

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikan ala Lappeenranta
Prosessitekniikan koulutusohjelma

Mikko Nurminen

Hylyn määrän optimointi

Opinnäytetyö 2015

Tiivistelmä

Mikko Nurminen

Hylyn määrän optimointi, 63 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikan ala Lappeenranta

Prosessitekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö 2015

Ohjaajat: yliopettaja Pasi Rajala, Saimaan ammattikorkeakoulu, Technical Customer Service Engineer Jyrki Stolt, Heinola Fluting

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin hylyn määrän optimointia Heinola Fluting-tehtaalla. Työ kohdistui Heinolan kiinnirullaimeen ja konerullan ajotapoihin. Työssä tutkittiin nollattavan sädemittauksen ja pituusmittauksen mahdollista hyödyntämistä konerullan ajossa ja niiden vaikutusta hylyn määrään.

Opinnäytetyö keskittyi kartonkikoneen käynnistykseen sekä katko- ja häiriötilanteisiin. Työn alussa perehdyttiin flutingiin, Heinola Flutingin kartonkikoneeseen sekä kiinnirullaimen toimintaperiaatteeseen.

Opinnäytetyön lopputuloksena voidaan todeta hylyn määrän alenevan nollattavan sädemittauksen tai pituusmittauksen käytöllä.

Asiasanat: kiinnirullain, konerulla, pituusmittaus, fluting

Abstract

Mikko Nurminen

Optimization of the Amount of Broke, 64 pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology, Lappeenranta

Process Engineering

Bachelor`s Thesis 2014

Supervisor: Dr. Pasi Rajala, Principle Lecturer, Saimaa UAS

Instructor: Mr Jyrki Stolt, Technical Customer Service Engineer, Heinola Fluting

This thesis explores the optimization of the amount of broke in Heinola Fluting Mill. The work focuses on Heinola´s machine reel and the machine roll driving. Thesis explores the possibility to use resettable radiation measurement and length measurement on the reeler and their effects on the amount of the broke.

The study focuses on board machine start-ups, breaks and fault situations. Fluting, Heinola Fluting board machine and operation of the machine reel were familiarized with in the beginning of the study.

The purpose was to study the use of the resettable radiation measurement and length measurement on the machine reel and their effects on the amount of the broke. The final results of the thesis show that the broke amount can be reduced.

Keywords: machine reel, machine roll, length measurement, Fluting

Sisällys

Termit.....	6
1 Johdanto	7
2 Yrityksen esittely	8
2.1 Stora Enso.....	8
2.2 Stora Enso Heinola Fluting	9
3 Fluting.....	11
3.1 Flutingin käyttö.....	11
3.2 Flutingin ominaisuudet ja koestukset	12
4 Kartonkikone	14
4.1 Kartonkikoneen rakenne	14
4.2 Lyhyt kierto	15
4.3 Perälaatikko	16
4.4 Viiraosa.....	18
4.5 Puristin.....	20
4.6 Kuivatusosa	21
5 Kartonkikoneen kiinnirullain	23
5.1 Kiinnirullain	23
5.2 Pope-rullain	24
5.3 Toisen sukupolven rullaimet	26
6 Rullausparametrit.....	27
6.1 Yleistä.....	27
6.2 Viivakuorma.....	28
6.3 Rainan kireys.....	29
6.4 Kehävoima.....	30
7 Rullaustapahtuma ja konerullarakenne	31
7.1 Rullaustapahtuma.....	31
7.2 Konerullan rakenne.....	32
7.3 Konerullassa vaikuttavat voimat	34
8 Hyötysuhde	36
8.1 Yleistä.....	36
8.2 Materiaalihyötysuhde.....	37
8.3 Aikahyötysuhde	38
9 Flutingin rullausviat ja ajettavuusongelmat	38
10 Kokeellinen osa.....	42
11 Hylyn määrän optimointi	42
11.1 Konerullan kokoon vaikuttavat tekijät.....	42
11.2 Hylyn syntyminen konerullaan ja konerullan katkojen aiheuttama hylky	44
12 Konerullan luistaminen ja kaatuminen	45
12.1 Luistaminen	45
12.2 Kaatuminen	45
13 Nykytilanne ja konerullan katkot.....	47
13.1 Nykytilanne	47
13.2 Konerullan katkojen aiheuttamat karvit	48
13.2.1 Etukarvi	48
13.2.2 Takakarvi.....	49
13.2.3 Pikakarvi.....	50
14 Hylyn määrän optimointi nollattavan säteen tai pituusmittauksen käytöllä ...	51

14.1 Alkutilanne	51
14.2 Nollattava sädemittaus	51
14.3 Pituusmittaus	52
14.4 Hyllyn määrän optimointi kartonkikoneen eri tilanteissa	53
14.4.1 Kartonkikoneen käynnistykset	53
14.4.2 Häiriötilanteet	54
14.4.3 Katkotilanteet.....	54
15 Pituusleikkurilla syntyvien hylkyrullien käsittely.....	55
15.1 Hylkyrulla	55
15.2 Hylkyrullan lähettäminen pakkaamoon ja varastoon.....	56
15.3 D-taso	56
15.4 Hylkyrullan kuljetusvaunu	57
16 Hyllyn määrän optimoinnin tuomat edut.....	57
17 Kannattavuuslaskelmat	58
17.1 Yleistä.....	58
17.2 URK- rullien määrän tarkastelu.....	58
17.3 Konerullan tuotannon ajoajan tehostuminen.....	59
18 Yhteenveto ja pohdinta	59
Kuvat.....	61
Taulukot	61
Lähteet.....	62

Termit

Fluting	Aallotuskartonki
Flokki	Kuitukimppu
Kartonkikone	Flutingia tuottava kone
Karvi	Ratojen liitoskohta
Lusaus	Fluting rullan päällimmäisten kerrosten poisto
Muutto	Konerullasta leikattu rullasarja
Nippi	Telaparin muodostama väli
Pulpperi	Säiliö jossa lietetään kiinteää materiaalia takaisin pumpattavaan muotoon valmistusprosessien uudelleenkäyttöön
Rullausparametrit	Rainan kireys, viivakuorma ja kehävoima
Rata	Kartonkikoneella muodostuva fluting
NSSC	Puolikemiallinen neutraalisulfiittiprosessi (Neutral Sulphite Semi Chemical)
CLC-linja	Leikkuujätelinja (Clean Clippings)
Trimmi	Asete, Ajo-ohjelma pituusleikkurilla
Sulppu	Kuituvesiseos
Tampuuri	Metallisylinteri jonka ympärille fluting rullataan
URK	Uudelleenrullauskone
Viivapaine	Puristimen puristuksen voimakkuuden mitta kN/m

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia hyllyn määrän optimointia Stora Enso Heinola Fluting -tehtaalla. Työn teettäjänä on Stora Enso Heinola Fluting. Hyllyn määrän optimointi kohdennetaan kartonkikoneen kiinnirullaimelle ja konerullan muodostumiseen.

Hyllyn määrän optimointimahdollisuuksia halutaan tutkia, koska on huomattu nykytilanteen synnyttävän turhaan ylimääräistä hylkyä. Turhaa hylkyä syntyy suoraan kiinnirullaimella konerullaan tai konerullan ajotapojen kautta pituusleikkurilla.

Opinnäytetyö koostuu teoriaosasta ja kokeellisesta osasta. Teoriaosassa käydään ensin läpi Stora Enson konsernia, Heinola Fluting -tehdasta, fluting-teoriaa ja Heinolan kartonkikoneen pääosat. Tämän jälkeen tarkastellaan tarkemmin kiinnirullaimen rakennetta, rullausparametrit, rullaustapahtuma ja konerullan rakenne. Lopuksi käsitellään hyötysuhteen merkitystä ja rakennetta.

Työn kokeellisessa osassa tutkitaan Heinola Flutingin konerullan muodostumista ja nykyisen kiinnirullaimen ajomallin vaikutusta hyllyn määrään. Työssä keskitytään kartonkikoneen käynnistyksien aiheuttamaan suoraan hylkyyn sekä konerullan katkojen aiheuttamaan hylkyyn. Työssä on esitetty kaksi vaihtoehtoa hyllyn määrän optimoinnin toteuttamiseksi, nollattava sädemittaus sekä pituusmittaus. Työssä tarkastellaan myös mittautapojen aiheuttamien hylkyrullien käsittelyä. Lopussa käydään läpi kannattavuuslaskelmia.

2 Yrityksen esittely

2.1 Stora Enso

Stora Enso on maailmanlaajuinen paperi-, biomateriaali, puutuote- ja pakkaus-teollisuuden yritys. Henkilöstöä konsernilla on noin 28 000 henkilöä yli 35 maassa. Stora Enson liikevaihto vuonna 2013 oli 10,5 miljardia euroa ja operatiivinen liikevoitto oli 578 miljoonaa euroa. Vuosittainen tuotantokapasiteetti Stora Ensolla on 11,7 miljoonaa tonnia paperia ja kartonkia, kemiallista sellua 5,4 miljoonaa tonnia, aaltopahvia 1,3 miljardia neliometriä aaltopahvia, 5,6 miljoonaa kuutiometriä puutuotteita ja josta 2,9 miljoonaa kuutiometriä on jatkojalosteita. (Stora Enso Oyj 2013.) Kuvassa 1 on Stora Enson Oyj:n virallinen logo.



Kuva 1. Yrityksen logo Stora Enso Oyj (Stora Enso Oyj 2013)

Stora Enson yksiköitä on maailmalla Suomessa ja muualla Euroopassa, Brasi-lissa, Uruguayssa sekä Aasiassa. Sellun, paperin ja kartongin tuottajista Stora Enso on yksi suurimmista. Suurin osa Stora Enson henkilöstöstä työskentelevät Euroopassa, mutta Latinalaisesta Amerikasta on kehittynyt Stora Enson strate-ginen kulmakivi siellä olevan puuviljelmäperäisen sellun ansiosta, joka on hyvin kustannustehokasta. Latinalaisen Amerikan tärkein sellun tuottaja lajike on eu-

kalyptus. Aasissa on hyvin kehittyvät markkinat ja paperin ja kartongin kysyntä on nousussa. Stora Enso on kysynnän vuoksi rakentamassa uutta integroitua kuluttajakartonki- ja sellutehdasta Kiinaan. (Stora Enso Oyj 2013.)

2.2 Stora Enso Heinola Fluting

Heinola Fluting on Stora Enso Oyj:n yksi kartonkitehtaista. Heinola Fluting valmistaa korkealaatuista puolikemiallista sellua, josta prosessissa muokkautuu aallotuskartonkia eli flutingia. Tehdas on perustettu jo vuonna 1960, mutta silloin se toimi 30 vuotta Tampellan omistuksessa. Vuonna 1993 omistus tuli Enso Gutzeit Oy:lle. Varsinaisesti Tehdas siirtyi Stora Enso Oyj:lle 1998. Tehtaan johtajana toimii Ari Tanninen.

Tehtaalla on yksi kartonkikone jonka leveys on 6000 mm ja maksiminopeus on 850 metriä minuutissa. Tehtaan tuotantokapasiteetti on 300 000 tonnia aallotuskartonkia vuodessa ja tehdasalueella työskentelee tällä hetkellä noin 175 henkilöä. Kuvassa 2 on ilmakuva Heinola Fluting tehdasalueesta. (Stora Enso Oyj 2014.)



Kuva 2. Heinola Flutingtehdas (Stora Enso flutingtehdas 2014)

Raaka-aineena Heinola Fluting -tehtaalla käytetään omaa sellua, joka valmistuu kartonkitehtaaseen integroidussa sellutehtaassa. Nykypäivänä käytetään neitseellistä lyhytkuituista puolikemiallista NSSC-lehtipuumassaa (Neutral Sulfite Semi Chemical), pääasiassa koivua. Puukuitua saadaan metsien harvennuksista, mutta valmistuksessa käytetään myös, vaneri-, saha-, sekä haketta. Lisä-

massana käytetään CLC-linjalta tuotettua sellua eli aaltopahvitehtaan puhdasta leikkujätettä (Clean Clippings). (AVI ympäristölupa; Stora Enso Flutingtehdas 2014.)

Kuorimolle puu tulee pääasiassa kuorimattomana kuitupuuna joka kuoritaan ja haketetaan tehtaankuorimolla. Kuorinta tapahtuu kuorimarummussa märkäkuorintana. (AVI ympäristölupa a 2013.)

Lehtipuomassan valmistus tapahtuu neljällä jatkuvatoimisella putkikeittimellä. Keitto tapahtuu korkeassa paineessa 10- 11bar ja 185-188°C lämpötilassa. Keittimen viipymäaika on noin 20 minuuttia. Puolisellun saanto on suhteellisen korkea, noin 80 %, joten 20 % puusta liukenee keittoliuokseen. Keittoliuoksessa vaikuttava kemikaali on natriumsulfiitti. Tämän lisäksi keittoliuos sisältää natriumkarbonaattia/-hydroksidia, joilla pyritään neutraloimaan puuhappoja. (AVI ympäristölupa a 2013.)

NSSC:n valmistuksessa lehtipuun hemiselluloosapitoisuus säilyy suhteellisen suurena, mikä tuo flutingille hyvän jäykkyyden sekä tyssäslujuuden. Hemiselluloosan korkean pitoisuuden mahdollistaa keiton neutraalisuus. Puolikemiallinen fluting säilyttää myös kosteissa olosuhteissa hyvin jäykkyytensä verrattaessa esimerkiksi kiertokuituflutingiin. (Laakso & Rintamäki 2003, 30.)

Keittoprosessin jälkeen massa on vielä lähes hake muodossa. Massa kuidutetaan (mekaanisesti) ennen pesua. Kuidutettu massa pestään vastavirtapesuna kaksivaiheisesti. Tämä pesty massa varastoidaan sakeamassatorniin. Sakeamassatornista massa ohjataan jauhatukseen, jonka kautta massa kulkee kartonkitehtaalte flutingin valmistukseen. Massaa ei valkaista prosessissa. (AVI ympäristölupa a 2013.)

Heinolassa on flutingtehtaalla erillinen lisämassa CLC-linja. Linjalla aaltopahvin leikkujäte jauhetaan ja yhdistetään jauhettuun puoliselluun. Leikkujäte pulperoidaan ja puhdistetaan ennen jauhatusta. Kuidut erotetaan pulpperoinnissa toisistaan. Pulpperointi tapahtuu veden ja mekaanisten voimien avulla. (AVI ympäristölupa a 2013.)

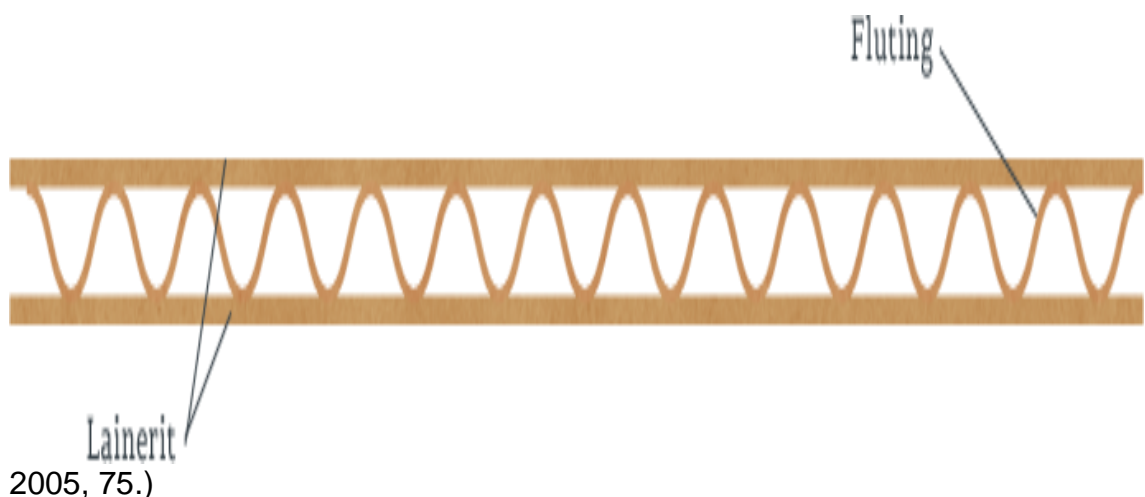
Heinolan tehtaalla on yksi kartonkikone jolla valmistetaan flutingia. Kartonkikoneelta valmistuu konerullia jotka ohjataan pituusleikkurille. Pituusleikkurilla konerullista leikataan asiakkaan tilaamia rullia. Pituusleikkurilta tilausrullat ohjataan pakkaamoon ja sieltä tuotevarastoon, mistä rullat kuljetetaan vientisatamaan tai suoraan asiakkaalle. (AVI ympäristölupa a 2013.)

Heinolan Flutingtehtaalle myönnettyjä sertifikaatteja ovat ISO 22000 tuoteturvallisuusjärjestelmä, OHSAS 18001 työturvallisuus- ja työterveysjärjestelmä, ISO 14001 ympäristöjärjestelmä, ISO 9001 laatujärjestelmä ja PEFC puun alkuperän hallintajärjestelmä sekä FSC.

3 Fluting

3.1 Flutingin käyttö

Flutingia käytetään aaltopahvin rakenneosana. Fluting on aaltopahvin aallotetukerros tai kerrokset (Kuva 3). Yksi aaltoinen aaltopahvi on yleisin aallotyyppi jota valmistetaan. Fluting tehtävänä on pitää valmistetun aaltopahvin lainerit erillään toisistaan. Aaltopahvin rakenteen on vastustettava mahdollisimman paljon reunaan kohdistuvaa pinnan suuntaista puristusvoimaa. Fluting ehkäisee aaltopahvi pakkauksen kasaan painumista. (Hägglom-Ahnger & Komulainen



Kuva 3. Flutingin sijainti aaltopahvissa (Aaltopahvi)

Valmiilta aaltopahvipakkaukselta vaaditaan hyvää tuotteen suojaamista, muodonmuutosten ehkäisemistä kosteissa olosuhteissa sekä kestävyyttä lämpötilavaihteluiden yhteydessä. Käyttökohteita aaltopahvipakkauksille ovat hedelmä- ja vihannespakkaukset, ruoka- ja juomakuljetuspakkaukset, elektroniikkapakkaukset ja vahvat pakkaukset. (Storaensopack 2014; Aaltopahvi.)

Taloudellisista syistä flutingin valmistuksessa käytetään myös keräyskuituja. Valmistusprosessissa sulppu jauhetaan ja epäpuhtaudet poistetaan. Epäpuhtaudet voivat aallotusvaiheessa aiheuttaa esimerkiksi halkeamia aalloissa ja alentaa kartongin RCT- (puristuslujuus) ja CMT- arvoja (aallotetun kartongin jäykkyyttä kuvaava arvo). (Puusta paperiin M-504 1997,248.)

