

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tuotantotekniikan ja kunnossapidon suuntautumisvaihtoehto

Alexi Honkanen

ASIAKASRULLIEN ARKKIKATKOT ANJALAN PAPERITEHTAALLA

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

Aleksi Honkanen

Asiakasrullien arkkikatkot Anjalan tehtaalla, 49 sivua, 3 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Tekniikka Lappeenranta, kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tuotantotekniikan- ja kunnossapidon suuntautumisvaihtoehto

Ohjaajat: Yliopettaja Seppo Toivanen Saimaan ammattikorkeakoulu,

Käyttöinsinööri Pertti Varjola Stora Enso Oyj

Tämän työn aiheena oli selvittää syyt, jotka aiheuttavat asiakasrullien arkkikatkoja Anjalan paperitehtaalla. Kun syyt oli saatu selville, piti alkaa miettimään keinoja, joilla arkkikatkojen määrää saadaan vähennettyä. Työ rajattiin siten, että eri muuttujien osalta keskityttiin kuljetinjärjestelmään, rullarakenteisiin, rullien dimensioihin sekä olosuhteisiin tehdassalissa.

Yhtenä tutkimusmenetelmänä tässä työssä käytettiin tilastointia, jonka avulla pyrittiin selvittämään, mikä vaikutus eri paperilajeilla ja rulladimensioilla on arkkikatkojen määrään. Toinen tärkeä tutkimusmetodi oli visuaalinen seuranta, joka tarkoitti rullien seuranta kuljetinjärjestelmällä. Tarkoituksena oli ymmärtää, onko kuljetinjärjestelmän varrella sellaisia paikkoja, joissa rullien pintoja rikkoutuu erityisen paljon. Lisäksi työssä tutkittiin ilmankosteuden ja rullarakenteen vaikutusta arkkikatkojen syntyyn.

Tämän työn tekeminen oli vaihtelevaa ja itse tekeminen jakautui pääosin neljän eri tutkimusmenetelmän mukaan. Suurin osa ajankäytöstä meni tilastointiin, taulukoiden tekemiseen sekä visuaaliseen seurantaan. Rullarakenteeseen ja kuljetinjärjestelmien toimintaan liittyvät tutkimukset suoritettiin lähinnä muiden toimesta, mutta tutkimuksien tuloksia käytettiin osana tätä työtä. Ilmankosteusmitaukset suoritin itse.

Tilastoinnin perusteella saatiin selville, että korkeat ja kapeat rullat aiheuttavat eniten ongelmia Anjalassa. Paperilaaduista eniten rullien arkkikatkoja ilmeni ExoPress-sanomalehtipaperilla. Tilastoista kävi myös ilmi, että mitä enemmän paperia on kalanteroitu, sitä herkempää se on pinnan rikkoutumiselle. Ilmankosteuksien osalta voitiin päätellä, että varsinkin talvisaikaan vallitseva alhainen ilmankosteus tehdassalissa kasvattaa ongelmien määrää. Myös kuljetinjärjestelmästä löytyi heikkouksia. Etenkin pituusleikkuri 5:n kuljettimilla olevat ylimenokohdat rasittavat rullien pintaa. Myös pituusleikkuri 3:n edessä olevien pysäytinläppien huomattiin rikkovan rullia. Rullarakenteella todettiin olevan melko vähäinen merkitys rullien arkkikatkojen syntyyn.

Työssä esiteltävien tutkimusten perusteella voidaan sanoa, että rullien arkkikatko-ongelmat syntyvät monien eri muuttujien yhteisvaikutuksesta. Ongelmia on hyvin vaikea poistaa kokonaan, koska Anjalassa leikattavien paperirullien dimensiot vaihtelevat jatkuvasti. Tärkeimmät keinot arkkikatkojen vähentämiseen ovat kuljetinjärjestelmän tasojen linjaus ja nopeuksien säätö, pituusleikkureiden parametrien viritys sekä lisäkostutinlaitteiden käyttö tehdassalissa.

