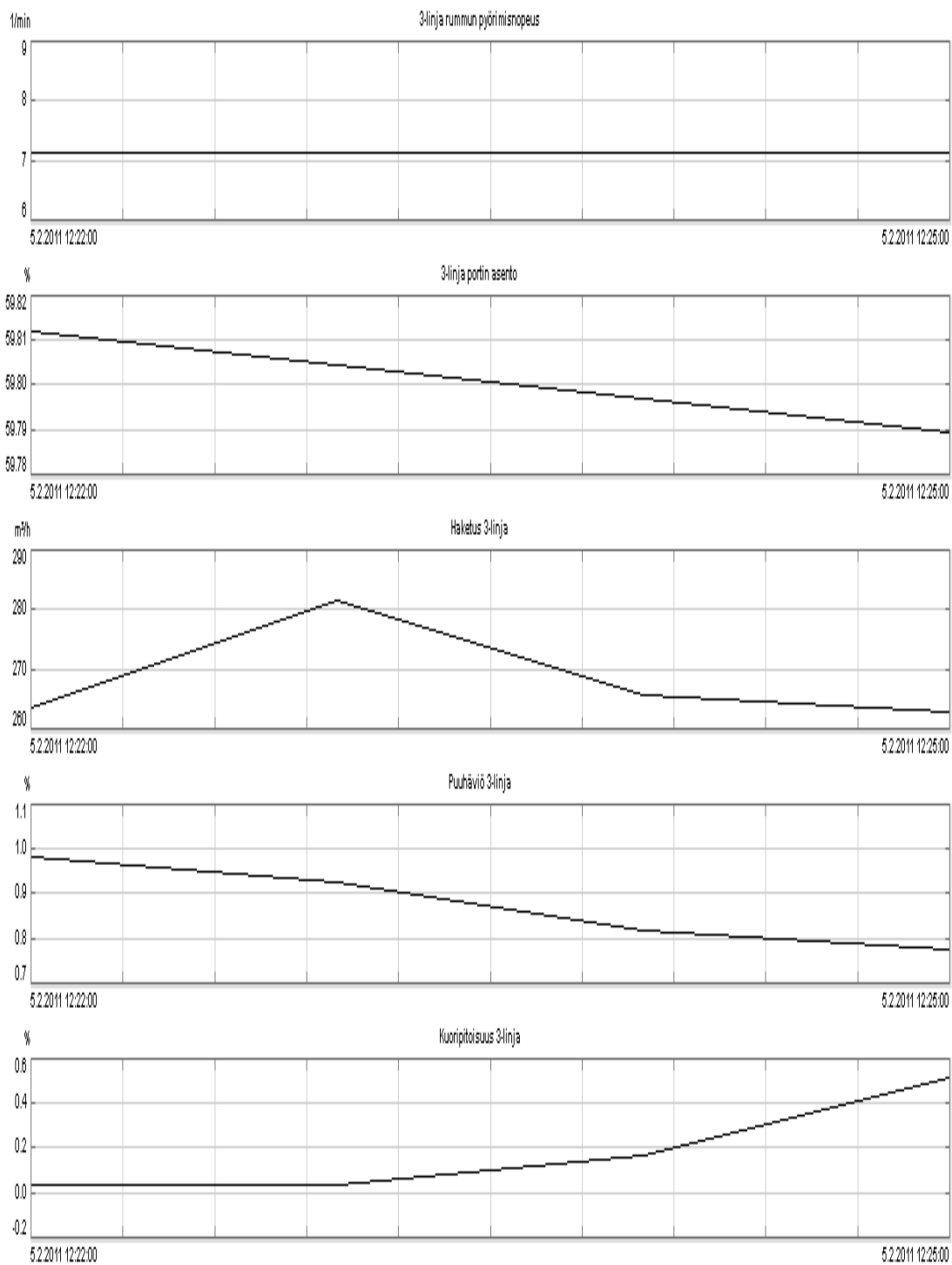
- /10/ Iggesund Tools
<http://www.eurocon.se/en/products/analyzer/scanchip/> Luettu.
25.03.2011
- /11/ Stora Enso
<http://www.storaenso.com/about-us/mills/finland/imatra-mills/Pages/welcome-to-imatra-mills.aspx>
- /12/ Imatran Tehtaat – power point esitys : Stora Enso intranet
- /13/ Imatran sellun puunkäsittelyn lyhyt kuvaus : Stora enso intranet
- /14/ Nordstand
<http://www.nordstand.com/upload/NSP/SCAN-test%20Methods/Series%20C/CM%2040-01.pdf>



Kuorimon prosessiolosuhteet ohuen koivun koeajon aikana.