3.2 Flutingin ominaisuudet ja koestukset

Flutingilta vaadittavia ominaisuuksia on useita muodostaen kokonaisuuden. Tärkeimpiä ominaisuuksia ovat flutingin ajettavuus aallottajalla, hyvä liimautuvuus ja jäykkyys. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 75; Storaensopack 2014.)

Ajettavuus on yksi flutingin tärkeimmistä ominaisuuksista. Flutingin on kestävä murtumatta siihen kohdistuvat jännitykset aallottajalla ja muotouduttava vaivattomasti aallotustelojen välissä ja säilytettävä muotonsa. Aallotusvaiheessa flutingiin kohdistuu taivutus-, veto-, ja leikkausvoimia. Murtumista aalloitusvaiheessa synnyttää taivutusvoima. Taivutusvoimaa tapahtuu aallotustelojen nipissä eli labyrintissä. Tätä murtumista voidaan estää höyrytyksellä ja esilämmityksellä. Höyrytys ja lämmitys laskevat kimmokerrointa, jolloin murtumisen todennäköisyys pienenee. (Jäkärä, 1998,4; Laakso & Rintamäki 2003, 30)

Flutingilla on oltava tasainen ja oikea kosteuspitoisuus, sekä tasainen poikkirandan neliömassa ja paksuus. Ajettaessa aallottajalla korostuu flutingin alhaisen pintakitkan ja hemiselluloosan merkitykset. Flutingin ajettavuudelle ei ole muita varmoja testausmenetelmiä, kuin todellinen ajo koneolosuhteissa.(Laakso & Rintamäki 2003, 30.)

Liimautuvuus on osa flutingin ajettavuutta. Flutingin liimautuvuus on tärkeää aaltopahvin valmistuksessa. Alkutarttumiselle (green bond) aallottajalla jää ai-

kaa muutama millisekunti korkeilla nopeuksilla. Liimana käytetään pääasiassa tärkkelysliimaa, koska se on helposti kierrätettävää, halpaa ja se luo myös vahvan sauman. Liimautuvuus flutingilla on yleensä erinomaista, koska se on huo-koista materiaali. (Laakso & Rintamäki 2003, 30.)

Liimautuvuutta heikentää jos aaltopahviin jää matalia aaltoja. Matalat aallot ovat irti lainerista. Tätä kutsutaan high-low-ilmiöksi. Tämä aiheuttaa ongelmia jäykkyydessä, ulkonäössä ja painettavuudessa. (Jäkärä 1998,4.)

Jäykkyys on flutingin yksi tärkeistä ominaisuuksista. Sen avulla saadaan aikaan kevyt ja tukeva pakkaus. Aallotuskartongin jäykkyys neliömassan pysyessä samana riippuu pääasiassa massan laadusta. Jäykkyyteen voidaan vaikuttaa kuitujen suuntautumisella. Valmistusprosessia voidaan kontrolloida kuitujen suuntautumista säätämällä rainan kuivatusjännityksiä ja sulpun jauhatusta tai bulkkia. Aallotetun flutingin jäykkyydellä on oleellinen merkitys valmistetun kartonkipakkauksen pinoamiskestävyydelle. (Paperin valmistus 1983, 380; Laakso & Rintamäki 2003, 30.)

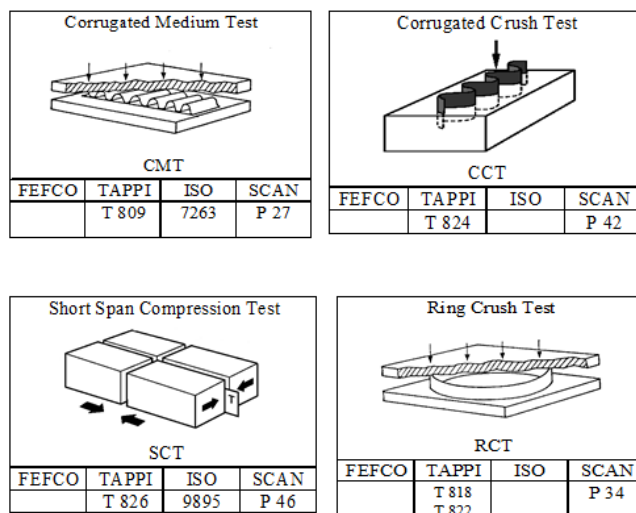
Neliömassa g/m² on flutingin yksikköpinta-alan massa eli grammaa (g) per neliömetri (m²). Neliömassaan sisältyy kartongin kuiva-aines ja vesi. Neliömassan vaihtelut vaikuttavat kartongin ominaisuuksiin. Flutingia ajetaan monissa eri neliömassaluokissa, riippuen tulevan pakkauksen käyttötarkoituksesta. Heinola Fluting valmistaa neliömassaltaan 110 g/m², 127 g/m², 140 g/m², 150 g/m², 160 g/m², 175 g/m² ja 200 g/m² olevia aallotuskartonkeja. Neliömassa alue flutingilla on yleisesti 100 g/m²-200 g/m². (Laakso & Rintamäki 2003, 30.)

Ominaisuuksien tasaisuus on prosessissa hyvin tärkeää ja näin myös neliömassan tasaisuus. Neliömassan vaihtelut voidaan jakaa konesuunnan vaihteluihin, poikkisuunnan vaihteluihin, satunnais- eli jäännösvaihteluihin (kokonaisvaihteluista vähennetään konesuunnan ja poikkisuunnan vaihtelut) ja vaihtelut toimituserästä toiseen (harvinaisia nykyisin). (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 78.)

Koestukset

Koetuksilla selvitetään valmiin flutingin ominaisuuksia. Flutingin eri ominaisuuksien mittaukset ovat tärkeä osa laadunhallintaa ja tuotteen haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi. Laboratorio- ja tutkimustoiminnan perustana on menetelmäjärjestelmä joka mahdollistaa vertailun eri laboratorioiden välisissä tuloksissa. Pohjoismaissa ja Suomessa käytetään yleisesti SCAN tai TAPPI laadunhallinnan menetelmiä. (Puusta paperiin M-103 1981, 52.)

Flutingin perustietoja ovat neliömassa, paksuus, tiheys, vesipitoisuus ja suhteellinen kosteus. Flutingin tärkeimpiä ominaisuuksia, joita koetusmenetelmillä testataan perustietojen lisäksi, ovat mekaaniset ominaisuudet. Heinolassa keskeisimmät laadun testausmenetelmät ovat CMT (Corrugated Medium Test), CCT (Corrugate Crush Test), SCT (Short Span Compression Test) ja RCT (Ring Crush Test). (Puusta paperiin M-504 1997, 251; Heinola Fluting 214.) Kuvassa 4 on havainnollistettu laadun testausmenetelmät.



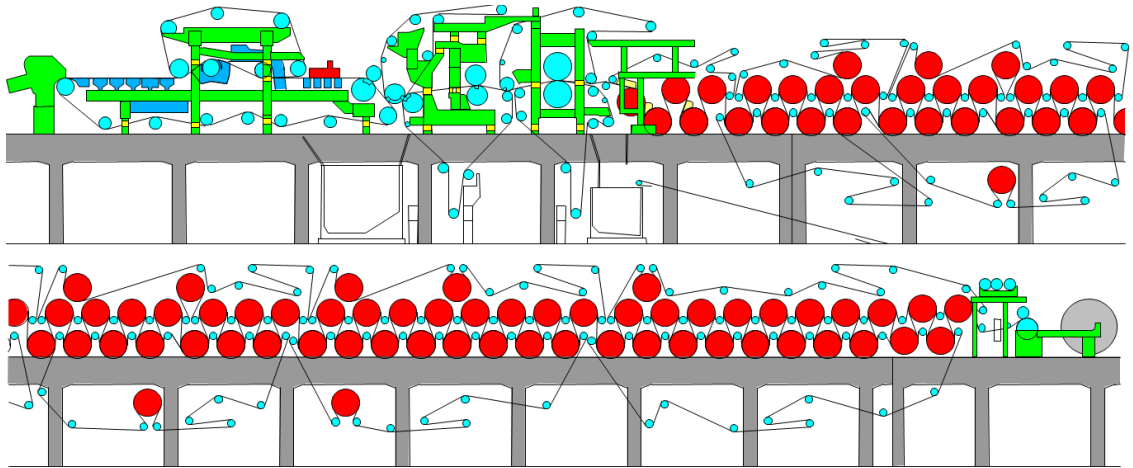
Kuva 4. Laadun testausmenetelmät (Heinola Fluting 2014)

4 Kartonkikone

4.1 Kartonkikoneen rakenne

Kartonkikoneen rakennetta ohjaa tuotteen käyttötarkoitus. Kartongeilta halutaan yleensä suurta neliömassaa ja kerroksellisuutta, mutta esimerkiksi fluting on rakenteeltaan yksikerroksinen. Nämä tekijät asettavat omat vaatimuksensa kartonkikoneille. Kartonkilajien moninaisuus on suurta ja se johtaakin lukuisiin eri ratkaisuihin kartonkikoneilla.

Kartonkikone on iso kokonaisuus johon kuuluu useita vaiheita. Kartonkikone voidaan jakaa pääosiin joita ovat perälaatikko, rainanmuodostus viiraosalla, puristus ja kuivaus. Viimeisenä osana kartonkikoneetta on kiinnirullain. Pääasialliset erot kartonkikoneiden välillä tulevat rainanmuodostuksessa. Rainanmuodostuksessa voi olla useita perälaatikoita ja viiroja riippuen vaadituista kerroksista ja ajettavista neliömassoista. (Puusta paperiin M-504 1997, 43.) Kuvassa 5 on periaatekuva Heinola Flutingin kartonkikoneesta.



Kuva 5. Kartonkikoneen periaatekuva (Heinola Fluting)

Heinolan kartonkikone on tasoviira kartonkikone, jossa on laimennussäädöllä varustettu hydraulinen perälaatikko. Tasoviiralla on myös yläpuolinen vedenpoistoyksikkö jota kutsutaan hybridiformeriksi. Kartonkikoneen mitoitussäädöllä on 6500mm.

4.2 Lyhyt kierto

Lyhyen kierron ensi vaiheessa viiraosalla olevasta massasulpusta suotautunut vesi ohjataan viirasäiliöön. Viirasäiliössä konesäiliöstä tuleva sakeamassa laimennetaan. Sakeamassan sakeus on noin 3 % ja se laimennetaan ennen perälaatikolle pumppaamista. Viiran läpäissyt vesi sisältää kuituja ja täyteaineita, jotka käytetään uudelleen. Suurin osa vedestä kiertää suljettua kiertoa tuoden jatkuvasti uusia kuituja ja täyteaineita viiralle. Lyhytkierto sisältää perälaatikon, viirakaivon, pyörrepuhdistimet, ilmanpoistosihdit ja konesihdit. (Paperin valmistus 1969; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2005, 125.)

Lyhyt kierto asettuu massojen annostelun ja kartonkikoneen väliin. Lyhyen kier-
ron tehtäviä on:

- konemassan laimentaminen perälaatikkosakeuteen
- epäpuhtauksien ja ilman poistaminen
- tasata ja vaimentaa perälaatikoille tulevia häiriöimpulsseja
- retentoida veden kiintoaineet takaisin rainaan ja palauttaa viiralta poistu-
va vesi (Puusta paperiin M-504 1997, 44; Häggblom-Ahnger & Komulai-
nen 2005,125.)

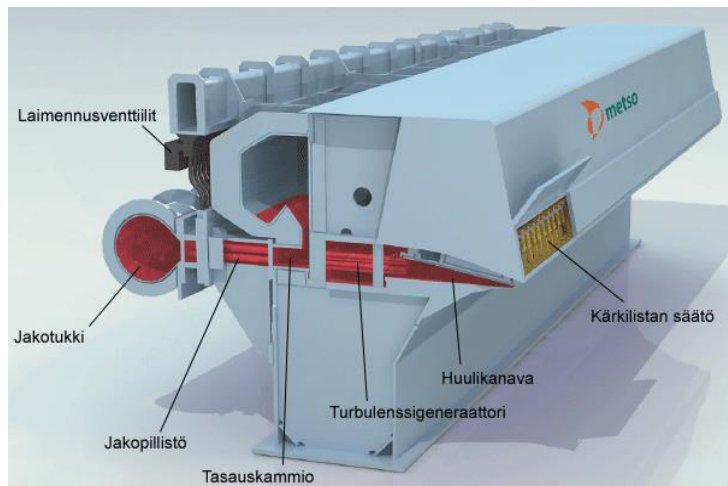
Lyhyellä kierrolla on hyvin kriittinen osa kartonkikoneen lopputuotteen laadussa. Pienetkin muutokset lyhyessä kierrossa voivat aiheuttaa muutoksia lopputuot-
teeseen. Muita vaikutuksia voi olla ylimääriset katkot kartonkikoneella. (Paperin
valmistus 1969,765.)

4.3 Perälaatikko

Perälaatikolla on olennainen tehtävä kartonkikoneessa. Perälaatikoita voi olla
yksi tai useampi yhdessä koneessa riippuen kartongin kerroksien määrästä.
Perälaatikko on ratkaisevassa osassa puhuttaessa kartongin laatuominaisuuksista,
kuten neliömassasta ja kuituorientaatiosta. Yleisempiä perälaatikoita ovat
reikäperälaatikko ja hydraulinen perälaatikko. Muita perälaatikoita ovat toisiope-
rälaatikko, kerrosperälaatikko ja erikoisperälaatikot. (Puusta paperiin M-504
1997,67.)

Aallotuskartongin valmistuksessa käytetään hydraulista perälaatikkoa, koska
tarvittava virtausalue on pieni. Heinola Flutingilla on käytössä laimennussäätöi-
nen hydraulinen perälaatikko. (Valmet.)

Hydraulisen perälaatikon rainan pohjanmuodostus on erilainen kuin reikäperä-
laatikon. Hydraulinen perälaatikko tuottaa pienempää turbulenssia enemmän
virtaavaan sulppuun. Virtauksen turbulenssi saadaan aikaan erikoisrakenteisel-
la putkipatterilla painehäviöiden ja seinämien kitkan avulla. (Puusta paperiin M-
504 1997,67.) Kuvassa 6 on nykyaikaisen hydraulisen perälaatikon rakenneku-
va.



Kuva 6. Rakennekuva nykyaikaisen hydraulisen perälaatikon pääosista (KnowPap 2014)

Perälaatikkoon laimennettu sulppu tulee konesihtien kautta. Perälaatikko suihkuttaa mahdollisimman flokittoman sulpun viiralle koneen leveydeltä. Perälaatikko kiihdyttää sulpun oikeaan nopeuteen ja syöttää sen oikealla paksuudella. Perälaatikon tuottamassa sulpussa kuituaines, hienoaine ja täyteaine ovat tasaisesti jakautuneet ja siinä on sopiva turbulentsisuus suihkutuksessa. Perälaatikon täytyy sietää sulpussa olevia epäpuhtauksia likaantumatta ja tukkeentumatta. Perälaatikon täytyy myös tasoittaa paineen vaihteluita ja sakeutta virtauksessa. (Puusta paperiin M-5041997,64.)

Perälaatikossa sulpun sakeus on vielä alhainen, koska kuiduilla täytyy olla riittävä liikkumisvapaus. Kuidut eivät saa tarttua toisiinsa ja ne pyritään pitämään erillään. Tarttuessaan kuidut eivät jakaudu tasaisesti ja ne muodostavat kimpuja eli flokkeja viiraosalla. Alhainen perälaatikkosakeus parantaa formaatiota pohjanmuodostuksessa viiralla. (Puusta paperiin M-5041997,64.)

Perälaatikon automaatioon kuuluu monien eri parametrien säätö. Perälaatikolla voidaan säätää huulisuihkun ja viiran nopeuseroa, huulisuihkun sakeutta, iskulmaa/kohtaa viiralla ja neliömassan poikkiprofiilia. (Puusta paperiin M-5041997,65.)

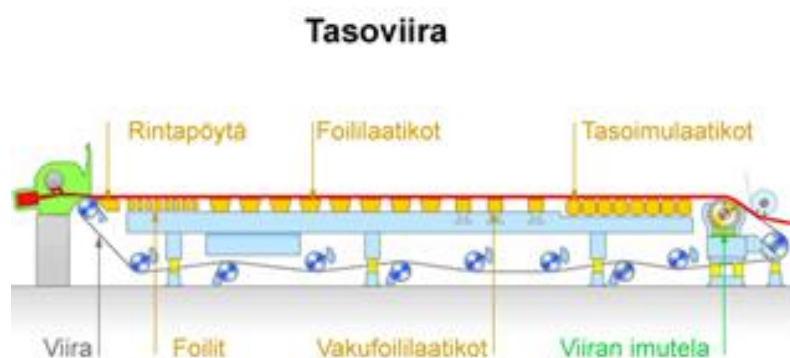
4.4 Viiraosa

Heinolassa on käytössä hybridiformeri. Hybridiformeri on tasoviiran ja kaksoisviirarainaimen yhdistelmä. Tasoviirarakenne on tyypillinen kartonkikoneen viiraosa joiden neliömassat ovat suuria.

Ominaista kaikille paperi- ja kartonkilajeille on että valtaosin tuotteen ominaisuudet määräytyvät jo viiraosalla. Sulppu tulee viiralle perälaatikolta noin 0,2-1,2 % sakeudessa ja viiran jälkeen rainan kuiva-ainepitoisuus on noin 15- 20 %. Eroja viirojen välillä on niiden rakenteissa kuinka nämä tehtävät suoritetaan, mutta päämäärä on sama. Ajettavan tuotteen rakenne ja laatuominaisuudet vaikuttavat viiran rakenteeseen. Yleisesti tärkeimmät tehtävät voidaan määrittellä viiraosalle seuraavasti:

- veden poisto kuitusulpusta
- flokkien hajottaminen sekä uusien flokkien ehkäiseminen
- kuitu- ja täyteaineretentioiden tasaaminen
- rainan siirto puristinosalle oikeassa kuiva-ainepitoisuudessa. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 131.)