Asiasanat: arkkikatko, kuljetinjärjestelmä, rullarakenne, seuranta, ilmankosteus

ABSTRACT

Aleksi Honkanen

Sheet rupture of reels in Anjala Mill, 49 pages, 3 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Technology, Mechanical and Manufacturing Engineering

Specialisation of Manufacturing Engineering and Maintenance

Instructors: Senior Lecturer Seppo Toivanen Saimaa University of Applied Sciences, Production engineer Pertti Varjola Stora Enso Oyj

The subject of this thesis was to investigate the causes of sheet rupture of reels in Anjala Mill. Once the causes were found it was time to start thinking about ways to avoid the sheet rupture. The subject was limited to conveyor belts, reel-structure, reel dimensions and humidity at the mill.

Several investigation methods were used in this report. The first method was making statistics. Another important method was visual tracking of reels which meant monitoring the conveyor system. The aim was to understand if the conveyor system had places which cause significant amount of damage to the reels. Also the humidity and reel structure were taken into consideration.

Making this work was full of variety and it was divided into four different research methods. Making the statistics and visual monitoring took the biggest amount of time. Investigations of the reel structure and conveyor systems were carried out mainly by others but the study results were used as part of this work. Humidity measurements were made by author.

On the basis of statistics it was discovered that the high and narrow reels caused the biggest amount of problems in Anjala Mill. The most problem causing paper type was ExoPress-newspaper. Also the low level of humidity increases the amount of sheet rupture problems. The conveyor system had also weaknesses. Especially winder 5 reels have to take serious stress at the overlapping points. Reel structure was found a relatively minor factor in the area of sheet rupture problems.

Based on the results in this study it is possible to say that sheet rupture problems are caused by more than one reason. It is almost impossible to remove the problem completely due to the fact that the dimensions of the reels are changing constantly. The best ways to reduce the problems are adjusting the levels and speeds of the conveyor systems, tuning up the winders and using of the additional humidifier inside the mill.

Keywords: sheet rupture, conveyor system, reel structure, monitoring, humidity

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	ASIAKASRULLIEN ARKKIKATKOJEN VAIKUTUS	8
2.1	Pakkaamon toimintaperiaate	8
2.2	Arkkikatkojen aiheuttamat ongelmat pakkaamossa	10
2.3	Arkkikatkojen vaikutus koko tehtaan tuotantoon	11
3	TUTKIMUSMENETELMÄT	12
3.1	Vuorokausiraportit ja reaaliaikainen seuranta	12
3.2	Rullarakenne- ja ilmankosteustutkimukset	13
3.3	Visuaalinen seuranta	14
4	TILASTOINTI	15
4.1	Vuorokausiraportit	15
4.1.1	Paperilajit	15
4.1.2	Rullien dimensiot	18
4.1.3	Pituusleikkurit	20
4.2	Arkkikatkojen seuranta pakkaamossa	21
4.2.1	Paperilajit	22
4.2.2	Rullien dimensiot	24
4.2.3	Pituusleikkurit	26
5	RULLARAKENNE	28
5.1	Yleistä pituusleikkauksesta	28
5.2	Tutkimukset Anjalassa	29
6	KULJETINJÄRJESTELMÄT	30
6.1	Yleistä kuljetinjärjestelmistä	30
6.2	Anjalan paperitehtaan kuljetintyytit	31
6.3	Rullien seuranta kuljettimilla	32
6.3.1	Pituusleikkuri 5	32
6.3.2	Pituusleikkuri 3	34
7	KULJETTIMIEN MITTAUKSET JA MUUTOKSET	36
7.1	Ylimenokohdat	36
7.2	Kuljettimien nopeuserot	38
8	ILMANKOSTEUS	39
8.1	Mittauksista	39
8.2	Mittaustulokset	39
8.3	Tulosten arviointi	41
8.4	Lisäkostutuslaitteet	42
9	YHTEENVETO	43
9.1	Asiakasrullien arkkikatkot	43
9.2	Kuljetinjärjestelmät	44
9.3	Ilmankosteus ja rullarakenne	45
9.4	Parannusehdotukset	46
9.5	Jatkotoimenpiteet	47
	KUVAT	48
	KUVIOT	48
	TAULUKOT	48
	LÄHTEET	49