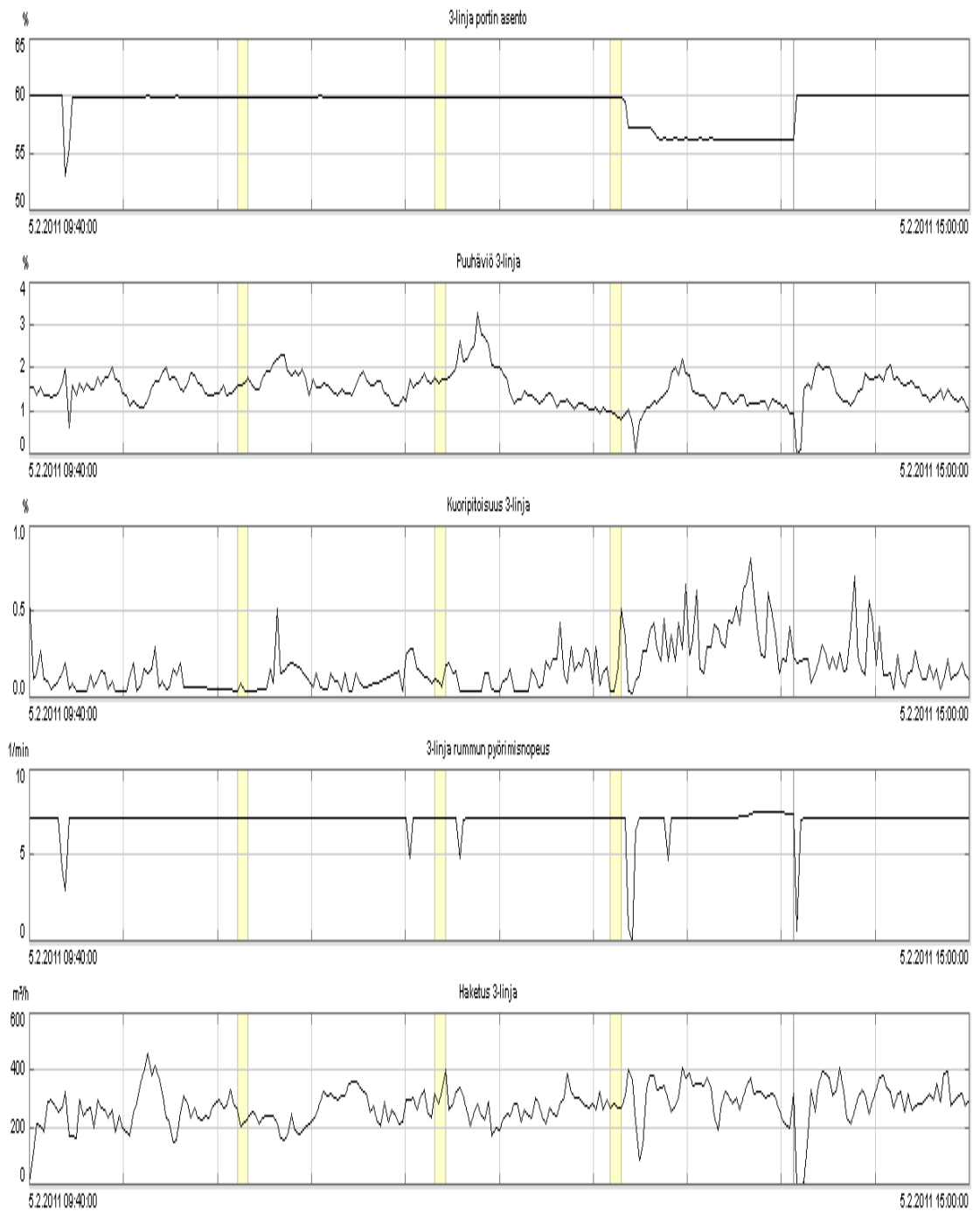


Kuorimon prosessiolosuhteet sekalaisen koivun koeajon aikana.