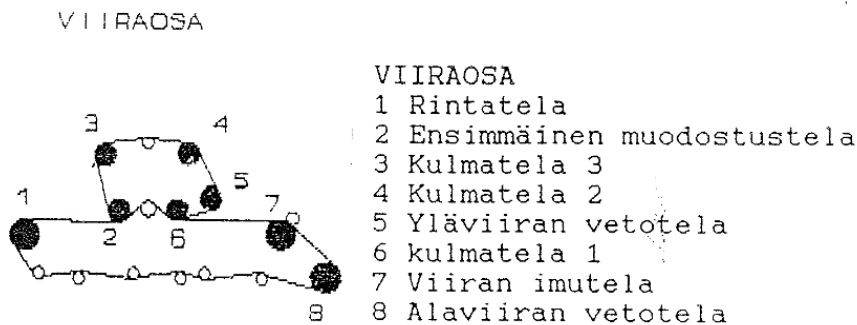
Veden poisto tapahtuu pääasiassa vedenpoistoelimillä, mutta aluksi myös painovoiman avulla. Vedenpoistoon vaikuttavat viiran rakenne, vedenpoistoelimet, viiran nopeus ja jännitys. Veden poistoon vaikuttaa myös ajettavan massan ominaisuudet kuten sakeus, paksuus, lisäaineet ja lämpötila. Kuvassa 7 on perinteinen tasoviira ilman yläpuolista vedenpoistoyksikköä.



Kuva 7. Tasoviira (KnowPap 2014)

Vedenpoisto voidaan tasoviiralla jakaa kolmeen osaan. Ensimmäinen vaihe on veden poistuminen suotautumalla ennen tasoimulaatikoita. Toinen vaihe eli tiivistymisvaihe alkaa suotautumisen lopussa, kun laimea sulppukerros on hävinnyt. Kolmannessa vaiheessa vedenpoisto tapahtuu imemällä ilmaa rainan läpi. Vedenpoistoelimiä ovat, foilit eli päästölisterit, märkäimulaatit, tasoimulaatit ja imutela. Pelkän tasoviiran käyttö aiheuttaa sen, että veden poisto on yksipuoleista. Yksipuoleinen veden poisto johtaa rainan rakenteen epäsymmetrisyyteen. (Smook 2002, 425; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2005, 137.)

Hybridiformerilla nostetaan kuiva-ainepitoisuutta viiraosalla, kun tasoviira ei yksin riitä siihen. Kuvassa 8 on periaatekuva Heinolan hybridiformerista. (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2005,139.)



Kuva 8. Mallikuva Heinolan hybridiformerista (Heinola Fluting)

Hybridiformereiden viirayksiköissä käytetään monenlaisia vedenpoisto elementtejä, kuten formeriteloja, listakenkiä, kuormitettavia listoja ja tasoimulaatikoita. Hybridiformerilla tehty fluting on tasaisempaa, kuin pelkällä tasoviiralla tehty. Täyte- ja hienoaines jakautuvat paremmin sekä paperi on tiiviimpää, mutta tiiviyys riippuu paljon yläviirayksikön vedenpoiston voimakkuudesta. Flutingin formaatio on myös parempi. (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2005,139.)

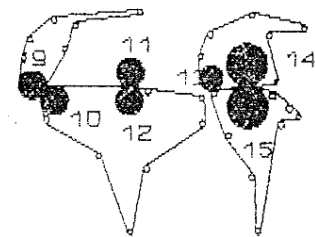
Yläviirayksikön kohdalla massaraina kulkee kahden viiran välissä ja vesi poistuu enimmäkseen ylöspäin. Veden poisto ylöspäin tapahtuu passiivisten keskivälitien avulla tai uusimmissa hybridiformereissa alipaineeseen perustuvilla elementeillä. Rainasta poistetaan vettä ylä- ja alapinnan läpi suhteessa noin 30/70 % viiraosan kokonaisvedenpoistosta. Nykyaikaisissa hybridiformereissa veden poisto voi tapahtua myös aktiivisten alipaineeseen perustuvien elementtien avulla. (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2005,139.)

4.5 Puristin

Viiraosan jälkeen rata ohjataan puristinosalle. Puristinosan päätehtävänä on veden poistaminen rainasta sekä rainan märkälajuuden ja tiheyden kasvattaminen. Samalla flutingin paksuus pienenee, kun tiheys kasvaa. Puristinosalla täytyy saavuttaa riittävä märkälajuus. Riittävä märkälajuus estää flutingin katkeamisen kuivatusosalla. Puristin tyyppinä on useita riippuen ajettavasta kartongin laadusta. Puristinosalla veden poisto tapahtuu paineen avulla, jolla saavutetaan noin 40- 50 % kuiva-ainepitoisuus. Loppu vesi poistetaan kartonkikoneen kuivatusosalla haihduttamalla. Kuivatusosalla säästetään energiaa, jos puristinosalla on mahdollisimman suuri osa vedestä poistettu. Puristus on taloudellisista ja laadullisista syistä hyvin tärkeä vaihe. (Puusta paperiin M-504 1997,91.)

Heinola Flutingilla on käytössä kolme nippinen puristinosa (Kuva 9), jolle rata ohjataan viiralta pick-up telalla. Yhden puristin nipin muodostaa kaksi puristin telaa, joiden välistä raina kulkee. Huopa rainan ja telan välissä kuljettaa puristettua vettä pois rainasta. Huopa on pääasiassa molemmin puolin rainaa, mutta se voi olla myös vain toisella puolella ja sen tilalla voi olla märkäviira.

PURISTINOSA



PURISTINOSA

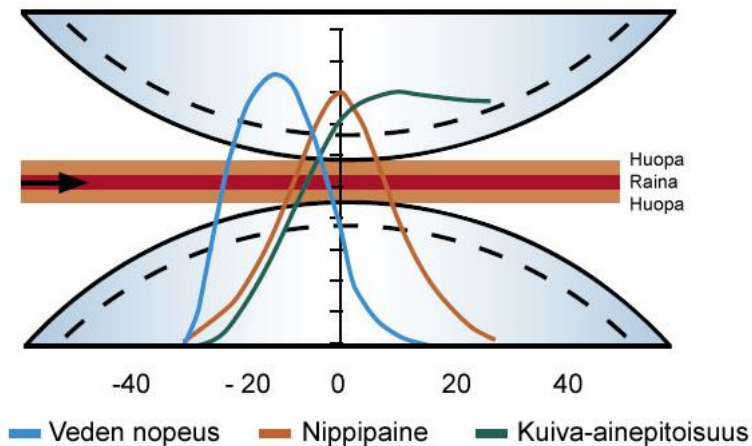
- 9 Pick-up tela
- 10 Vastatela
- 11 2.pur painotela
- 12 2.pur imutela
- 13 Siirtoimutela
- 14 3.pur. ylätela
- 15 3.pur. alatela

Kuva 9. Heinolan puristinosa (Heinola fluting)

Kostean rainan puristustapahtumaa nipissä kutsutaan märkäpuristukseksi. Veden siirtymiseen rainasta vaikuttavat useat tekijät. Näistä tärkeimpiä ovat nipin puristuspaine ja puristusaika. Rainan koostumus vaikuttaa veden siirtymiseen. Rainan kokoonpuristuvuus ja huokoisuus vaikuttavat rainan virtausvastukseen nipissä ja näin veden poistoon. Lämpötilan nostaminen vaikuttaa veden viskositeettiin ja helpottaa vedenpoistoa. Koneen nopeus vaikuttaa rainan viipymäaikaan nipissä, joka nopeuden noustessa laskee ja nestepaine sekä rainan ko-

kuonpuristuma pienenee. Tämän johdosta myös rainan veden poisto alenee. Halutun kuiva-ainepitoisuuden saamiseksi nopeuden kasvaessa on viivapainetta nostettava. Kuvassa 10 on esitetty märkäpuristus tapahtuma. (Seppälä ym. 2005, 141; Paperin valmistus 1969, G 8 2-13.)

Vettä poistetaan rainasta puristamalla märkäpuristimen nipissä



Kuva 10. Märkäpuristus, kaksoishuopapuristin (KnowPap 2014)

4.6 Kuivatusosa

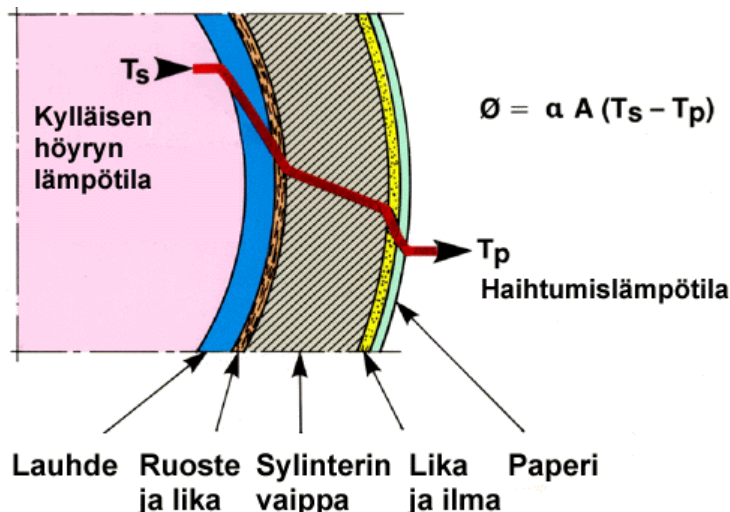
Kartonkikoneen kuivatusosa sijaitsee puristusosan jälkeen. Kartonkikoneella kuivatus tapahtuu höyrylämmitteisillä kuivatussylintereillä. Höyryllä kuivattaminen on huomattavasti kalliimpaa, kuin puristimella tapahtuva mekaaninen kuivatus. Kartonkikoneen loppupäässä kiinnirullaimella kuiva-ainepitoisuus on 88- 89 %. Kuivaussylinterien koko on nykyisin 1,5 m tai 1,8 m. (Puusta paperiin M-504 1997, 106.)

Sylinterikuivauksessa kuivatusosa koostuu useista kymmenistä (40- 100 sylinteriä) höyryllä lämmitettävistä valurautasyntereistä. Rainaa johdetaan kahdessa rivissä olevien sylintereiden yli. Rainan kuiva-ainepitoisuus nousee kuivatusosassa. Rainan pinnan lämpötila nousee sylinteriä vasten ja vapaan veden lämpötila nousee ja vesi höyrystyy. Tapahtuma alkaa rainan sylinterin puoleiselta pinnalta. Tapahtumassa höyry tunkeutuu massaan kosteuttaen ja lämmittäen rainaa. Sylinterin pintaa lähellä olevat huokoset tyhjenevät ja kapillaarivoima vetää vettä sylinterin pintaa kohden. Raina kuivuu koko paksuudeltaan. Vesi on myös kuivattava kuitujen seinämistä aiheuttaen rainan kutistumista. Sylinteriä

vasten oleva pinta kuivuu ja höyrystymisvyöhyke siirtyy sisäänpäin. Kuiva raina johtaa huonosti lämpöä ja siksi kuivatussylintereiden lämpötilaa on nostettava-kin loppua kohden. (Puusta paperiin M-504 1997, 117.)

Kuivaustapahtumassa rata lämmitetään noin 85 °C lämpötilaan, jolloin vettä alkaa haihtua radasta. Radan lämpötila pysyy vakiona ja tapahtuu vakiohaihtumista. Vakiohaihtumisen johdosta vapaavesi kuitujen välistä haihtuu pois. Jäljelle jäänyt vesi on sitoutunut kuituihin, mikä aiheuttaa haihtumisen vaikeutumisen. Loppu veden pois saamiseksi kuiduista on höyrystymispainetta nostettava. Painetta saadaan nostettua lämpötilaa nostamalla.

Radanlämmitysvaihe ja kuivatus aloitetaan rauhallisesti, jotta märkäraina ei palaisi sylintereihin kiinni. Sylintereiden lämpötilaa nostetaan vaiheittain rainan pinnansulkeutumisen estämiseksi. Pinnansulkeutuminen vähentää kuivatustehoa. Kuivatuksen tehoon vaikuttavat lämpötilan lisäksi viiran rakenne sekä viirujen kireydet. Lämmön siirtyminen höyrystä rainaan voidaan laskea kaavalla (2). Kuvassa 11 on kuvattu vaiheet, jotka vaikuttavat lämmönsiirtymiseen höyrystä flutingiin. (Puusta paperiin M-504 1997,106; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2005, 163.)



Kuva 11. Lämmönsiirto höyrystä flutingiin (KnowPap 2014)

Lämmön siirtymiselle höyrystä rainaan sylinterin kautta voidaan laskea ideaali lämpövirta kaavalla:

$$\dot{Q} = \alpha A (T_s - T_p) \quad (1)$$

jossa \emptyset = lämpövirta höyrystä rainaan

α = kokonaislämmösiirtokerroin

A = lämmönsiirtopinta-ala

T_S = kylläisen höyryn lämpötila sylinterissä

T_P = paperirainan lämpötila

Useat eri tekijät vaikuttavat lämmönsiirtoon ja näin koneen kuivatuskapasiteettiin. Lämmönsiirtoon vaikuttavia tekijöitä ovat sylinterin sisällä olevan lauhdekerroksen paksuus, epäpuhtaudet ja pinnankarheus sisäpuolella sylinterissä. Lämmönsiirtoon vaikuttaa myös epäpuhtaudet sylinterin ulkopuolella, sylinterin seinämän paksuus sekä märän pään kuivatusviiran kireys. (AEL.)

5 Kartonkikoneen kiinnirullain

5.1 Kiinnirullain

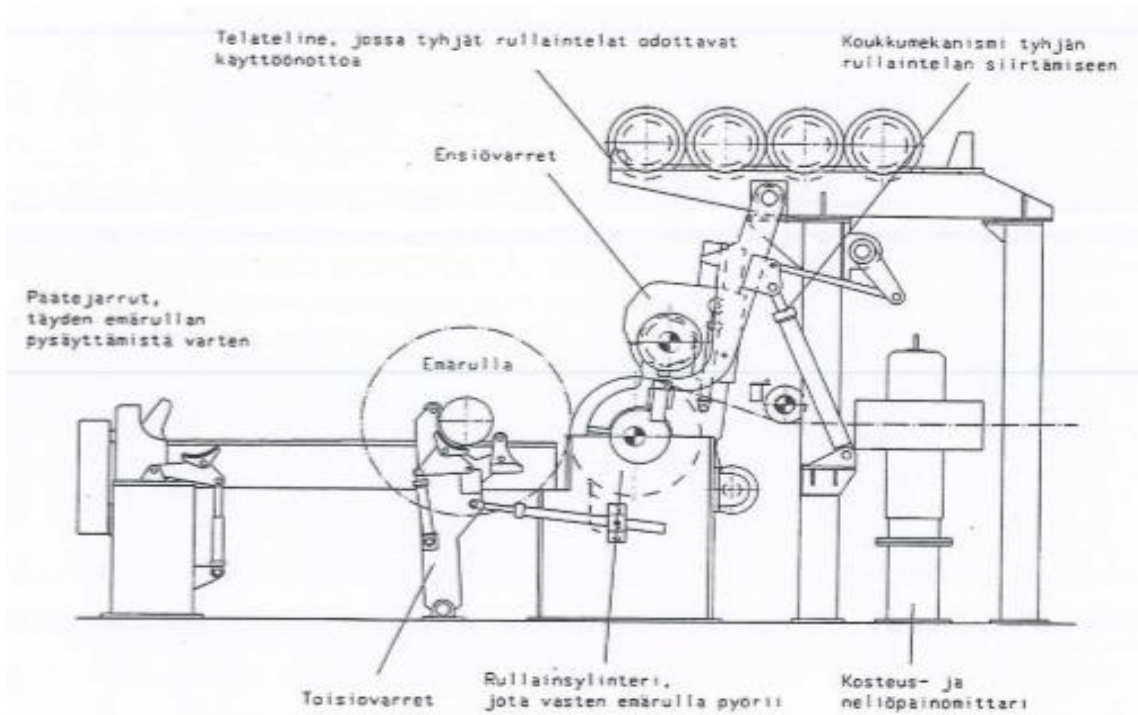
Kartonkikoneessa viimeisenä on kiinnirullain. Kiinnirullain on ensimmäinen kohta jossa koneen jatkuva prosessi katkeaa. Kiinnirullaimen jälkeen prosessin toimet ovat jaksottaista. Kiinnirullaimella fluting käsitellään helpommin muokattavaan muotoon, rullalle. Kiinnirullauksessa syntyvä konerulla siirtyy pituusleikkurille, jossa siitä leikataan asiakkaan tilaamat rullat. Rullaus pyritään aina suorittamaan mahdollisimman korkealla hyötysuhteella. Prosessina kiinnirullain ei ole monimutkainen, mutta se on tärkeä osa prosessin kannalta. Rullauksessa ei saisi syntyä ylimääräistä hylkyä. Syntyvä hylky vaikuttaa suoraan koko konelinjan tehokkuuteen ja hyötysuhteeseen. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 220.)

Rullaimien rakenteellisiin eroihin vaikuttaa suuresti rullattavan tuotteen ominaisuudet. Rullaimien päärakenteet ovat kuitenkin samanlaiset riippumatta rullaimesta. Pääosia on levityslaitteisto ja kireysmittaus, rullaussylinteri, tampoaurat, radan vaihtolaitteisto sekä rullauskiskot. Toisen sukupolven rullaimissa on myös alkurullauslaitteisto. (Airola ym. 1999, 160–162.)

5.2 Pope-rullain

Kiinnirullain on kartonkikoneella pope-rullain tai toisen sukupolven rullain. Heinola Flutingilla on käytössä pope-rullain. Pope-rullain on vanhin nykyisin käytössä olevista rullaimista. Pope-rullaimen hyötysuhde on huonompi, kuin toisen sukupolven rullaimilla. Näiden rullaimien pääasiallinen ero on, että toisen sukupolven rullaimissa on keskiökäyttö. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 226- 227.)

Pope-rullaimen toiminta perustuu pintavetoon. Siinä on yksi käyttömootorilla varustettu rullaussylinteri eli tela jota vasten konerulla painetaan. Tampuuriraudan pyörittämisessä ei käytetä käyttömootoria. Pope-rullaimen tampuurin pyörintä perustuu rullaussylinterin ja flutingin väliseen kitkaan. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 226- 227.). Kuvassa 12 on rakennekuva pope-rullaimesta.



Kuva 12. Pope-rullain (Puusta paperiin M-504 1997)

Flutingin valmistukseen pope-rullain sopii hyvin. Pope-rullaimella rullattava materiaali ei saa olla liian herkkä nippikuormalla, joka syntyy rullan ja rullaussylinterin välissä. Rullattavan materiaalin täytyy olla hyvin kokoonpuristuvaa. Pope-

rullain on hyvin varmatoiminen, sekä rakenteeltaan yksinkertainen. Pope-rullaimen hyötysuhde jää suhteellisen matalaksi verrattuna uusiin toisen sukupolven rullaimiin, joissa on keskiökäyttö. Pope-rullaimilla voi olla hyvin suuret pinta- ja pohjahylky määrät. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 227.)