LIITTEET

Liite 1 Laskut arkkikatkojen vaikutuksesta koko tehtaan tuotantoon

Liite 2 Pituusleikkuri 5 kuljettimien layout

Liite 3 Anjalan kuljetinjärjestelmän layout

1 JOHDANTO

Stora Enso on maailmanlaajuisesti toimiva metsäteollisuusyhtiö, joka työllistää tällä hetkellä noin 26 000 ihmistä. Stora Enson Anjalankosken tehtaat on Kouvolassa sijaitseva tehdaskokonaisuus, johon kuuluvat Anjalan paperitehdas ja Inkeröisten kartonkitehdas. Anjalan paperitehdas on perustettu vuonna 1938 ja tällä hetkellä siellä on käytössä kaksi paperikonetta, joilla valmistetaan hiokepi-toisia painopapereita. Vuosittainen tuotantokapasiteetti on 435 000 tonnia paperia.

Anjalan paperitehtaan paperikone 2 (PK2) valmistaa päällystettyä ja päällystämätöntä kirjapaperia. Vuosittainen tuotantokapasiteetti on 185 000 tonnia. PK2 on otettu käyttöön vuonna 1938 ja uudistettu useaan kertaan, viimeksi vuonna 2008. PK2:n ajonopeus on 1350 metriä minuutissa ja leveys on 5,38 metriä. Paperikone 3 (PK3) valmistaa päällystämätöntä kirjapaperia ja erikoissanomalehtipaperia. Vuosittainen tuotantokapasiteetti on 250 000 tonnia. Käyttöönotto tapahtui vuonna 1983, jonka jälkeen sitä on uudistettu vuosina 1990 ja 1997. PK3:n ajonopeus on 1300 metriä minuutissa ja leveys 8,55 metriä.

Paperikoneelta valmistunut konerulla menee leikattavaksi pituusleikkurille. Anjalan paperitehtaalla pituusleikkureita on yhteensä neljä, kaksi kummallekin paperikoneelle. Pituusleikkauksen jälkeen rullat kuljetetaan kuljetinjärjestelmän avulla pakkauskoneelle. Anjalassa on yksi, täysin automatisoitu pakkauskone. Sillä pystytään pakkaamaan 170 rullaa tunnissa ja sen vaihe-aika on 19 sekuntia rullaa kohden. Pakkauskone otettiin käyttöön vuonna 2008, jolloin Anjalassa tehtiin mittava investointi jälkikäsitteilyyn. Pakkauskoneen lisäksi käyttöön otettiin uusi automaattinen pituusleikkuri sekä automaattinen hylsynkäsitteily.

Anjalan paperitehtaalla ongelmia aiheuttaa pituusleikkureilta pakkauskoneelle tulevien rullien pinta-arkkien rikkoutuminen. Asiakasrullien pinta-arkki on ehjä pituusleikkurilta lähtiessä, mutta se on revennyt osittain tai kokonaan rullan saapuessa pakkauskoneelle. Osittain revennyt pinta-arkki monesti repeää kokonaan viimeistään pakkauksen yhteydessä. Rikkoutuneet pinta-arkit aiheutta-

vat monentyyppisiä ongelmia pakkaamossa ja hidastavat merkittävästi sen toimintaa. Samalla hidastuu koko tehtaan tuotanto.

Tämän työn tavoitteena on selvittää, mitkä tekijät rullien pinta-arkkien rikkoutumisen aiheuttavat ja miettiä, miten tilannetta saataisiin parannettua. Työ on rajattu siten, että tekijöitä tutkittaessa otetaan huomioon kuljetinjärjestelmät, rullarakenteet (Cameron-testi, Smith-neula), paperilajit ja niiden vaikutus arkin katkeamiseen, rulladimensiot sekä olosuhteet (kosteus).