Kuorimon prosessiolosuhteet järeän koivun koeajon aikana.

LIITE 1
4(4)



Kuorimon prosessiolosuhteet koeajopäivän ajalta. Korostetus kohdat ovat analysointi koeajojen video analysointi ajat.

Mittaus	Keskiarvo	Hajonta	Maksimi	Minimi
Haketus 3-linja, m ³ /h	271,5	69,61	452,7	0
3-linja portin asento, %	59,19	1,452	60,03	52,89
Puuhäviö 3-linja, %	1,481	0,4085	3,289	0
Kuoripitoisuus 3-linja, %	0,1669	0,1469	0,8076	0,02317
3-linja rpm, 1/min	7,002	0,8253	7,5	

Liitteen 1. 4(4) kuvaajista lasketut arvot.

LIITE 2
1(10)

JAE, %	OHUT	SEKA	JÄREÄ
> 45 mm	3,0 ± 1,4	2,9 ± 1,0	3,1 ± 1,3
> 8 mm rako	9,2 ± 1,7	8,0 ± 1,3	8,1 ± 1,9
> 13 mm, Iso aksepti	77,5 ± 3,0	76,6 ± 2,6	77,0 ± 2,8
> 7 mm, pieni aksepti	7,3 ± 1,3	8,2 ± 1,2	7,6 ± 0,9
> 3 mm	2,7 ± 0,9	3,7 ± 1,2	3,5 ± 0,8
Puru	0,4 ± 0,1	0,6 ± 0,2	0,7 ± 0,2

Kaikkien hakenaytteiden seulontatulokset.

STORAENSO OYJ IMATRAN PUUTERMINAALI		1	2	3	4	5	6	7
		HAKESEULONTALOMAKE						
		KAP-HAKE						
PVM	05.02.11							
Kb VUORO	10.35.00	10.35.30	10.36.00	10.36.30	10.37.00	10.37.30	10.38.00	
LINJA	3-linja							
PUULAJI	Koivu/ohut							
AJETUT M3	220							
> 45 MM	157,0	132,4	71,5	75,6	68,5	201,8	242,7	
> 8 MM RAKO	367,7	427,0	319,1	382,9	293,5	378,9	355,0	
> 13 MM	2840,0	3517,9	3877,7	3705,5	3228,3	3815,2	3455,4	
> 7 MM	360,6	335,7	377,6	321,7	297,4	322,2	236,7	
> 3 MM	193,3	119,8	117,3	100,4	72,1	136,6	65,9	
< 3 MM	17,3	15,1	15,0	14,8	10,3	19,7	9,5	
YHTEENSÄ	3929,9	4547,0	4777,6	4600,8	3970,0	4924,4	4364,5	
KUIVA-AINE								
SEULOJA								
TALLENTAJA								

Seulonta tulokset. Ohut koivu.1/3

STORAENSO OYJ IMATRAN PUUTERMINAALI	HAKESEULONTALOMAKE				KAP-HAKE			
	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	
PVM	05.02.11							
VÄRÖ	10.38.30	10.39.00	10.39.30	10.40.00	10.40.30	10.41.00	10.41.30	
LINJA	3-linja							
PUULAJI	Kokoyläht							
AJETUT M3								
> 45 MM	53,1	155,3	46,6	76,2	164,5	71,7	193,4	
> 8 MM RAKO	228,5	447,0	483,8	396,9	529,7	273,4	498,2	
> 13 MM	2370,9	7633,4	2938,7	3786,8	3394,5	3518,6	3499,3	
> 7 MM	288,6	344,7	304,5	349,4	407,0	290,3	350,8	
> 3 MM	110,2	727,8	103,2	994,2	149,4	96,2	137,4	
< 3 MM	15,3	19,3	14,5	16,7	27,1	11,5	79,1	
YHTEENSÄ	3068,6	4715,5	3891,3	4740,1	4659,6	4261,7	4612,2	
KUIVA-AINE								
SEULOJA								
TALLENTAJA								