Rullauksen luonne on samanlainen riippumatta käytetystä paperin tai kartongin laadusta. Tampuurirauta kiihdytetään vaihtoa varten ajonopeuteen. Tampuuritela on ensiövarsissa rullaussylinterin yläpuolella. Ensiövarsilta tampuuritela otetaan toisiovarsille. (Puusta paperiin M-504 1997, 133.)

Uuden tampuurin vaihto pope-rullaimilla voidaan suorittaa nauhavaihtona, pussivaihtona tai niin sanotulla hanhenkaulavaihdolla. Nykyään suosituin vaihtomenetelmä on nauhavaihto. Heinola Flutingilla on käytössä nauhavaihto. Uusin sovellus on vesivaihto, jossa rata katkaistaan terävällä vesisuihkulla. Nauhavaihdossa uuden tampuurin ja rullaussylinterin väliin syötetään vaihtohetkellä liimapintainen nauha. Nauha tarttuu rataan ja kietoo sen spiraalimaisesti tampuuritelan ympärille. Vaihdon jälkeen täysi tampuuri lasketaan rullainkiskoille. Pussivaihdossa uusi tampuurirauta tuodaan nippikontaktiin rullaussylinteriin ja vanha tampuuri vedetään pois samanaikaisesti. Tampuuriraudan vauhti hidastuu vedon puuttuessa ja raina löystyy muodostaen pussin, joka kaatuu rullaussylinterin ja tyhjän tampuuritelan väliin. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 227.)

Tyhjät rullaustelat vaativat hyvin paljon lattialla säilytystilaa ja siksi käytössä olevia rullausteloja säilytetään rullaimien yläpuolelle rakennetuilla rullakiskoilla. Rullaustelosten pinta voi lattialla säilyttäessä vaurioitua ja vaikuttaa negatiivisesti rullaustapahtumaan. (Puusta paperiin M-504 1997, 134.)

Konerullan kovuuteen voidaan vaikuttaa rullaimen ja kartonkikoneen välisellä vetoerolla ja toisiovarsien kuormituspainella. Käytössä on järjestelmiä joissa on mahdollista rullan halkaisijan muuttuessa säätää automaattisesti toisiovarsien painetta. Säädöllä voidaan poistaa viivapaineessa tapahtuva piikki rullaustelan ensiövarsilta toisiovarsille vaihdettaessa. Piikin tasaus varmistaa kireydel-tään tasaisen rullauksen onnistumisen. (Puusta paperiin M-504 1997, 133.)

Rullaukseen vaikuttaa rullattavan materiaalin pintapaino- ja kosteusprofiili. Profiilivirheiden vaikutusta voidaan tasata vetoeroja säätämällä. Liian suuri vetoero aiheuttaa kuitenkin radan luistamisen rullaussylinterin pinnalla. Käytössä on kaarevia levitysteloja ennen rullainta, millä voidaan ehkäistä pieniä ratavirheitä ja rynkkyjä. (Puusta paperiin M-504 1997, 133.)

Rullauksen alku on tärkeää suorittaa virheettömästi. Konerullan pohjakerrokset vaikuttavat koko syntyvään konerullaan. Pope-rullaimella alussa epäjatkuuustilanteita aiheuttavat varsinkin ensiöhaarukat ja toisiohaarukat.

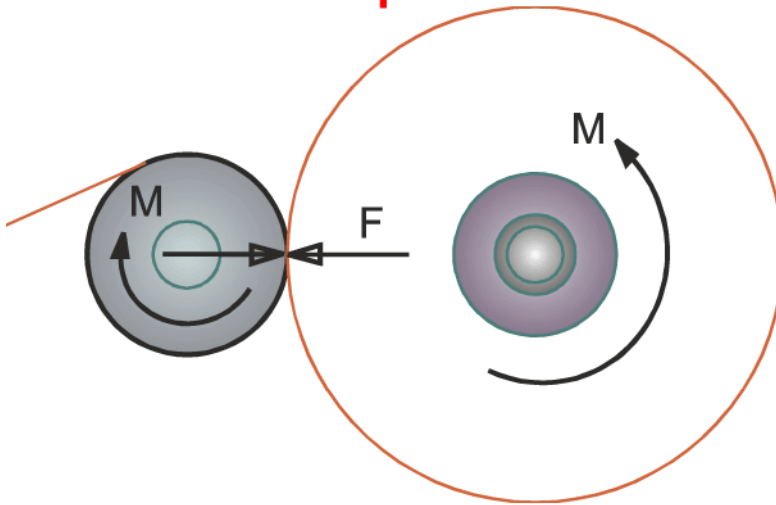
Ensiöhaarukka laskee uuden tampuurin vaihdossa toisiohaarukoille. Epäjatkuuuskohtia on ensiöhaarukoiden liikkeellelähtö/kiihdytys, tampuurin hidastus ennen kiskoja, kiskoille tulon pysähdys, lukitusleukojen ja kevennyssylinterien hydraulipaineiden ramppivirheet ja ensiöhaarukoiden ylösnousu. (AEL.)

Toisiohaarukoilla rullauksen alussa esiintyy mahdollisia epäjatkuuustilanteita. Epäjatkuuustilanteita aiheuttaa seuraavat asiat: toisiohaarukat osuvat tampusritelaan huonosti, toisio- ja ensiöhaarukoiden hydraulipaineiden ramppien epäsynkroni- ja painetasovirheet, lukitusleukojen aukeaminen, kaavarin irrotus ja päälle kytkeminen. (AEL 2015.)

5.3 Toisen sukupolven rullaimet

Toisen sukupolven rullaimet ovat pope-rullainta kehittyneempiä. Niissä on erilainen nippivoiman hallinta verrattuna pope-rullaimiin. Toisen sukupolven rullaimissa mukana on kolmas säätösuure. Rullaimet perustuvat keskimomentin mukaan ottamiseen rullaustapahtumaan. Konerullalla on oma käyttömoottori, eikä rullaus perustu ainoastaan pintavetoon. Kuvassa 13 on keskiöveto-pintaveto rullaimen periaatekuva.

Keskiöveto-pintaveto -rullaimen toimintaperiaate



Kuva 13. keskiöveto-pintaveto rullaimen periaatekuva (KnowPap 2014)

Oma keskiökäyttö mahdollistaa suurempien konerullien ajamisen, sekä konerullan rakenne on huomattavasti parempi. Tämä kuitenkin aiheuttaa toisen sukupolven rullainten rakenteen monimutkaisuuden. Rullausparametrien säätö on huomattavasti tarkempaa ja niiden täytyy olla hallinnassa.

Toisen sukupolven rullaimissa sähkökäyttöjä on useita. Sähkökäyttöjä on keski-vedon hallinnassa kaksi, rullaussylinterillä yksi ja mahdollisesti myös rullan pinnan viimeistelyssä on käytettävissä yksi sähkökäyttö. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 227.)

6 Rullausparametrit

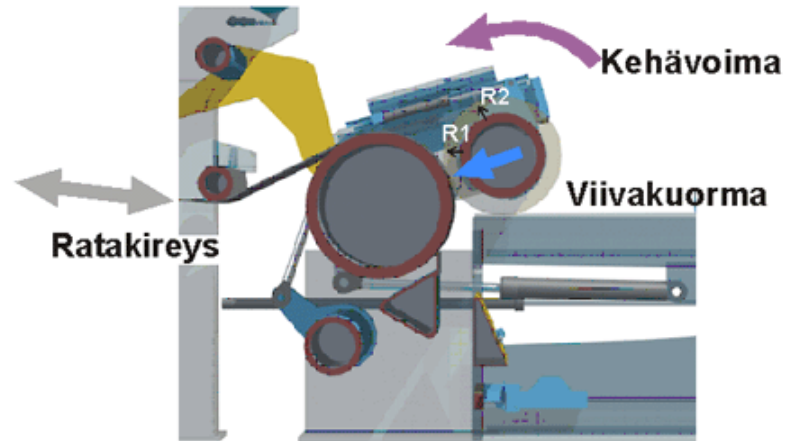
6.1 Yleistä

Rullausparametrit ovat vaihtelevia ja ne määräytyvät rullaimelle paikallisten tekijöiden mukaan. Paikallisia tekijöitä ovat esimerkiksi kartongin ominaisuudet, tampourin halkaisija, käsittelytapa ja varastointiaika sekä ajonopeus. Parametrien arvot ovat samankaltaiset ajettaessa samaa kartonkilajia. Rullausparametreja ovat viivakuorma, rainan kireys sekä kehävoima (Kuva 14). Pope-rullaimessa ei esiinny kehävoimaa, koska siinä ei ole tampoouriraudan keskiökäyttöä eli pyöritystä. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 223- 224.)

Rullaussparametrit

Rullan rakentamiseksi käytettävissä olevat työkalut

- Viivakuorma
- Ratakireys
- Kehävoima



Kuva 14. Rullaussparametrit (KnowPap 2014)

6.2 Viivakuorma

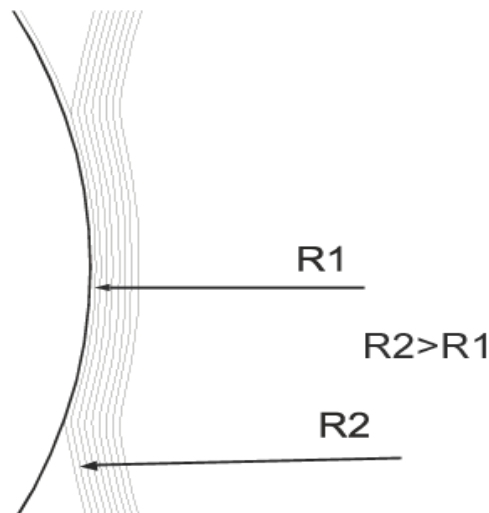
Konerullan kovuuden muodostamisessa viivakuorma on tehokkain hallintasuure. Konerullat ovat huomattavasti pituusleikkurin rullia pehmeämpiä, jolloin nipin vaikutus on tehokas. Viivakuorman arvossa pyritään aina mahdollisimman pieneen arvoon. Viivakuorma muodostuu, kun tampuurin päitä kuormitetaan hydraulisesti jolloin fluting ja tampuuri painautuvat rullaussylinteriä vasten. Viivakuorman profiili on poikkisuunnassa hieman epätasainen. Epätasaisuuden aiheuttaa tampuuriraudan taipuminen päistä kuormituksen takia, jolloin viivakuorma on keskellä hieman reunoja alhaisempi. Viivakuorman yksikkö on kN/m (ilmaisee voimaa pituusyksikköä kohden).

Viivakuorman minimi arvo määräytyy rullaimessa olevien kitkojen mukaan eli nolla-kuorman mukaan sylintereillä. Arvo voi vaihdella rullaimien välillä. Maksimiarvo koostuu kahdesta asiasta, nippi ei saa vahingoittaa flutingia eikä tampuurin rakenne saa olla liian tiukka. Liian tiukka rakenne vaurioittaa flutingia. Viivakuorman ollessa liian kova se puristaa rainaa kasaan nipissä ja näin myös tampuurin sisällä.

Rullan rakenteen kannalta on tärkeää estää pohjalla tapahtuvaa kerrosten välisiä luistamista, sekä saada oikea säteen suuntainen tiheysprofiili. Tämän toteut-

tamiseksi käytetään viivakuormaa. Viivakuorman tehokkuus perustuu kahden säteen R1 ja R2 toteuttamiseksi rullaan. R1 saadaan rainan puristamisesta rullanpintaan. Nipin jälkeen rullan kimmoisuus palauttaa rainan säteellä R2, joka on suurempi (Kuva 15). Säteen vaihtuessa suuremmaksi, raina venyy ja pienikin ero säteissä aiheuttaa flutingin venyvyyteen nähden eron rullan kehäpituudessa. Nipin vaikutus on parempi kun raudalle on kertynyt flutingia. Kertyneen flutingin on mahdollista puristua kokoon. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005,223- 224.)

Viivakuorman aiheuttama säteen muutos rullassa



Kuva 15. Viivakuorman säteet R1 ja R2 (KnowPap 2014)

6.3 Rainan kireys

Ratakireyden T (Tension) merkitys rullan tiukkuuden muodostamisessa ei ole yhtä merkittävä kuin viivakuormalla. Ratakireyden yksikkö on N/m. Pinta kerroksien kireyden muodostamisessa merkitys on suurempi. Rainan kireyden säädössä on tärkeää löytää sopiva kireystaso. Oikea kireystaso takaa rainan tulon hallitusti rullaimelle, jolloin levitystela toimii. Ratakireyden riittävällä tasolla varmistetaan levitystelän toimivuus, sekä ehkäistään vekiystä ja reunalepatusta. Ratakireydellä varmistetaan myös riittävä pito kartongin ja rullaussylinterin välillä. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005,223- 224; Airola ym. 1999, 146.)

Liian suuri kireys voi johtaa rainakatkoihin. Oikea kireys löytyy näiden välistä. Laskennallisesti ollaan sopivalla alueella kartongin vetolujuuden ollessa 5-10 kertainen ratakireyteen verrattuna. (Airola ym. 1999, 146.)

Kartongin minimi ratakireys voidaan laskea kaavalla (2) esimerkiksi kun vetolujuus on 3 kN/m,

$$T_{min} = \frac{\text{vetolujuus}}{10} = \frac{3000 \text{ N/m}}{10} = 300 \text{ N/m} \quad (2)$$

jossa T_{min} on minimiratakireys esimerkissä.

Kireyden mittaamiseen voidaan käyttää ohjaustelaa. Ohjaustela koostuu punnitussantureista tai toinen vaihtoehto on käyttää kireysmittapalkkia. Kireysmittapalkki perustuu mittapalkin ja rainan väliseen ilmanpaineeseen. Punnitussantureihin perustuvan kireysmittausanturin nolla piste on tarkistettava kun raina ei ole päällä. Tarvittaessa se on nollattava. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 223- 224.)

Kartongit ovat osittain viskoelastisia, minkä takia liian suuri rainan kireys mahdollisesti vähentää kartongin joustavuutta ja venyvyyttä. Jatkoprosessien ajettavuuksien kannalta venyvyys on tärkeä kartongin ominaisuus. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 223- 224.)

Rainan kireys on normaaliajossa tasainen. Tasaisen kireyden ohjearvokäyrä on suora. Poikkeuksena rullanvaihdot, jolloin voidaan kireyttä tilapäisesti nostaa vaihdon onnistumisen parantamiseksi. Kireyden lisäämisellä saadaan tiukemmat pintakerrokset ja vaihdossa rainan katkaisua nopeammaksi. Hylyn muodostumista voidaan vähentää näin. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 223- 224.)

6.4 Kehävoima

Kehävoiman synnyttää keskiökäyttö tampuuriraudan kautta tampuurin pintaan. Pope-rullaimen rullausparametreina ovat viivakuorma ja rainan kireys, koska keskiökäyttöä ei ole. Rullan tiukkuuden kannalta kehävoiman vaikutus on viivakuorman ja rainan kireyden välissä. Kehävoiman käyttö mahdollistaa huomattavasti suuremman viivakuorman käyttöalueen ilman syntyviä rullausongelmia.

Kehävoima korvaa viivakuormaa, jolloin on mahdollista rullata tiukka tampuuri vaikka rainaa rasitetaan vähemmän.

Kehävoimaa käytetään tiukan pohjan luomiseen. Keskiökäytöllä pystytään pitämään tampuurin nopeus oikeassa arvossa, jolloin ei tapahdu rullausnipin luisamista.

Ajettavuuden kannalta hyviä ominaisuuksia voidaan menettää liian suurella kehävoimalla ajettaessa. Liian suuri kehävoima rasittaa rainaa turhaan. Kehävoima tiukentaa pintakerroksen alla olevia kerroksia muun tampuurin rakenteen lisäksi. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 224.)

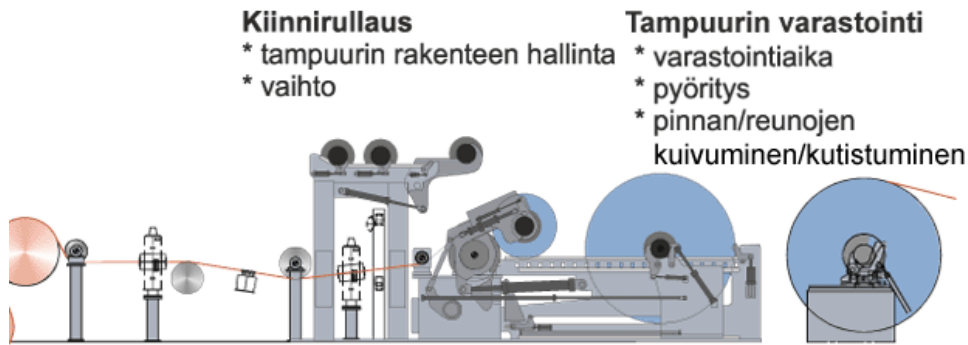
7 Rullaustapahtuma ja konerullarakenne

7.1 Rullaustapahtuma

Valmis konerulla voi painaa 20- 120 tonnia. Halkaisija voi vaihdella 2-4 metrin välillä. Näihin arvoihin vaikuttavat rullattava materiaali, itse rullain tyyppi ja muut teknisesti rajoittavat asiat aina pituusleikkurilla asti. (Airola ym. 1999, 152.)

Rullaustapahtuma (Kuva 16) on kokonaisuus, joka koostuu eri vaiheista. Vaiheet voidaan jakaa neljään päätapahtumaan:

- rainan eli radan hallinta ennen rullainta
- kiinnirullaustapahtuma
- tampuurin vaihto
- valmiin konerullan käsittely



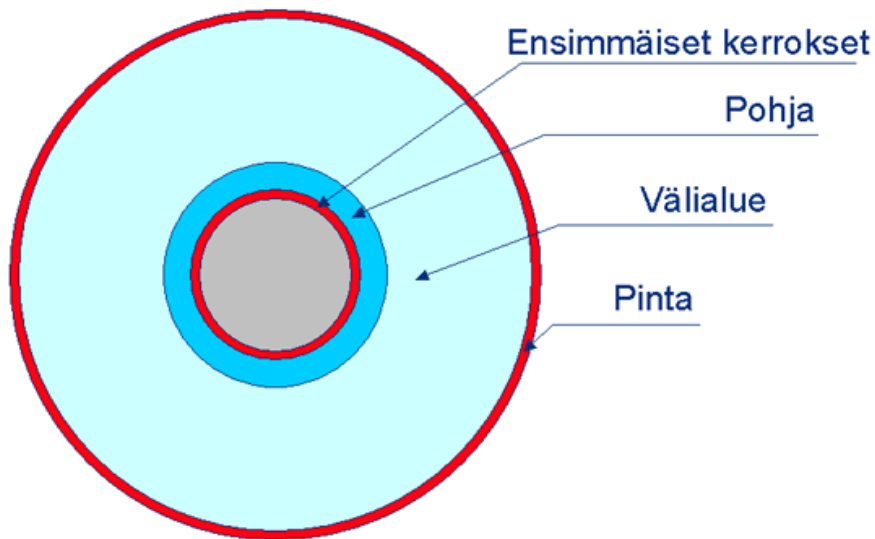
Kuva 16. Rullaustapahtumaan vaikuttavat asiat (KnowPap 2014)

Rullaustapahtuman päävaiheisiin vaikuttavat monet pienemmät tekijät ja toiminnot. Rullaus on tärkeää suorittaa mahdollisimman hyvällä hyötysuhteella, jotta valmista työtä ei menetetä. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 220.)