Pääpaino tässä työssä on ongelmiin johtavien syiden löytämisellä. Ensin tutkitaan muuttujien vaikutusta asiaan ja sen jälkeen analysoidaan, mitkä tekijät ovat tärkeimpiä. Vasta sitten, kun syyt arkkikatkojen syntymiseen ymmärretään, on syytä alkaa pohtimaan mahdollisia parannuskeinoja. Tällä tavoin toimimalla pystytään välttämään paljon turhaa työtä ja tekemään tehokkaimmat mahdolliset parannustoimenpiteet.

2 ASIAKASRULLIEN ARKKIKATKOJEN VAIKUTUS

2.1 Pakkaamon toimintaperiaate

Tuotevarastoon ja sieltä edelleen tilaajalle menevät paperirullat joutuvat kuljetuksen aikana kestävänsä sekä mekaanisia että ilmastollisia rasituksia. Onkin useimmiten välttämätöntä, että rullat pakataan kuljetuksen ja varastoinnin ajaksi. Paras suoja rasituksia vastaan saavutetaan kartonkipohjaisella rullanpakkauskääreellä, joka sisältää kosteussulun. Pakkaustapahtuman yhteydessä rullat varustetaan kääreen lisäksi sisä- ja ulkopäätylapuilla. Rullat myös merkitään etiketein sekä viivakoodein, jotta rullat pystytään tunnistamaan kuljetusketjun aikana. (Hägglom-Ahnger ym. 2003.)

Anjalassa pituusleikkureilta tulevat rullat siirtyvät syöttökuljettimia pitkin pakkaamon syöttörampille, joka on esitetty kuvassa 2.1. Syöttörampilla rullat siirretään työntimien ja vastaanottimien avulla pakkaamon vaa'alle. Vaa'alla rullat punnitaan, keskitetään ja niiden tiedot luetaan. Tietojen avulla ohjataan kääre- ja liimausleveyksien, kääremäärän ja päätylappujen koon valintaa. Vaa'alta rulla siirtyy merkkusasemalle, jossa osa rullan tiedoista merkataan rullan pätyyn. Vaaka ja merkkusasema näkyvät kuvassa 2.2 (Tani 2011).



Kuva 2.1 Rullia syöttörampilla



Kuva 2.2 Rullia vaa'alla ja merkkusasemalla

Merkkusaseman jälkeen rulla siirtyy askelkuljettimelle, joka kuljettaa rullan käärintäasemalle (kuva 2.3). Käärintäasemalla rullan pätyihin asetetaan sisemmät päätylaput (kuva 2.4), jonka jälkeen pahvikääreen pää liimataan rullan

vaippaan ja kääre pyöritetään rullan ympärille (kuva 2.5). Liimaus alkaa kääreen alkupään liimauksella eli ympärivientiliimauksella. Kun kääre on pyöritetty rullan ympärille, suoritetaan kääreen loppupään liimaus eli sulkuliimaus (Tani 2011).



Kuva 2.3 Rulla saapunut käärintään



Kuva 2.4 Päätylaput asetetaan paikalleen



Kuva 2.5 Käärintä käynnissä



Kuva 2.6 Käärintä valmiina

Kun rullan käärintä on valmis (kuva 2.6), askelkuljetin siirtää sen vaippamerkkusasemalle. Siellä kääreeseen merkataan rullan tiedot ja viivakoodi sekä liimataan vaippaetiketti. Vaippamerkkusaseman jälkeen askelkuljetin vie rullan päätypuristinrasemalle, jossa rullaan liimataan kääreen reunojen päälle tulevat ulommat päätylaput. Liimaus tehdään sähköllä lämmitettävien puristinlevyjen avulla. Puristuksen aikana päätylapun sisäpuolinen muovipinnoite sulatetaan ja lappu liimautuu rullaan (Tani 2011).