Seulonta tulokset. Ohut koivu.2/3

KAP-HAKE

HAKESEULONTALOMAKE

STORAENSO OYJ

IMATRAN PUUTERMINAALI 15

16

17

18

19

20

PVM	05.02.17							
VUORO	10.42.00	10.42.30	10.43.00	10.43.30	10.44.00	10.44.30		
LINJA	3-linja							
PUULAJI	Koivupohut							
AJETUT M3						290		
> 45 MM	86,8	165,0	89,2	168,0	203,2	194,7		
> 8 MM RAKO	388,3	538,5	280,8	533,9	469,6	265,8		
> 13 MM	3712,0	3406,3	2126,2	3766,2	3668,8	2397,5		
> 7 MM	248,9	409,5	232,1	317,8	191,1	162,6		
> 3 MM	77,0	140,0	125,3	131,9	89,7	44,2		
< 3 MM	11,7	23,8	15,6	26,9	12,0	5,2		
YHTEENSÄ	3924,7	4683,1	2869,3	4944,7	4633,9	3073,0		
KUIVA-AINE								
SEULOJA								
TALLENTAJA								

Seulonta tulokset. Ohut koivu.3/3

KAP-HAKE

HAKESEULONTALOMAKE

STORAENSO OYJ
IMATRAN PUUTERMINAALI 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.

PVM	05.02.2011	11.30.30	17.31.00	17.31.30	11.32.00	17.32.30	17.33.00
VUORO							
LINJA	3-linja						
PUULAJI	Koivu/50/50						
AJETUT M3	420 420						
> 45 MM	110,5	150,6	167,4	90,4	80,2	101,6	151,3
> 8 MM RAKO	298,6	495,7	322,3	381,6	266,2	295,8	380,0
> 13 MM	3872,9	3664,8	3083,9	3687,5	3751,5	3193,2	3469,1
> 7 MM	412,1	365,2	288,8	413,0	484,1	280,1	390,2
> 3 MM	162,0	129,8	102,2	180,3	247,5	170,7	170,6
< 3 MM	23,2	19,6	12,9	28,7	46,5	15,7	20,9
YHTEENSÄ	4879,3	4825,7	3977,5	4781,5	4876,0	3997,2	4582,0
KUIVA-AINE							
SEULOJA							
TALLENTAJA							

Seulonta tulokset. Sekalainen koivu.1/3

PVM	STORAENSO OYJ IMATRAN PUUTERMINAALI 8	9	HAKESEULONTALOMAKE				12	13	KAP-HAKE 14
			10	11	12	13			
	0502.11								
WORO	11.33.30	11.34.00	11.34.30	11.35.00	11.35.30	11.36.00	11.36.30	11.36.30	
LINJA	3-linja								
PUULAJI	Koivu/50/80								
AJETUT M3									
> 45 MM	16.1 ⁽¹⁰⁰⁾ ₍₁₃₅₎	135,7	64,8	100,7	74,9	163,3	178,1		
> 8 MM RAKO	450,1	324,1	461,5	362,9	334,9	342,1	339,5		
> 13 MM	3398,3	3567,3	4116,9	4018,3	2942,0	2433,2	3804,6		
> 7 MM	262,9	465,2	413,0	374,3	402,0	350,5	390,0		
> 3 MM	95,4	217,3	171,3	167,8	264,3	235,1	187,7		
< 3 MM	15,3	39,2	21,7	23,2	33,2	33,2	39,4		
YHTEENSÄ	4238,2	4740,8	5249,2	5047,2	4051,3	3557,4	4933,3		
KUIVA-AINE									
SEULOJA									
TALLENTAJA									

Seulonta tulokset. Sekalainen koivu. 2/3

PVM	05.02.17								
VUORO	11.3700	17.3750	11.3800	11.3830	17.39.00	11.39.30			
LINJA	3-linja								
PUULAJI	Koivu/5450								
AJETUT M3						530			
> 45 MM	150,3	185,8	100,6	150,7	133,0	189,6			
> 8 MM RAKO	396,7	393,4	433,7	399,1	408,7	382,3			
> 13 MM	3547,6	3638,3	3617,4	4237,5	3674,3	3933,0			
> 7 MM	276,6	350,9	395,0	448,7	415,2	436,3			
> 3 MM	94,6	110,7	157,7	277,2	187,9	170,2			
< 3 MM	13,5	16,1	37,5	35,6	29,4	27,5			
YHTEENSÄ	4473,2	4681,2	4735,9	5482,8	4848,5	5758,9			
KUIVA-AINE									
SEULOJA									
TALLENTAJA									