7.2 Konerullan rakenne

Konerullan pohjalle, välikerrokselle ja pinnalle on vaatimuksia, jotka on tampo-
 rin ajossa otettava huomioon. Kerroksien sijainnit on havainnollistettu kuvassa
 17. Pohjan eli ensimmäisten kerroksien tulee olla riittävän tiukalla estääkseen
 mahdollisen luiston valmiissa konerullassa. Välialue pehmenee pintaa kohden
 ja vaikuttavat voimat ovat vakiot. Pinnan täytyy olla riittävän kireä kestääkseen
 jarrutuksessa vaikuttavat voimat.

TAMPUURIN RAKENNE



Kuva 17. Tampuurin kerrokset (KnowPap 2014)

Tampuurin tiheysprofiiliin täytyy olla tasainen pohjalta pintaa kohden. Liian tiukka pintakerros voi puristaa alempia kerroksia kasaan ja aiheuttaa rynkkyä (rynkky on laatuviika konerullassa). Rullausparametrien on oltava tarkkoja ja oikean suuruisia arvoja rullauksen ajan. Parametrien yhteissäädöllä rakennetaan oikeanlainen konerullan rakenne tiheydeltään. Tampuurin kasvaessa liian löysät kerrokset alkavat luistamaan helposti, mikä aiheuttaa rynkkyä. Rullausparametrien avulla on tarkoitus saada oikea tiheystaso tampuurille.

Pohjan vaikutus rullausvikojen syntyyn on kriittinen. Pohjaksi luetaan ensimmäiset 100-300mm tampuuriraudan pinnalta. Pohja on konerullan kriittinen osa ja luo perustan rullaan. Liian löysä pohja aiheuttaa helposti rullausvikoja, kuten luistamisen tuomaa rynkkyä. Pituusleikkurin aukirullauksessa rynkky aiheuttaa katkon tai laatupoikkeaman. Kerroksien liiallinen kireys ei ole myöskään ideaalinen tilanne. Kerroksien on asetettava tampuuritelaa myötäillen, jolloin sisänpin kuormitukset pysyvät mahdollisimman pieninä.

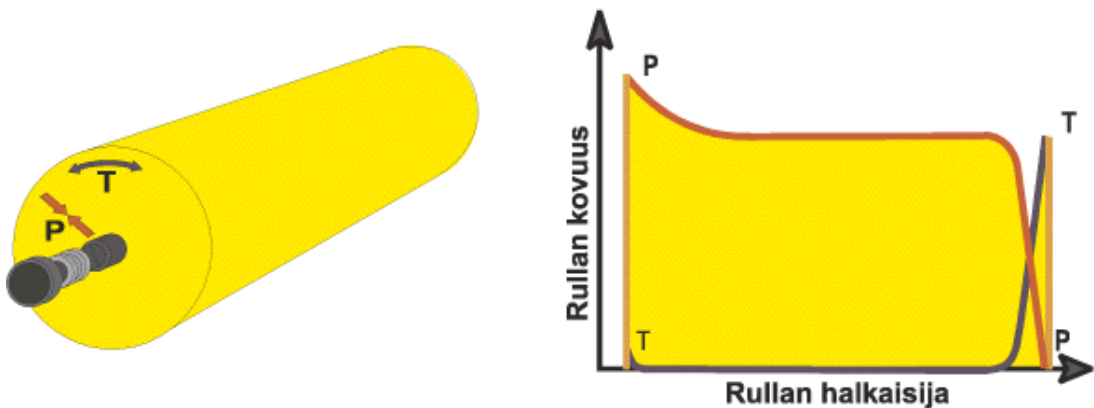
Pohjan ajoon on poikkeus olemassa, jota on käytetty LWC-pohjapaperille tai ohuille lajeille. Siinä pohjalle ajetaan 10-20mm pehmeä kerros ja tämän päälle kerrokset jatkuvat tiukkana. Tätä on käytetty vanhoilla ohuemmillä tampuuriraudoilla. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 220- 221.)

7.3 Konerullassa vaikuttavat voimat

Ulkokehän pinnan kireys pitää rullan koossa. Pintakerros pitää välialueen pohjaa vasten jousimaisessa jännityksessä. Rullauksen aikana konerullaan vaikuttaa useita voimia. Voimat voidaan jakaa säteen ja radan suuntaisiin voimiin. Konerullassa olevat voimat P (säteensuunnassa vaikuttava radiaalipaine/puristusaine) ja T (rainan kireys rullan tangentin suunnassa) ovat hyvässä rullassa tasapainossa. Puristusaineen vaikutuksen loppuessa tampuurin pinnassa rainan kireys tangentin suunnassa sitoo pintakerroksia.

Radiaalipaine (P) syntyy rullauksen aikana kehävoiman, viivapaineen ja ratakireyden avulla. Tangentin suuntainen kireys (T) saadaan aikaan rullauksen pinnassa kehävoimalla ja ratakiireydellä. Kuvassa 18 on esitetty tampuurissa vaikuttavat voimat. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 221.)

Tampuurissa vaikuttavat voimat



Kuva 18. Tampuurissa vaikuttavat voimat (KnowPap 2014)

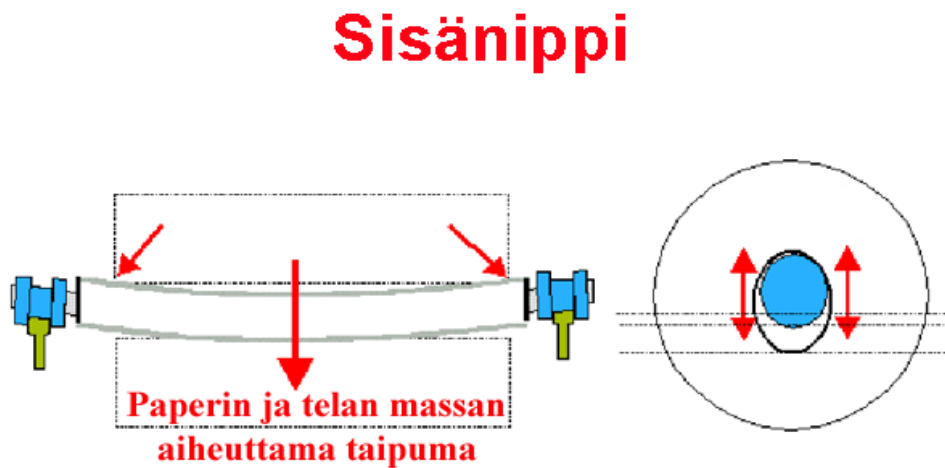
Rullaussnippi aiheuttaa fluting kerrokseen syklisiä kuormia, mutta vieläkin suuremmat sykliset kuormat aiheutuvat painovoiman synnyttämästä sisänipistä. Sisänipin aiheuttamat kuormat voivat konerullan massasta riippuen olla yli 100kN/m. Pussiryngky on tyypillinen sisänipin aiheuttama rullausvika. (Airola ym. 1999,149.)

Tampuurin pohjalle kohdistuvat kaikkein suurimmat voimat, koska suurin osa flutingin massasta on pohja-alueiden yläpuolella. Voimat voimistuvat massan

kasvaessa. Konerullan kerroksiin kohdistuu normaali voimien lisäksi myös hetkellisiä voimia konerullan kiihdytyksissä ja jarrutuksissa.

Sisänippi

Tampuurin rullatun flutingin massasta aiheutuvaa kuormitusta kuvataan sisänipillä (Kuva 19). Tampuurin pohjalla esiintyvät hetkelliset epäjatkuvuudet voimistuvat massan kasvaessa. Epäjatkuvuudet aiheuttavat pituusleikkurilla kiihdytyksissä ja hidastuksissa suuria vaihtuvia kuormia konerullaan, jotka synnyttävät rullausvikoja.



- * Rullattavan materiaalin massan aiheuttama kuormitus tampuuritelalle
- * Kuormitus on suurempi reunoilla, koska tela taipuu
- * Aiheuttaa pohjavikoja

Kuva 19. Sisänippi (KnowPap 2014)

Flutingin kerrokset kestävät sisänipin syklisiä kuormia huomattavasti paremmin, jos alkurullaus on onnistunut hyvin. Alkurullauksen virheet estää fluting kerroksien haitallisen liikkeen ja tampuurin radiaalipaine ylittää sisänipin paperiin kohdistaman voiman. Konerullan rakenteen optimoinnilla pystytään vaikuttamaan sisänipin kuormitukseen.

Sisänipin maksimikuormitukset kohdistuvat pääasiassa reuna-alueille, kun flutingia on rullattu tiukkaan. Tiukalle rullattu fluting jäykistää konerullan rakenteen. Tämä voi puolestaan selittää rullausvikojen esiintymisen reuna-alueilla kuten kiiltoviirut ja kreppiryngyt. Poikkisuunnassa tarkasteltuna fluting vaurioituu to-

dennäköisimmin kohdasta, jossa sisänipin muutosgradientti on suurin. Kohta voi siirtyä poikkiprofiilin heittojen johdosta.

Rullauksen tekeminen sopivan löysillä asetuksilla, varsinkin rullauksen loppuvaiheessa saattaa tasata reuna-alueiden huippukuormituksia. Tämä johtaa konerullan flutingosan taivutusvastuksen pienenemiseen ja suhteellisen lähellä olevaan taipumiseen tampuuriraudan kanssa.

Sisänippi ongelmiin voi auttaa pienempien tampuureiden ajo, jolloin paine jää pienemmäksi. Halkaisijaltaan pienempien konerullien ajo huonontaa hyötysuhdetta. Hyötysuhde huononee lisääntyneestä pohja- ja pintahyllystä, sekä konerullan vaihtojen määrän noususta. Halkaisijaltaan suurempi tampuuritela voi auttaa sisänippi ongelmiin. Se ei kuitenkaan poista huonon pohjan tai rullaimen aiheuttamia ongelmia. Kartonkikoneilla sisänippi ongelmaa esiintyy pope-rullaimen ensiöhaarukan kiskojen käännessä syntyvien löysien flutingkerroksien takia. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 221- 222.)

8 Hyötysuhde

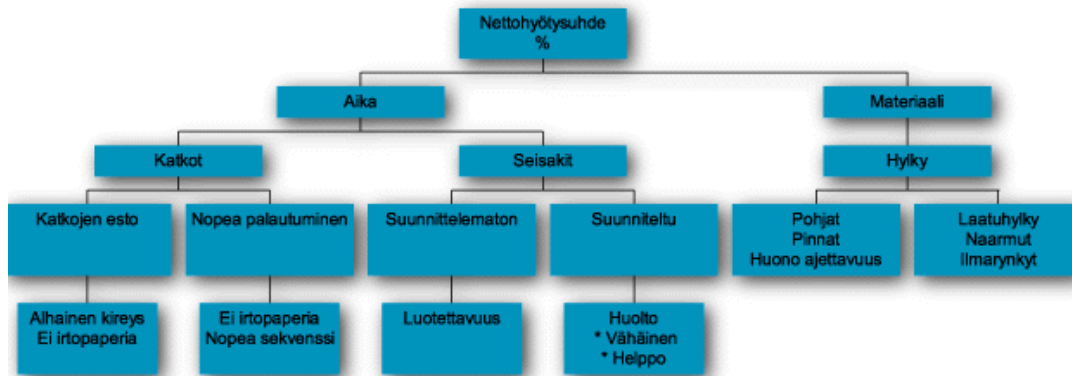
8.1 Yleistä

Rullaus pyritään aina suorittamaan mahdollisimman hyvällä hyötysuhteella, jolloin valmista työtä ei menetetä. Tämän toteuttamiseksi on käyttöhenkilöstön toimintatavoilla suuri merkitys. Hyötysuhteilla saadaan selville kuinka paljon tuotannosta menee hukkaan eli hyllyksi.

Valmistuslinjan hyötysuhteet vaikuttavat olennaisesti valmistustalouteen ja tuotteen laatuun. Käytössä on aika- ja materiaalihyötysuhde. Hyötysuhteiden avulla voidaan muodostaa kokonaishyötysuhde aina rullatuotantoon asti. Hyötysuhteet lasketaan prosessin eri vaiheissa. Prosessin eri vaiheissa flutingin valmistamiseen on käytetty eri määrä työtä, aikaa, energiaa/rahaa. Hyötysuhteiden kustannusvaikutus on myös erilainen ja ne on hyvä tarkastella myös erikseen. Kuvassa 20 on materiaali- ja aikahyötysuhteiden koostumus.

Perinteisellä pope-rullaimella rullauksessa syntyvä hylkymäärä voi olla suhteellisen suuri. Tuotannosta saattaa mennä pulpperiin pope-rullaimella jopa 18 % linjasta riippuen.

Nettohyötysuhteen muodostuminen



Kuva 20. Kokonaishyötysuhde (KnowPap 2014)

8.2 Materiaalihyötysuhde

Kartonkikoneen jälkeinen flutinghylykky aiheuttaa häviöitä. Flutinghylyn avulla voidaan laskea materiaalihyötysuhde, joka koostuu osatekijöistä heti kiinnirullaimelta lähtien aina valmiiseen rullaan. Tehtaalla voi olla jalostusta esimerkiksi arkkileikkaus, jolloin sen hyötysuhde lasketaan erillisenä. Materiaalihyötysuhdetta pidetään usein merkitsevämpänä kuin aikahyötysuhdetta.

Materiaalihyötysuhde voidaan aallotuskartongille laskea pinta-alana tai painona. Muilla kartongeilla materiaalihyötysuhde lasketaan pinta-alana, jos käytössä on päällystys tai superkalanterointi, koska neliömassa muuttuu niissä. Huomioitavaa on myös jos hylsytyt ja pakkauskääreet otetaan mukaan nettotuotannon painoon. Lähtökohtaisesti näitä ei lasketa hylkyä vähentäväksi tekijöiksi konelinjan tehokkuutta tutkiessa.

Kiinnirullauksessa materiaalihyötysuhteen voidaan todeta muodostuvan pinta- ja pohjahylyn määrällä, sekä rullausvikojen määrän mukaan. Konerullan halkaisijan muutoksella voidaan vaikuttaa syntyvän hyllyn määrään. Suuremmalla halkaisijalla tarvitaan vähemmän rullan vaihtoja. Vaihtojen alenemisen myötä pin-

ta- ja pohjahylky määrät vähenevät. Rullan kasvattamisessa on kuitenkin rajat, jolloin kasvattaminen ei enää ole mahdollista tai kannattavaa.

Hylyn mittaaminen on vaativampaa käytännössä kuin teoriassa. Tarkka hylkyprosentti saadaan parhaiten hylkyrullien painosta. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 220, 262- 263.)

8.3 Aikahyötysuhde

Vuodessa on 8760 tuntia, josta voidaan laskea, että yksi hyötysuhdeprosentti sisältää 88 tuntia ajoaikaa. Koneella esiintyvien katkojen tai muiden pysähtymisten aiheuttamaa tuotannon menetyksien kiinniajaminen ei ole helppoa. Esimerkkinä, jos linjan ajonopeus on 800 m/min ja syntyy 10 minuutin katko, niin takaisin ajettavaa on 8000 metriä. Menetettyä tuotantoa voidaan yrittää saavuttaa lisäämällä kartonkikoneen vauhtia. Esimerkiksi 50 m/min vauhdin nostamisella tuotannon kiinnisaamiseen kuluu viisi tuntia. Tuotannon kiinnisaamisen jälkeen tuotantoa on tehty sama määrä kuin ennen katkoa. Katkojen hyvä hallinta ja niiden minimointi on tärkeää aikahyötysuhteen kannalta.

Aikahyötysuhteen osatekijöiden mittaaminen on yksinkertaista. Seisokki aikaa on kun konesäiliön pumpppu ei ole käynnissä. Konesäiliön pumpun pyöriessä, mutta flutingia ei ole rullaimella, on aika katkoaikaa tai siihen liittyvää. Kartongin tullessa kiinnirullaimelle on aika tuotantoaikaa. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 220, 262- 263.)

9 Flutingin rullausviat ja ajettavuusongelmat

Kartonkilajeilla ja eri paperilajeille esiintyy erilaisia rullausvikoja kiinnirullaimella. Rullattavan materiaalin ominaisuudet määräävät mitä rullausvikoja esiintyy ja niiden esiintymistiheyden. Vikojen syntymekanismi on suhteellisen samanlainen lajista riippumatta. Rullausvikoja yritetään välttää mahdollisimman paljon, koska rullausviat alentavat hyötysuhdetta ja lisäävät hylkyrullien määrää. Rullausvikojen esiintyminen saattaa estää rullan lähettämisen asiakkaalle, jos vikaa ei voida poistaa rullasta pituusleikkurilla.

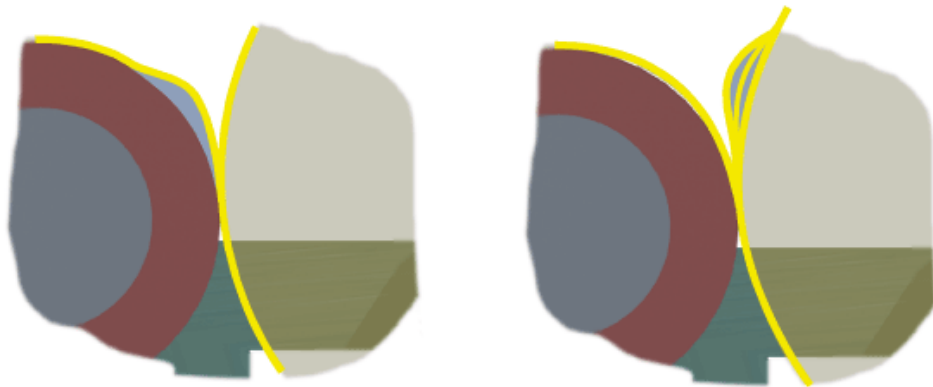
Fluting omaa suhteellisen suuren neliöpainon, mikä aiheuttaa tietynlaisten rullausvikojen esiintymistä. Tyypillisiä rullausvikoja ovat ilmapussitus, pohja- ja pintaviat, konerullan rakenteelliset viat, sekä huonoista radan profiileista johtuvat viat.

Ilmapusseja syntyy huonosti ilmaa läpäisevillä materiaaleilla, kuten flutingilla tai päällystetyillä papereilla. Flutingilla ilmapussitusta esiintyy jo alle 800 m/min nopeuksilla. Ilmapussitusta voi esiintyä konerullan puolella tai rullaussylinterin puolella. Kuvassa 21 on esitetty ilmapussituksen syntyminen. (Hägglom-

Ilmapussitus

Esiintyminen

- Huonosti ilmaa läpäisevillä papereilla
- Rullaussylinterin ja radan välissä
- Konerullan pinnalla ylimmän paperikerroksen alla



Ahnger & Komulainen 2005, 225- 226.)

Kuva 21. Ilmapussituksen syntyminen (Valmet)

Ilmapussien syntyminen konerullan puolella johtuu ilman pumppautumisesta rullausnippiin. Ilma pumppautuu tulevan rainan ja konerullan päällimmäisten kerrosten välistä. Ilmapusseja syntyy tampuuritelan keskikohtiin, koska nippi-kuormitus tapahtuu tampuuritelojen päistä. Nippikuorma on keskellä vähäisempi ja ilmaa pääsee helpommin väliin kuin kovemmin kuormitetuissa päissä. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 225- 226; Airola ym. 1999, 157.)

Ilma ei pääse kulkeutumaan ulos kovemman reuna kuormituksen takia tampuurissa. Kovempi reuna aiheuttaa ilman kertymisen pussiksi ennen nippiä. Ilman kertymistä saattaa tapahtua usean pintakerroksen ajan, ennen kuin ilma poistuu vähitellen tampuurin päistä. Pussi kasvaa riittävästi ja kaatuu reunoistaan nippiin ja synnyttää rynkkyä. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 225- 226.)

Nopeilla koneilla ilmapussitusta esiintyy rullaussylinterin puolella. Ilmapussituksen aiheuttaa rainan ja rullaussylinterin välinen kita. Kita imee ilmaa mukaansa ja synnyttää pusseja. Ilma kerääntyy rullausnipin eteen, nipin toimiessa kuristimena rajoittaen ilman kulkua ja aiheuttaen ylipaineen. Ylipaine purkautuu nippiin synnyttäen rynkkyä. Nopeilla koneilla rullaussylinteri on tuplauritettu. Kapea ura vie kitaan pumppautuvan ylijäämä ilman pois nipin läpi. Loiva ura poikkisuunnassa tasaa nippiin menevää ilmaa ja muodostaen ilmatunneleita. Loivat urat pumppaavat arkkien välissä olevaa ilmaa tampuurin päitä kohden. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 225- 226.)

Ilmapussien syntymisen estämisellä vältetään laatuvirheitä. Ilmapussi täytyy vähintään stabiloida. Ilmapussiin kertynyt ilma lähtee purkautumaan reunoja kohden, jolloin pussi tasaantuu. Pussi ajautuu mahdollisesti rullausnipin läpi aiheuttaen vekkaantumista. Konerullan puoleista ilmapussitusta sekä rullauspuolen ilmapussitusta vähennetään ja ehkäistään oikealla rullaussylinterin urituksella ja karhennuksella. Rullaussylinterin urituksella ja karhennuksella voidaan estää nipin liiallista tiiviyttä ilman kulkeutuessa uria pitkin pois. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 225- 226.)

Rullaussylintereiden urituksien on oltava puhtaita, jotta ilma pääsee poistumaan niitä pitkin. Levitystelan täytyy toimia oikeassa asennossa, niin että raina kulkee koko leveydeltään tasaisesti rullaussylinterin pinnassa. Rainan täytyy olla riittävän kireällä, jotta ilmapusseja ei synny. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 225- 226.)

Oikea viivakuorma auttaa ilmapussien poistoon. Viivakuorman keventäminen lisää tulevaa ilmamäärää tampuurille, mutta samalla ilma pääsee poistumaan tampuurin reunoista. Viivakuorma ei saa olla liian kevyt. Kevyttä viivakuormaa

voidaan voimistaa esimerkiksi kehävoimaa lisäämällä keskiökäyttöisillä rullaimilla. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 225- 226.)

Ilmapussituksen syntymiseen vaikuttaa eri tekijät. Vaikuttavia tekijöitä on rullauspinnan tiiviys, flutingin ilmanläpäisevyys sekä rullauspinnan reunojen sulkeminen. Ilman poistumiseen sivuilta vaikuttaa flutingin profiilit, rullauksen leveys ja nipin kuorman suuruus. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 225- 226.)

Rynkky eli kreppirynekky/pussirynekky syntyy, kun löysät flutingkerrokset pääsevät luistamaan kasaan konerullassa. Rynkkyä (Kuva 22) esiintyy erityisesti konerullan pohjan tuntumassa ja reuna-alueilla, missä sisänpin kuormitukset ovat kovimmat. Rynkky voi olla muutamasta millimetristä yli metriin konerullassa. Tämä kertoo rullauksen aikana pohjalla ilmenevistä epäjatkuvuuksista. Rynkkyä esiintyy yleensä konerullan pohjalla olevien löysien kerroksien takia. Löysät kerrokset pääsevät luistamaan aiheuttaen rynkkyä. Rynkkyä syntyy myös ilmauspussituksen johdosta. Rynkkyä esiintyy pääasiassa rullan poikkisuunnassa.

Kreppirynekky



Kuva 22. Kreppirynekky (Knowpap 2014)

Ratakireyden ja viivakuorman muutoksilla voidaan ehkäistä rynkkyä. Konerullan kovuutta ei ole kannattavaa muuttaa koko rullan osalta, vaan ainoastaan pohjan kovuutta. Liian jäykkä rulla lisää sisänpin kuormitusta. Rullattavan materiaalin kitkan lisäys ehkäisee rynkkyä, mutta esimerkiksi flutingilla kitkavoima on jo suuri. (Airola ym. 1999, 158- 159; Hägglom-Ahnger & Komulainen 2005, 225- 226.)

10 Kokeellinen osa

Työn kokeellisessa osassa selvitettiin Heinolan flutingkoneen konerullan muodostuminen nykytilanteessa ja kiinnirullaimen ajotapojen vaikutus hyllyn määrään. Hyllyn määrän optimoinnin toteuttamiseksi valittiin nollattavan säteen ja pituusmittauksen hyödyntäminen kiinnirullaimen konerullan ajossa. Työssä tutkittiin mittausmenetelmien mahdollista käyttöä hyllyn määrän optimoimiseksi. Kokeellisessa osassa tutkittiin myös mahdollisen pituusmittauksen tuomia muutoksia ja hyötyjä. Lopuksi on esitetty kannattavuuslaskelmia.

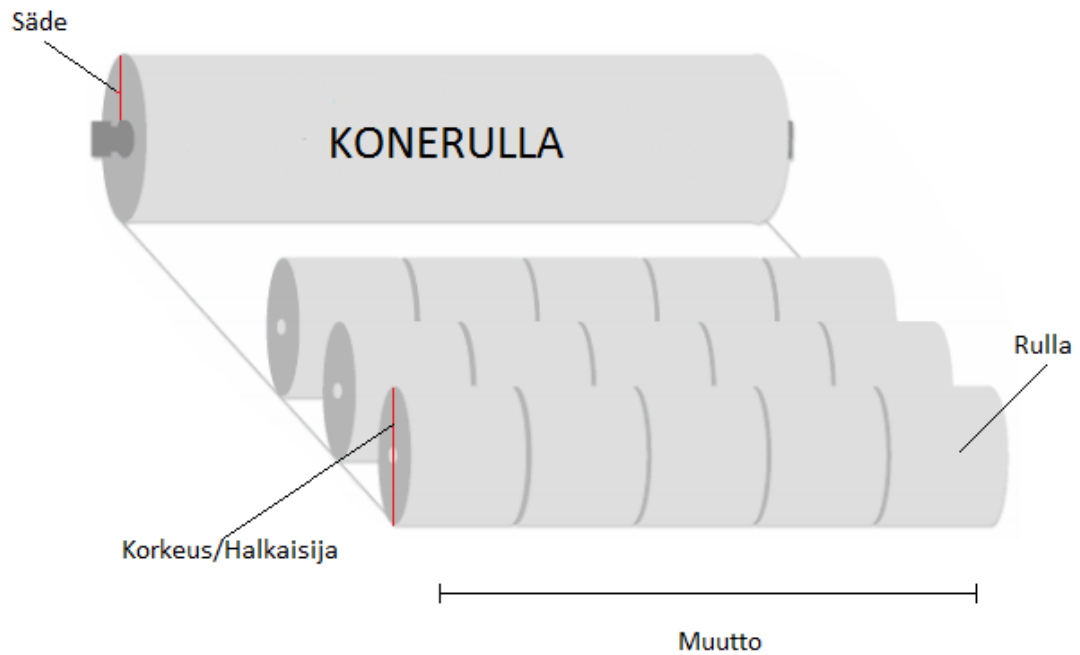
11 Hyllyn määrän optimointi

11.1 Konerullan kokoon vaikuttavat tekijät

Heinolan kartonkikoneen kiinnirullaimella on teoriassa mahdollista ajaa konerulla nykyistä käytäntöä suuremmaksi säteen arvoltaan. Käytännössä se ei ole kuitenkaan kannattavaa siitä aiheutuvien ongelmien johdosta. Liian pieni konerulla aiheuttaa myös vaikeuksia vaihdon yhteydessä.

Konerullan leveys on yleensä vakio, Heinolassa noin 6060 mm– 6120 mm ja pituusleikkurilla muuton maksimileveys on noin 6000 mm. Kartonkikoneelta tuleva rata on leveämpää kuin ajettavat muutot, koska radan reuna leikataan reunanauhaksi pituusleikkurilla. Ajon aikana ylimääräinen reunanauha kulkeutuu suoraan pituusleikkurin pulpperiin.

Pituusleikkurilla konerullasta leikataan asiakkaan tilaamat rullat oikeassa leveydessä ja korkeudessa (Kuva 23). Käytössä on niin sanotut ajomääräimet, joissa on tuotannosuunnittelijan laatimat tilaukset ja niiden ajotiedot. Konerullasta muodostuu pituusleikkurilla muuttoja, joista yksi muutto sisältää usean rullan (2-5 kappaletta keskimäärin).



Kuva 23. Periaatekuva muuttojen muodostumisesta konerullasta

Heinolassa konerullan korkeus muodostuu pituusleikkurilla ajettavien muuttojen korkeuden mukaan ja niiden määrästä konerullassa. Heinolassa konerulla ajetaan säteen mukaan oikean kokoiseksi (tiedetään, millä säteellä saadaan haluttu määrä muuttoja). Sädeanturi mittaa konerullan sädettä jatkuvasti hoitopuolen kulma-anturilla toisiovarren liikkeestä. Heinolassa käytössä oleva konerullan nettosädetaulukko näkyy taulukossa 1. Nettosäde-taulukosta nähdään, millä konerullan säteen arvolla saadaan haluttu määrä muuttoja.

Nettosädetaulukko 29.8.2006		
Muuton halkaisija 125cm		Nettosäde cm
Muuttoja kpl	1	39,5
	2	62,5
	3	82,0
	4	99,0
	5	113,7
	6	127,2
Muuton halkaisija 145cm		Nettosäde cm
	1	48,5
	2	77,0
	3	99,5
	4	119,7

Taulukko 1. Konerullan nettosädetaulukko

Pituusleikkurilla ajetaan halkaisijoiltaan 125,0 cm ja 145,0 cm olevia rullia. Halkaisijat saavat tilanteen vaatiessa jäädä 4,0 cm vajaaksi tai olla 1,0 cm:n ylisuuria. Korkea muutto on halkaisijaltaan 145,0 cm ja matala 125,0 cm. Nämä korkeudet sisältävät hylsyn keskellä jonka halkaisija on 12,0 cm.

11.2 Hyllyn syntyminen konerullaan ja konerullan katkojen aiheuttama hylky

Konerullaan syntyy suoraa hylkyä kartonkikoneelta häiriötilanteiden ja uudelleenkäynnistysten johdosta. Katkot konerullassa aiheuttavat pituusleikkurille karvin teon aiheuttaen mahdollisesti hylkyä. Konerullan katkokohta aiheuttaa myös suoraa hylkyä. Konerullan ajo ylisuureksi kiinnirullaimella aiheuttaa hylkyä pituusleikkurin aukirullauksessa luistamisen johdosta.

Merkittävää hylkyä syntyy konerullan katkojen ja kartonkikoneen uudelleen käynnistysten yhteydessä laadun kriteerejä haettaessa. Laatumittarin sijainnin takia huonolaatuinen fluting joudutaan ajamaan konerullaan. Konerullan pohjalle jää nauhavaihdon johdosta aina myös pieni määrä flutingia, joka on hylkyä.

Pinnalla on myös hylkyä, mutta se ei kuitenkaan joudu tilausrulliin asti. Pintahylky poistuu pituusleikkurin pääviennissä.

Pituusleikkurilla hylkyä syntyy huonojen karvien johdosta. Karvi on liitos, jolla katkokohdan radanpäät yhdistetään toisiinsa kaksipuoleisella teipillä ja muuton ajoa voidaan jatkaa. Karvin johdosta rulla voidaan lähettää myös uudelleenrullauskoneelle. Heinolassa on käytössä yksi pituusleikkuri ja pienempi muuttojen uudelleenrullaukseen tarkoitettu kone (URK).

12 Konerullan luistaminen ja kaatuminen

12.1 Luistaminen

Konerullan pohjan luistaminen on ongelma konerullan ajossa. Luistaminen rajoittaa konerullan kokoa (ei voida ajaa teoriassa mahdollisimman suuria konerullia).

Luistamista on estetty ajamalla pienempiä konerullia kiinnirullaimella. Konerulla ajetaan säteen mukaan ylimmillään 110,0 cm:n suuruiseksi. Konerulla sisältää kolme halkaisijaltaan 145,0 cm:n muuttoa tai neljä 125,0 cm:n muuttoa. Luistaminen aiheuttaa radan katkeamista tai rynkkyä konerullan pohja-alueella. Siitä aiheutuu katkoja/hylkyä pituusleikkurin aukirullauksessa. Konerullan luistaminen suurella konerullalla voi aiheuttaa myös konerullan kaatumista.

Nämä rajat ovat keskiarvo konerullista. Ne voivat hieman vaihdella neliöpainon mukaan. Pienemmillä neliöpainoilla 110g/m^2 - 127g/m^2 ilma poistuu paremmin konerullan kerrosten välistä kuin paksummilla. Ilman poistuminen tehokkaammin eliminoi myös konerullan luistamista. Laaduilla 110g/m^2 - 127g/m^2 on mahdollista ajaa muuttoa korkeampia konerullia, jolloin kokonaismuuttojen määrä on suurempi.

12.2 Kaatuminen

Konerullan kaatuminen pituusleikkurilla on todennäköistä, jos pohjan tuntumassa (alle 30cm ajettu) on katko ja konerulla ajetaan normaaliin säteen arvoon (noin 100,0cm). Kaatumisen johdosta rata lähtee pituusleikkuriin nähden ajau-

tumaan sivulle. Rata tulee väärässä kohdassa pituusleikkurin terille estäen leikkaamisen leveillä trimmeillä radan puuttumisen johdosta. Tämä on ongelma jo pienellä sivuttaisheitolla trimmin ollessa lähelle 600cm. Voimakkaasti kaatuesaan aukirullauksessa konerulla ottaa tampourin kiinnityktimeen kiinni, aiheuttaen ajon keskeytymisen. Kaatunut konerulla mahdollisesti vahingoittaa pituusleikkurin aukirullaimen mekanismia osuessaan siihen.

Kaatunut konerulla on hylkyä, koska sitä ei voida leikata pituusleikkurilla asiakasrulliksi. Kaatuneen konerullan pulpperointi on hankalaa ja hidasta, koska sitä ei ole mahdollista hylyttää hylkyleikkurilla. Kaatunut konerulla on lusattava käsin auki, jotta se on mahdollista hylyttää. Kuvassa 24 on kaatunut konerulla, jossa on katkokohta noin 30 cm:n kohdalla ja konerullasta on yritetty ajaa normaalin kokoinen.



Kuva 24. Kaatunut konerulla

13 Nykytilanne ja konerullan katkot

13.1 Nykytilanne

Konerulla ajetaan häiriötilanteiden jälkeen normaaliin kokoon säteen mukaan, vaikka hylkyä olisi muutossa vain kolmannes. Tämän hyllyn johdosta koko muutto hylätään, jolloin laadultaan hyvää flutingia joutuu hylkyksi. Tuotannon kannattavuuden kannalta hylky täytyisi saada konerullasta pituusleikkurilla pois sekoittamatta sitä hyvään flutingiin.

Tampuuriraudan vaihto ei onnistu, jos siinä on alle yksi muutto flutingia. Tämä aiheuttaa sen, että kartonkikoneen käynnistyksissä hylkyä kertyy pohjalle esimerkiksi 20 cm, (yhden muuton raja korkeilla muutoilla 48,5 cm ja matalilla 39,0 cm) eli alle yhden muuton verran. Tällöin ajoa jatketaan säteen mukaan normaaliin konerullan kokoon. Viimeinen muutto täytyy pituusleikkurilla hylätä siinä olevan hyllyn takia.

Konerullan katkojen jälkeen konerulla ajetaan säteen mukaan haluttuun kokoon. Tällöin yksi muutto sisältää katkon ja aiheuttaa pituusleikkurilla karvin teon (olettaen että muutto ei ole muuton vaihdon kohdalla).

Kartonkikoneella normaali katko voi tulla konerullalle esimerkiksi kun konerullaan on ajettu 1,5 muuton verran flutingia. Katkokohdan päälle ajoa jatketaan niin, että saadaan yhteensä kolme täyttä muuttoa (säteen ajoa jatketaan kolmen muuton kohtaan). Tämä aiheuttaa katkon muuttoon, jolloin pituusleikkurilla suoritetaan karvin teko. Katko voi osua myös muihin kohtiin konerullassa. Katko voi osua muuton rajan kohdalle. Muuton rajaan osuva katko aiheuttaa pituusleikkurilla radan uudelleen pujotuksen ja lusauksen konerullan katko kohdasta.