STORAENSO OYJ IMATRAN PUUTERMINAALI	HAKESEULONTALOMAKE				KAP-HAKE		
	1	2	3	4		5	6
PVM	05.02.2011	05.02	05.02	05.02	05.02	05.02	05.02
VUORO	12.22.00	12.22.30	12.23.00	12.23.30	12.24.00	12.24.30	12.25.00
LINJA	3-linja	3-linja					
PUULAJI	koivu/Järeä	koivu/Järeä					
AJETUT M3	680						
> 45 MM	91,3	177,6	22,3	205,4	185,4	109,4	147,1
> 8 MM RAKO	437,3	431,9	770,8	541,5	339,7	293,5	345,3
> 13 MM	3789,0	3922,3	2892,7	4237,5	3800,4	3904,2	4076,8
> 7 MM	426,8	389,7	238,2	389,9	298,9	235,1	426,5
> 3 MM	210,2	174,0	117,9	137,3	128,6	68,4	224,7
< 3 MM	42,9	33,1	22,2	32,3	22,5	12,6	45,5
YHTEENSÄ	4997,56	5128,6	2869,6	5573,8	4859,2	4623,2	5265,9
KUIVA-AINE							
SEULOJA							
TALLENTAJA							

Seulonta tulokset. Järeä koivu 1/3

STORAENSO OYJ
IMATRAN PUUTERMINAALI 8 9 10 11 12 13 14
KAP-HAKE

HAKESEULONTALOMAKE

PVM	05.02.11	05.07	05.02	05.02	05.02	05.02	05.02	05.02	05.02
4/0 VUORO	12.25.30	12.26.00	12.26.30	12.27.00	12.27.30	12.28.00	12.28.30		
LINJA	3-linja								
PUULAJI	koivu/järeä								
AJETUT M3									
> 45 MM	115,9	203,5	213,5	120,4	280,5	87,0	306,5		
> 8 MM RAKO	451,2	433,0	481,7	455,7	485,6	370,3	771,5		
> 13 MM	3679,4	4167,0	3889,4	3961,9	3495,0	3751,6	4340,0		
> 7 MM	365,4	447,1	349,3	389,7	324,6	402,9	434,4		
> 3 MM	187,7	253,2	180,6	176,7	199,2	218,9	212,1		
< 3 MM	40,7	67,5	39,4	36,7	28,1	43,8	47,5		
YHTEENSÄ	4833,6	5571,3	5759,9	5141,1	4653,0	4874,5	6706,0		
KUIVA-AINE									
SEULOJA									
TALLENTAJA									

Seulonta tulokset. Järeä koivu 2/3

STORAENSO OYJ IMATRAN PUUTERMINAALI	HAKESEULONTALOMAKE					KAP-HAKE
	15	16	17	18	19	
PVM	05.02.11					
⁶¹⁰ VUORO	1229,00	12.29.30	12.30.00	12.30.30	12.31.00	12.31.30 12.34 (Linn. S&S)
LINJA	3-linja					
PUULAJI	koivu/järeä					
AJETUT M3						800
> 45 MM	180,3	96,5	165,0	197,9	183,7	63,4
> 8 MM RAKO	287,6	356,3	302,1	508,6	453,3	293,4
> 13 MM	3849,8	4102,7	3927,1	4817,7	3145,0	3753,1
> 7 MM	448,7	407,4	445,8	421,9	315,6	392,6
> 3 MM	217,8	195,0	183,7	193,4	124,1	174,3
< 3 MM	35,5	36,4	35,7	44,2	21,5	31,8
YHTEENSÄ	5019,7	5194,3	5065,3	6777,1	4243,2	4708,6
KUIVA-AINE						
SEULOJA						
TALLENTAJA						

Seulonta tulokset. Järeä koivu. 3/3