Katkon ollessa säteen arvossa alle 30 cm, saisi konerullan ajaa matalilla muutoilla kolmen muuton rajaan 82,0 cm. Vastaavasti kaksi korkeaa muuttoa, jolloin säde on 77 cm. Tällöin konerulla kestää eikä ala kaatumaan pituusleikkurin aukirullauksessa.

Konerullaan ajetaan katkon jälkeen vähäinen määrä ylimääräistä flutingia. Ylimääräistä ajetaan, koska pituusleikkurilla on konerulla pysäytettävä ennen kat-

koa löysän reunan takia. Löysän reunan katkon jälkeen konerullaan aiheuttaa hitaasti toimiva radanlevityslaitteisto. Radanlevitys aiheuttaa ”suppilon” muotoa uuden rullauksen alkuun. Tämä alue poistetaan eli lusataan pois pituusleikkurilla konerullasta. Löysän reunan ajaminen aiheuttaa laatuviikoja ja katkoja pituusleikkurilla.

Ylimääräisen flutingin määrän päättää kiinnirullaimen konemiehistö. Ylimäärälle ei voida asettaa pitäviä arvoja, koska radan päälle laitoissa on eroja. Konemiehistö päättää, milloin rata on lähtenyt hyväksytysti.

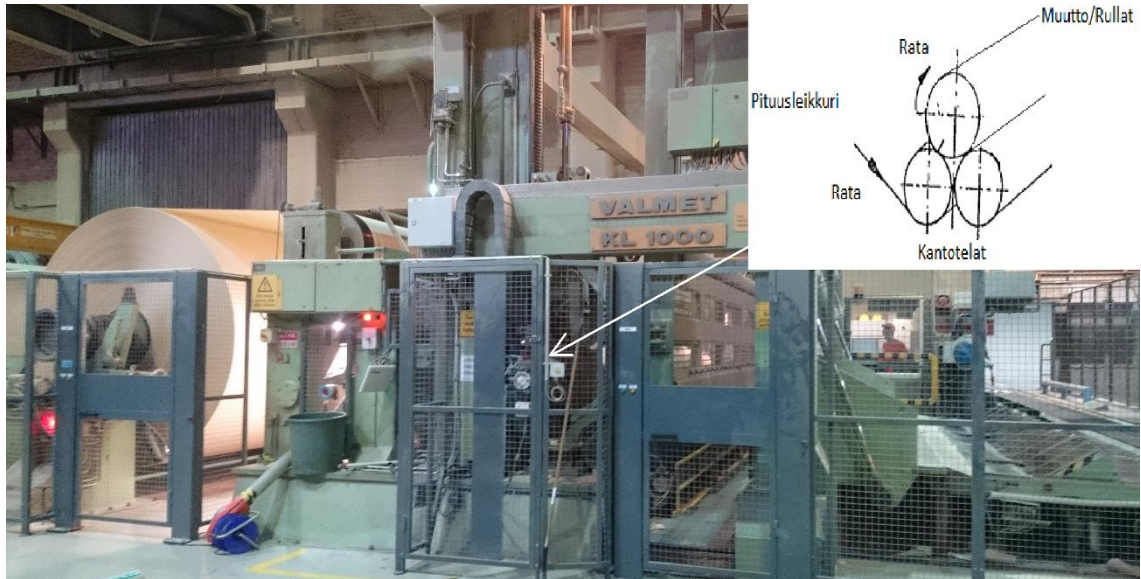
13.2 Konerullan katkojen aiheuttamat karvit

Konerullan katkot aiheuttavat ongelmia pituusleikkurilla ja siitä johtuvaa hylkyä. Katkojen ratkaisemiseksi niiden osuessa muuton sisään on tehtävä tilauskarvi. Arvioitu karvintekoaika on 10-15 min. Tilauskarvi on liitosrullassa mahdollista rullan lähettämisen asiakkaalle. Tilauskarveja on etukarvi ja takakarvi. Tilaukseen menevässä rullassa saa olla enimmillään kaksi tilauskarvia. On mahdollista tehdä myös pikakarvi, mutta silloin rullaa ei voida laittaa suoraan tilaukseen.

Pikakarvi on yleisin karvi, joka tehdään pituusleikkurilla konerullan katkon johdosta. Tilauskarvin on onnistuttava hyvin, jotta muutto voidaan laittaa tilaukseen. Huonon karvin johdosta muutto ohjataan URK:lle tai suoraan hylkyksi.

13.2.1 Etukarvi

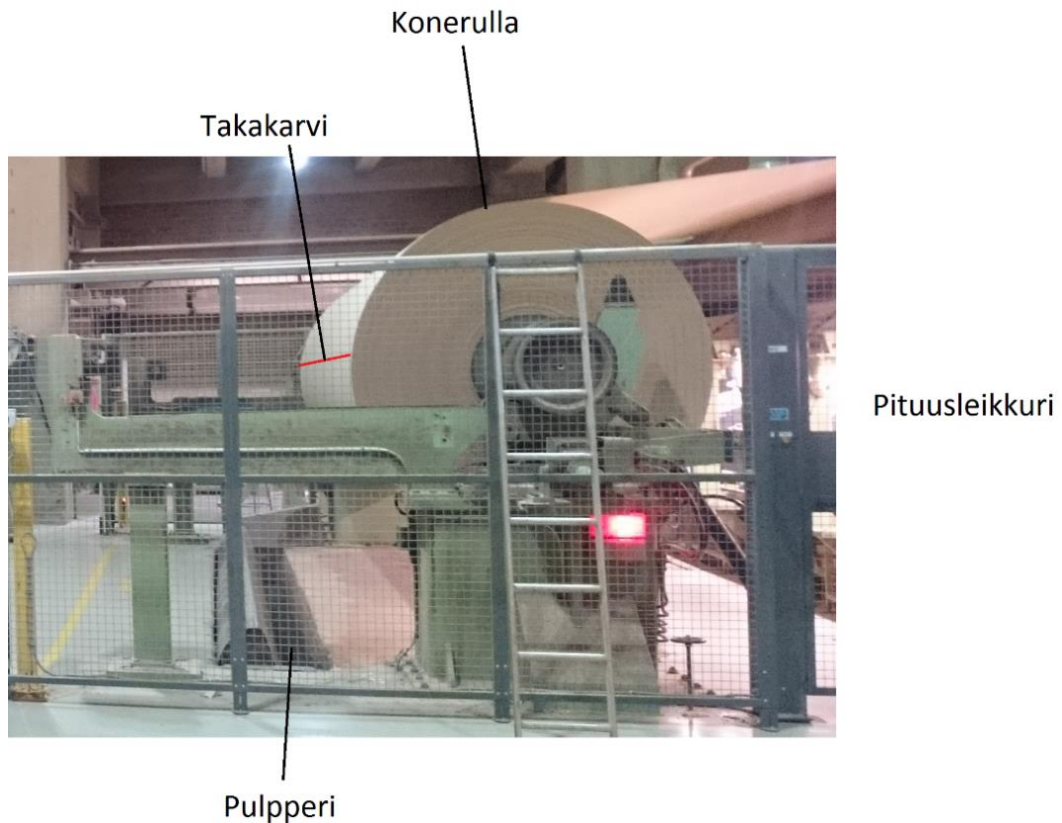
Etukarvi tehdään pituusleikkurin muuttoon kantotelojen päälle (Kuva 25). Etukarvin teossa rata viedään uudestaan konerullasta pituusleikkurin lävitse, kun katkokohta on lusattu pois konerullasta. Läpi vietyä radanpäättä pyöritetään rullalle (pituusleikkuria ryömitetään). Pyörittäessä radanpäättä rata levittyy koko muuton leveydelle. Levittäytymisen jälkeen tehdään radan ja rullien välinen liitos.



Kuva 25. Etukarvi

13.2.2 Takakarvi

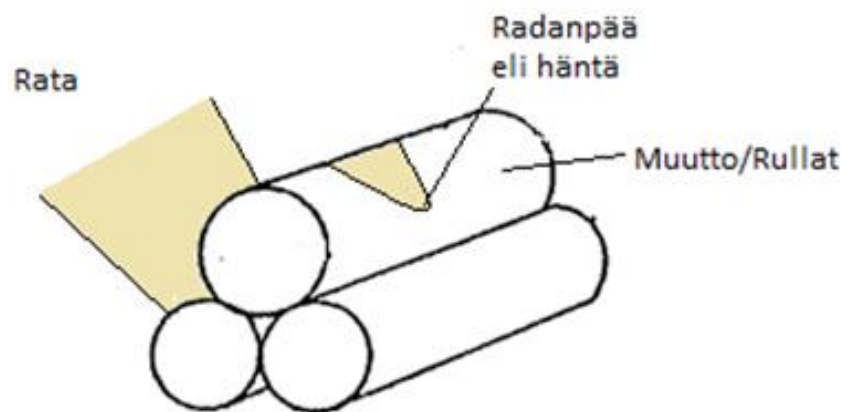
Takakarvi (Kuva 26) tehdään konerullaan ilman radan katkeamista pituusleikkurilla. Rata laitetaan poikki konerullan pintakerroksesta pysäytyksen jälkeen ja suoritetaan takarvin teko. Ennen karvin tekoa konerullan katkon jälkeiset kerrokset tulevat näkyviin lusaamalla ja katkokohta ohitetaan. Konerullan päällimmäisestä radasta (rata, joka on pituusleikkurin muutossa kiinni) pidetään kiinni. Kiinnipitäminen estää radan tippumisen konerullan päältä katkokohtaa lusattassa pituusleikkurin pulpperiin. Katkokohtan jälkeen tehdään karvi, jolla pidetty rata liitetään takaisin konerullaan kiinni. Takakarvi repeää useasti liitoskohdasta pituusleikkurilla, jolloin kaikki työ on tehty turhaan. Takakarvin tekeminen ei onnistu liian pienellä konerullalla (säteen ollessa jo lähelle 60 cm).



Kuva 26. Takakarvi

13.2.3 Pikakarvi

Pikakarvin teossa rata katkaistaan tai rata katkeaa. Katkokohta lusataan pois. Lusauksen jälkeen radanpää vietään pituusleikkurin lävitse. Radanpää kiinnitetään teipillä kantoteloilla olevaan muuttoon kiinni, minkä ympärille se alkaa kiertoutumaan (Kuva 27). Tällöin rulla menee automaattisesti vähintään URK:lle.



Kuva 27. Pikakarvi

Pikakarvin teon jälkeen radan kertyessä muuttojen päälle on rataa puukolla auottava. Pituusleikkurin teriä ei voida laittaa päänviennissä päälle. Ilman auko-

mista tuloksena on mahdollisesti pilari. Pilarin muodostavat rullat on sahattava auki, jos muunlainen irrotus ei onnistu. Tuloksena on hylkyä.

14 Hylyn määrän optimointi nollattavan säteen tai pituusmittauksen käytöllä

14.1 Alkutilanne

Konerullan ajo sädettä käyttäen on todettu pääosin hyvin toimivaksi toimintamalliksi. Sädeperusteinen ajotapa perustuu haluttujen muuttojen määrään suhteessa, millä konerullan säteen arvolla se toteutuu.

Sädettä ei ole mahdollista nollata ja aloittaa valitusta kohdasta. Tämä aiheuttaa hylyn sekoittumisen konerullauksessa laadultaan hyvään flutingiin ja katkojen synnyttämiä karvillisia rullia pituusleikkurilla.

Säde ei kasva tasaisesti suhteessa muuttojen määrään, koska rullattavan flutingin kehän pituus suurenee rullauksen aikana. Yhden muuton sisältävä säteen arvo on konerullan alussa suurempi kuin lopussa. Konerullat ajetaan samaan säteeseen lajista riippumatta, jolloin sen sisältämät metrimäärät vaihtuvat neliömassan mukaan. Neliömassan ollessa pieni, kertyy konerullaan enemmän metrejä.

Hylyn määrän optimointi vaihtoehtoiksi konerullaimelle valittiin nollattava sädemittaus ja pituusmittaus. Optimointi kohdentuu kartonkikoneen käynnistykseen, häiriötilanteiden ja katkotilanteiden yhteyteen.

14.2 Nollattava sädemittaus

Nollattava sädemittaus perustuisi säteen aloittamiseen halutusta kohdasta konerullaa. Nollattava sädemittaus mahdollistaisi hylyn eristämisen kartonkikoneen käynnistyksissä ja häiriötilanteissa hyvästä flutingista. Katkotilanteissa olisi mahdollista aloittaa uuden muuton ajo katkon jälkeen. Ennen katkoa syntynyt vajaa muutto ajettaisiin omaksi muutoksi, eikä karveja tarvitsisi tehdä konerullan katkojen johdosta.

Nollattavan sädemittauksen toiminnan periaate näkyy kuvasta 28. ”Muutettavat arvot” -sarakkeisiin syötetään oikeat arvot ajossa olevan lajin mukaan. Käytännössä kaikki arvot, paitsi muuttojen määrä asettuvat suoraan järjestelmän tiedoista, jolloin niitä ei itse tarvitse asettaa. Niiden muokattavuus on kuitenkin hyvä olla avoin tilanteen niin vaatiessa.

B	C	D	E	F	G
Muutettavat arvot					
nopeus (m/min)	fluting paksuus (mm)	tampurin säde (m)	haluttu muuttojen määrä	katkosäde (m)	pituus (m)
1010	0,3	0,4	1	0,23	6000
H	I	J	K		
älä muuta näitä					
todellinen säde (m)	kierrokset, jolloin valmis	uusi säde, jolloin valmis (m)	Aika, jolloin valmis (min)		
0,72	1083	0,55	5,9		

Kuva 28. Nollattava sädemittaus

Esimerkkikuvassa 28 näemme katkosäteen olevan arvossa 0,23 m ja haluttujen muuttojen määrän olevan yksi. ”Uusi säde” -kohdasta näemme kaavan laskevan uuden säteen arvon, jolloin on saavutettu haluttujen muuttojen määrä kyseisellä lajilla ja halutulla muuton pituudella.

14. 3 Pituusmittaus

Sädeperusteinen konerullan ajo ei poistuisi pääkäytöstä. Sädeperusteinen ajotapa toimisi käytössä normaalissa ajossa (käytössä oleva ajomalli). Rinnalle otettaisiin myös pituusmittaus (metri) erikoistilanteisiin. Pituusmittaus olisi juokseva, sisältäen mahdollisuuden valita päälle laiton (trippimittari). Pituusmittausta hyödynnettäisiin erityisesti konerullan katkoissa sekä kartonkikoneen käynnistyksissä ja häiriötilanteissa. Pituusmittauksessa muuton metrimäärään vaikuttaa neliöpaino ja pituusleikkurilla ajettava muuton korkeus.

Pituusmittauksen toteutus perustuisi kartonkikoneen nopeuteen. Kartonkikoneen nopeudesta voidaan määritellä metrien kertyminen konerullaimelle. Pituusmittauksen mittauksessa huomioitaisiin katkotieto (rainan tulo rullaimelle pysähtynyt), jolloin pituusmittaus pysähtyisi.

14.4 Hylyn määrän optimointi kartonkikoneen käynnistyksissä sekä häiriö- ja katkotilanteissa

Kartonkikoneen käynnistykset ja häiriötilanteet tarkoittavat tilanteita, jolloin konerullalle ajetaan laadultaan huonoa flutingia (hylkyä). Huonolaatuista flutingia ei voida laittaa tilaukseen. Hylyn sekoittuminen muutoissa hyvälaatuisen flutingiin pitäisi estää ylimääräisen hylyn muodostumisen estämiseksi. Kesken ajon konerullaan hetkellisesti syntyvä hylky on hyvin harvinaista. Esimerkkinä häiriötilanteesta on kartonkikoneen äkillisen höyryjen alenemisen johdosta syntyvä huonolaatuinen flutingi.

Katkotilanteita esiintyy kartonkikoneella useammin suhteessa suoran hylyn syntymiseen. Kartonkikoneen katkot aiheuttavat ylimääräisen katkokohdan konerullaan, jolloin rata on poikki. Suoranaisesti katkokohdassa ei ole huomattavaa hylky määrää, jos kiinnirullaimella rata lähtee ongelmitta konerullan päälle. Pituusleikkurilla katkokohdasta lusataan hylkyksi mahdollisimman pieni määrä. Huomattava hylky syntyy mahdollisesti pituusleikkurilla huonon karvin johdosta. Huono ajosuunnittelu katkon jälkeen kiinnirullaimella aiheuttaa mahdollisesti konerullan kaatumisen pituusleikkurilla, jolloin hylyn määrä on huomattava.

14.4.1 Kartonkikoneen käynnistykset

Kartonkikoneen uudelleen käynnistyksen yhteydessä joudutaan useasti ajamaan huonolaatuista flutingia konerullan pohjalle. Esimerkkitalanteessa huonolaatuisen flutingin tulo loppuu säteen arvoon 28 cm, ja kyseessä on korkeat muutot sisältävä konerulla (kolme kappaletta muuttoja). Tällöin hylky jää pohjimmaiseen muuttoon, koska konerulla ajetaan normaalisti normaalikokoon ja pohja muutto hylätään pituusleikkurilla (nettosädetaulukosta nähdään, että yhden korkean muuton raja konerullan pohjalta on 48,5 cm).

Hylyn sekoittuminen on mahdollista estää käyttämällä nollattavaa sädemittausta tai pituusmittausta hylyn tulon loppumisen jälkeen. Nollattava sädemittaus asettaisi uuden säteen arvon asetettujen muutto määrien mukaan. Uudessa säteen arvossa on otettava huomioon konerullan maksimisäteen arvo (voidaan sisällyttää kaavaan ehtona, jolloin hyväksyy asetetun muuttojen määrän ehdon täyty-

essä). Mahdollisesti suoritettava suoraan vaihto, jos konerullaan ei mahdu yhtään täyttä muuttoa.

Pituusmittaus toimii samalla periaatteella kuin nollattava sädemittaus, mutta eri mittausarvolla. Pituusmittaus perustuu suoraan tarvittavan pituuden mittaamiseen. Hylyn tulo loppuu, jolloin konemiehistö laittaa pituusmittauksen (trippimitari) käyntiin ja ajaa loput mahdolliset kokonaiset muutot metreinä päälle.

Pituusleikkurilla hylky ajettaisiin omaan muuttoon/muuttoihin, vaikka muutto ei olisi täysinäinen muutto. Tärkeintä on estää hyllyn sekoittuminen muuton tilausrulliin. Tilausrullaan sekoittunut hylky aiheuttaa rullan hylkäämisen.

14.4.2 Häiriötilanteet

Häiriötilanteissa huonolaatuista flutingia ajettaisiin konerullalle tilanteen vaatima määrä ennen laadun tasaantumista. Laadun saavutettua hyväksyty taso jatkettaisiin konerullan ajoa sen hetkisestä säteen arvosta (katkosäde). Pituusmittauksen toimintaidea on samanlainen.

Sädemittauksen tai pituusmittauksen aloittaminen määrätystä kohdasta ei jouduttaisi suorittamaan vaihtoa eikä sekoittamaan hylkyä hyvään flutingiin. Vaihto suoritettaisiin, jos konerullaan ei mahdu yhtään kokonaista muuttoa. Hyötysuhde pysyisi näin mahdollisimman korkealla.

14.4.3 Katkotilanteet

Nollattavan sädemittauksen tai pituusmittauksen hyödyntäminen katkotilanteissa konerullaimella vähentäisi pituusleikkurilla tehtävien karvien määrää. Karveja ei ole tuotannollisista syistä kannattavaa jättää kokonaan pois esimerkiksi pituusleikkurin omissa katkoissa.

Konerullan ajossa nollattavaa sädemittausta tai pituusmittausta käytettäisiin täysien muuttojen ajamiseen katkotilanteiden jälkeen. Katkon jälkeen syntyisi mahdollisesti yksi vajaa muutto pituusleikkurilla (poikkeus katkon ollessa suoraan muuton rajassa). Näin ajettaessa karveihin liittyvät ongelmat ja URK-rullien määrä vähenisi. URK-rullia syntyisi kuitenkin leikkurin omista katkoista, joita korjataan uudelleenrullauskoneella.

Katkotilanteen selvittämisen jälkeen koneryhmä ottaisi radan päälle ja päättäisi milloin rata on hyvin lähtenyt. Radan ollessa hyväksytysti lähtenyt aloitettaisiin sädemittaus tai pituusmittaus. Vaihtoehtoisesti mittaus voisi lähteä välittömästi päälle laitton jälkeen käyntiin, jolloin mittaukseen on sisällytetty ylimääräistä.

Pohjan alueelle (<30 cm) osuvien katkojen jälkeen on tärkeää olla ajamatta ylisuurta konerullaa (vaarana kaatuminen aukirullauksessa). Konerullan vaihto on suoritettava, jos konerullaan ei mahdu täysinäisiä muuttoja.

Matalilla muutoilla (oletus neljän muuton konerulla) ajettaessa katkon esiintyessä säteenarvolla yli 30 cm, päälle voidaan mahdollisesti ajaa enimmillään kolme täyttä muuttoja (konerullan säde ei saa ylittyä huomattavasti arvosta 1000 mm). Korkeilla muutoilla (oletus kolmen muuton konerulla) katkon esiintyessä yli 30 cm, voidaan konerullaan mahdollisesti ajaa kaksi täyttä muuttoja. Tarkan päälle ajettavien muuttojen määrän katkon esiintyessä yli 30 cm:ssä, määrää katko kohta.

Katkon ollessa alle 30 cm:ssä voidaan päälle ajaa kaksi täyttä matalaa muuttoja tai yksi täysi korkea muutto. Näin toimittaessa estettäisiin konerullan mahdollinen kaatuminen pituusleikkurilla.

Katkoja on teoreettisesti mahdollista osua useampi, kuin yksi kappale konerullaa kohden, mutta se on huomattavasti harvinaisempaa kuin ainoastaan yhden katkon osuminen konerullaan. Tämä on nähtävissä katkoaikaraporteista.

Toisen katkon jälkeen ei ole kannattava aloittaa uuden muuton ajoa. Vaihtoehtoina on uuden konerullan vaihtaminen tai menossa olevan muuton metri määrän loppuun ajaminen.

15 Pituusleikkurilla syntyvien hylkyrullien käsittely

15.1 Hylkyrulla

Uusi ajotapa nollattavaa sädemittausta tai pituusmittausta hyödyntäen kiinnirullaimella aiheuttaa pituusleikkurille hylkyrullia. Ongelmana pituusleikkurilla ei ole hylkyrullien ajaminen tilanteen vaatiessa. Ongelman aiheuttaa hylkyrullien sijoit-

taminen pituusleikkurin jälkeen, jotta ne saataisiin mahdollisimman helposti ja nopeasti hylkyksi hylkyleikkurille tai varastoon.

Hylkyrullan halkaisijan koko ratkaisee rullan jatkokäsittelyn. Mahdollisuuksia on kolme, pakkaamoon, D-tasolle (säilytystaso) tai vajaa rulla poistetaan pituusleikkurin jälkeiseltä hihnalta siihen tarkoitetuilla kärryillä.

15.2 Hylkyrullan lähettäminen pakkaamoon ja varastoon

Pakkaamoon lähetetty hylkyrulla on helpoin käsitellä jatkon kannalta. Hylkyrulla siirtyy automaattilinjastoa pitkin tuotevarastoon. Tuotevarastoon päätyessään hylkyrullat eivät aiheuta ongelmia tilan kannalta, ja ne voidaan kuljettaa sujuvasti sekä tehokkaasti hylkyleikkurille. Hylkyleikkurin vieressä on alue hylkyrullien säilytystä varten. Alue on kooltaan pieni, mikä aiheuttaa vajaiden rullien pääasiallisen säilytyksen tuotevarastossa.

Hylkyleikkuri pilkkoo rullat konepulpperiin uusiomassaksi. Hylkyrullan halkaisija aiheuttaa rajoitteen, jolloin rullaa ei voida lähettää pituusleikkurilta pakkaamoon.

Pakkaamoon lähetetyn rullan on oltava halkaisijaltaan vähintään 800 mm. Tämän rajan alle jäävät rullat kaatuvat pakkaamon pystyyn nostajalla. Pakkaamoon lähetettyä vajaata rullaa ei ole kannattavaa paketoida normaalisti.

15.3 D-taso

D-taso on erillinen rullien säilytys taso. Rullat voidaan ajaa D-tasolta pakkaamoon tai rullat voidaan ajaa URK:lle suoraan ilman kierrätystä varaston kautta.

Ennen uudelleen rullauskonetta rullat on mahdollista poistaa hihnalta trukilla, ja viedä hissillä hylkyleikkurille tai varastoon. Tätä kohtaa olisi hyvä hyödyntää niiden rullien kohdalla, joita ei voida lähettää pakkaamoon. Halkaisijaltaan alle 30 cm oleva hylkyrulla on mahdollista syöttää suoraan konepulpperiin kiinnirullaimen alhaalla olevasta luukusta. Rullaa on mahdollista lusata pienemmäksi uudelleen rullauskoneen luona, jos tilaa on käytössä. Lusatut kerrokset on mahdollista työntää konepulpperiin rullan lisäksi. Tämä ei kuitenkaan ole kannattavaa, jos pulpperoitavan rullan halkaisija on huomattavasti suurempi kuin 30 cm. Suuren halkaisijan lusaamiseen kuluu aikaa ja työvoimaresursseja.

15.4 Hylkyrullan kuljetusvaunu

Hylkyrullien kuljetusvaunu toimii pienten rullien poissaantiin pituusleikkurilta. Kuljetusvaunuihin rulla otetaan pituusleikkurin jälkeiseltä hihnalta. Kuljetusvaunuihin mahtuu yksi vajaa rulla kerrallaan. Kuvasta 29 nähdään hihnanpää hylkyrullien poistoa varten.



Kuva 29. Hylkyrullan poisto hihnanpäästä

16 Hyllyn määrän optimoinnin tuomat edut

Uudella konerullan ajotavalla (nollattava sädemittaus tai pituusmittaus) saavutettaisiin huomattavia parannuksia. Parannuksia voidaan tarkastella niin rahallisesti kuin asiakastyytyväisyyden kannalta. Uuden ajotavan tuomia parannuksia:

- Hyllyn määrä alenee.
- URK: rullien määrä vähenee.
- Asiakas saa enemmän karvittomia rullia.
- Huonoista karveista johtuvat pilarit vähenevät ja niiden tuomat ongelmat.
- Karvit vähenevät.
- Kiinnirullaimen hyötysuhde nousee.

URK- rullien vähenemisen myötä myös tuotevarastoon vapautuu tilaa. Pituusleikkurin omien katkojen synnyttämät URK- rullat ehditään tehokkaasti käsittelemään.

17 Kannattavuuslaskelmat

17.1 Yleistä

Nollattavan sädemittauksen tai pituusmittauksen hyödyntäminen konerullan tuotannossa parantaisi kannattavuutta verrattuna nykytilanteeseen. Kannattavuuden paranemista on tutkittu pulperoitujen karvillisten URK-rullien vähenemisen kautta (sisältää huonojen karvien aiheuttaman suoran hyllyn pituusleikkurilla).

Toinen tarkastelun kohde oli kiinnirullaimen tuotannon ajoajan tehostuminen verrattuna nykyiseen ajomalliin. Tarkastelussa selvitettiin konerullan ajoajan tehostumista katkojen jälkeen. Tarkastelussa saatavaa ajallista hyötyä käsiteltiin suhteessa konerullan valmistumiseen käytettyyn aikaan. Säästöä konerullan ajoajassa saavutettaisiin, koska katkollista muuttoa ei ajettaisi täysinäiseksi konerullalla.

17.2 URK- rullien määrän tarkastelu

URK-rullien tietojen vertailussa on käytetty aikaväliä 4.1.2014 - 17.12.2014. Määritetyltä ajalta on selvitetty huonojen karvien johdosta syntyneet URK-rullat ja niiden pulperoidut määrät. Tarkastelussa oletetaan karvien johtuvan konerullan katkoista. Konerullan katkojen oletetaan olevan rullan/muuton puolessa välissä.

Pulperoitujen karvillisten URK-rullien aiheuttama hyllyn määrä vähenisi 50 % nollattavaa sädemittausta tai pituusmittausta hyödyntämällä. Määrä vähenisi 50 %, koska hylkyä synnyttäisi ainoastaan konerullasta ajettava vajaa muutto. Tämä tarkoittaisi 50 %:n säästöä rahallisesti karvillisten URK- rullien aiheuttaneissa hyllyn kustannuksissa.

Hylyksi joutuvien URK- rullien määrä vähenisi oleellisesti. URK- rullien määrä pysyisi kuitenkin riittävän korkealla kattaen uudelleenrullauskoneen tämän het-

kisen toiminnan ja taloudellisen hyödyn. URK-rullien syntymisen takaa käytännössä muut rullausongelmat, kuten pituusleikkurin omat katkot ja virheet. Taloudellisesti URK-rullien uudelleenrullaus on kannattavin vaihtoehto.

17.3 Konerullan tuotannon ajoajan tehostuminen

Konerullan katkoissa nollattavaa sädemittausta tai pituusmittausta hyödyntämällä ei ajoaikaa käytettäisi todennäköisen hylyn syntymiseen. Konerullan tuotannon hyötysuhde paranisi ajoajan tehostumisen myötä.

Tarkastelussa käytettiin neljän eri laadun keskiarvoa. Tarkastelussa käytetyt laadut olivat 127g/m², 140g/m², 150g/m² ja 160g/m². Saavutettu ajallinen hyöty prosentuaalisesti katkollisessa konerullassa olisi 16,7 % konerullan ajoajasta. Prosentuaalinen hyöty on jokaisella lajilla 16,7 %. Arvo pysyy vakiona riippumatta ajettavasta laadusta. Laadun mukaan vaihtuvat suhteessa myös paperikoneen ajonopeus sekä muuton sisältävät metrimäärät.

18 Yhteenveto ja pohdinta

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin hylyn määrän optimointia kiinnirullaimen konerullan ajossa. Työssä selvitettiin nykytilanne kiinnirullaimen konerullan muodotuksessa ja hylyn syntymisen tekijät. Työssä selvitettiin nollattavan sädemittauksen ja pituusmittauksen vaikutuksia hylyn määrään sekä niiden tilannekohtainen käyttö. Lopussa tutkittiin näiden mittausmenetelmien tuomia etuja ja kannattavuutta.

Kiinnirullaimella nollattavalla sädemittauksella ja pituusmittauksella on mahdollista alentaa syntyvää hylyn määrää huomattavasti. Esitetyt mittaustavat mahdollistavat tarkan ajon hylyn määrän minimoinniksi kartonkikoneen käynnistysten sekä katko- ja häiriötilanteiden yhteydessä.

Nollattavalla sädemittauksella tai pituusmittauksella konerullan katkojen aiheuttamat URK-rullat vähenisivät oleellisesti. URK-rullien määrä pysyisi kuitenkin riittävän korkealla, eikä niiden uudelleenrullauksesta saatava taloudellinen hyöty alene.

Nollattava sädemittaus on helpommin toteutettavissa, koska nykyinen konerulaimen ajo perustuu myös säteen arvoon. Kokonaisuudessaan hylyn määrän optimointi on kannattava investointi suhteessa saatavaan hyötyyn. Suhteellisen pienellä investoinnilla on mahdollista alentaa huomattavasti syntyvää hylyn määrää.

Kuvat

- Kuva 1. Yrityksen logo Stora Enso Oyj, s. 9
- Kuva 2. Heinola Fluting tehdas, s. 10
- Kuva 3. Flutingin sijainti aaltopahvissa, s. 12
- Kuva 4. Laadun testaus menetelmät, s. 15
- Kuva 5. Kartonkikoneen periaatekuva, s. 16
- Kuva 6. Rakennekuva nykyaikaisen hydraulisen perälaatikon pääosista, s. 18
- Kuva 7. Tasoviira, s. 19
- Kuva 8. Mallikuva Heinolan hybridiformerista, s. 20
- Kuva 9. Heinolan puristinosa, s. 21
- Kuva 10. Märkäpuristus, kaksoishuopapuristin, s. 22
- Kuva 11. Lämmönsiirto höyrystä, s. 23
- Kuva 12. Pope-rullain, s. 25
- Kuva 13. keskiveto-pintaveto rullaimen periaatekuva, s. 28
- Kuva 14. Rullausparametrit, s. 29
- Kuva 15. Viivakuorman säteet R1 ja R2, s. 30
- Kuva 16. Rullaustapahtumaan vaikuttavat asiat, s. 33
- Kuva 17. Tampuurin kerrokset, s. 34
- Kuva 18. Tampuurissa vaikuttavat voimat, s. 35
- Kuva 19. Sisänippi, s. 36
- Kuva 20. Kokonaishyötysuhde, s. 38
- Kuva 21. Ilmapussituksen syntyminen, s. 40
- Kuva 22. Kreppirynekky, s. 44
- Kuva 23. Periaatekuva muuttojen muodostumisesta konerullasta, s. 45
- Kuva 24. Kaatunut konerulla, s. 47
- Kuva 25. Etukarvi, s. 50
- Kuva 26. Takakarvi, s. 51
- Kuva 27. Pikakarvi, s. 51
- Kuva 28. Nollattava sädemittaus, s. 53
- Kuva 29. Hylkyrullan poisto hihnan pää, s. 58

Taulukot

- Taulukko 1. Konerullan nettosädetaulukko, s. 45

Lähteet

Airola, N. & Happonen, E. & Jorkama, M. & Kojo, T. & Komulainen, P. & Luomi, S. & Malinen, U. & Paanasalo, J. & Rautakorpi, T. & Turunen, I. & Veräjänkorkva, J. 1999. Reeling and winding. Teoksessa Jokio, M. (toim.) Papermaking Part 3, Finishing. Helsinki: Fapet Oy 143- 236.

Aaltopahvi, tietoa aaltopahvista ja aaltopahvipakkauksista,
http://www.aaltopahvi.fi/publications/14_1266995384.pdf. Luettu 29.9.2014.

AEL, metsäteollisuuden koulutusmateriaali 14- 15.12.2005.

AVI ympäristölupa a 2013, aluehallintovirasto,
http://www.avi.fi/documents/10191/56814/esavi_paatos_258_2013_1-2013-12-19.pdf/52b88648-bea1-49bc-91f3-c625ac55d8ec. Luettu 27.9.2014.

Heinola Fluting 2014, Esittelymateriaali.

Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen, P.2005. Kemiallinen metsäteollisuus II, Paperin ja kartongin valmistus. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Jäkärä,H, 1998. Flutingin ajettavuus. Stora Enso Oyj 1998. Sisäinen seloste.

KnowPap 2014. Paperi- ja selluteollisuuden oppimisympäristö. Versio 15.0.
www.knowpap.com. Luettu 20.11.2014.

Laakso, O & Rintamäki, T 2003. Aaltopahvin valmistus ja jalostus. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Mäkelä, M. (2003). Paperin laatusuureiden mittaus ja säätö. 111 s. Suomen Automaatioseura ry, Helsinki.

Paperikoneet. Puusta paperiin M-502, 1997. Saarijärvi: Gummerus Kirjapaino Oy.

Paperin valmistus.1983. Suomen Paperi-insinöörien Yhdistyksen oppi- ja käsikirja 3 Osa 1.Turku: Oy Turun Sanomat.

Paperin valmistus. 1969. Suomen Paperi-insinöörien Yhdistyksen oppi- ja käsikirja 3. Helsinki: Frankellin Kirjapaino Oy.

Puusta paperiin M-103.1981. Helsinki: Frankellin Kirjapaino Oy.

Puusta paperiin M-504. 1997. Saarijärvi: Sepsilva L&d Oy.

Puusta paperiin M-506, 1997. Saarijärvi: Sepsilva L&d Oy.

Smook, G.A. 2002, Handbook for pulp & paper technologists 3. Vancouver, Canada. Angus Wilde Publications, 425.

Storaensopack 2014. Pakkaus vaatimuksia.
<http://www.storaensopack.fi/aallotuskartonki/semi-chemical-fluting>. Luettu 26.9.2014.

Stora Enso Oyj 2013. Perustiedot yrityksestä.
<http://www.storaenso.com/lang/finland/stora-enso-lyhyesti> Luettu 22.9.2014.

Stora Enso Oyj 2014. Heinola Flutingtehdas.
<http://renewablepackaging.storaenso.com/about-us/mills/heinola-mill/finnish>
26.9.2014 Luettu 29.9.2014.

Stora Enso flutingtehdas 2014. Heinolan Flutingtehdas. Perustietoa. Saatavissa Stora Enso Oyj:n Heinolan Fluting intranetissä: <https://heinola-fluting-mill.weshare.storaenso.com/tervetuloa/tuotteemme/Pages/tuotteemme-nakymaton-vahva-vaikuttaja.aspx> Luettu 29.9.2014.

Valmet. A pearl of a project in Heinola.
[http://www.valmet.com/valmet/products/Vault2MP.nsf/BYWID2/WID-120621-2256E-09A44/\\$File/Results212SEHeinola.pdf?openElement](http://www.valmet.com/valmet/products/Vault2MP.nsf/BYWID2/WID-120621-2256E-09A44/$File/Results212SEHeinola.pdf?openElement). Luettu 5.10.2014.