Päätypuristinaseman jälkeen rullat siirtyvät päätyetikettiasemalle, jossa päätyihin liimataan etiketit. Päätyetiketöinnin jälkeen rullat kulkevat kuljettimien ja hissin kautta varastoon, johon ne jäävät odottamaan kuljetusta.

2.2 Arkkikatkojen aiheuttamat ongelmat pakkaamossa

Pinta-arkkien rikkoutuminen aiheuttaa monentyyppisiä ongelmia pakkaamossa. Välillä rullista roikkuvat paperinpäät laukaisevat valosilmiä ja pysäyttävät kuljettimia pakkaamossa tai ennen pakkaamoja. Joskus rullista irtoavat paperinpalat kasautuvat eri väleihin ja aiheuttavat näin katkoja pakkaukseen.

Suurin osa arkkikatko-ongelmista liittyy kuitenkin käärintään, jossa rullan ympärille pyöritetään kääre ja päätyihin asetetaan päätylaput. Jos rullan käärintä ei onnistu, pakkauskone pysähtyy. Jos rullan käärintä onnistuu, mutta kääre jää löysälle, joudutaan se pakkaamaan uudestaan. Joskus löysälle jäänyt kääre saattaa aiheuttaa sen, että päätypuristinasemalla kääreeseen päälle tarkoitetut liimat menevät rullan päätyihin (Puhakka 2011). Rulla, jonka päätyihin liimaa tulee, joudutaan ajamaan uudestaan uudelleenrullauskoneella tai se joudutaan hylkäämään. Joka tapauksessa käärintänsä ilmenevät ongelmat tuottavat yleensä huomattavan määrän lisätyötä ja haittaavat tuotannon tehokkuutta.

Vaikka kaikki pinta-arkkien repeämiset aiheuttavat jonkinlaisia ongelmia pakkaamossa, erityisen suuria ongelmia tuottavat tietynlaiset rullat. Näitä ovat pituusleikkuri 5:ltä (PL5) tulevat, halkaisijaltaan noin 1150 mm olevat rullat, joista arkki on osittain revennyt. Tämä rullakoko on ongelmallinen siitä syystä, että ne ovat juuri sopivan mittaisia aiheuttamaan käärintänsä epäonnistumisen. (Puhakka 2011)

PL5:ltä pakkaamoon menevät rullat kulkevat koko matkan pyörähtämättä kertaakaan. Silloin sama kohta paperista joutuu ottamaan vastaan kuljettimien aiheuttamat rasitukset koko matkan ajalta. Tämä aiheuttaa monesti repeämisen rullan pinta-arkkiin. Kun rulla sitten saapuu käärintään ja kääreeseen liimaus rullaan alkaa, osuu kääreeseen alkuosa juuri sopivasti repeämisen viereen. Kun rullaa pyöritetään ja kääre alkaa liimautua rullan ympärille, repeää arkki kokonaan poikki jo alkunsa saaneen repeämisen kohdalta. Kun arkki katkeaa, kääre ei liimaudu rullaan kunnolla.

2.3 Arkkikatkojen vaikutus koko tehtaan tuotantoon

Arkkikatko-ongelmat aiheuttavat ylimääräistä työtä ja haittaavat rullien pakkaamisesta. Ylimääräisestä työstä aiheutuu menetettyä pakkaamis- ja työaika. Pakkaamisen epäonnistuminen aiheuttaa hukkaan menevää materiaalia, josta seuraa ylimääräisiä kustannuksia. Vuosittain hukkaan menevän ajan ja kustannusten määrää pyrittiin arviomaan laskelmien avulla, jotka on esitetty liitteessä 1.

Arkkikatkorullien vuosittaiseksi kokonaismääräksi arvioitiin 37600 rullaa (Liite 1: sivu 1). Arkkikatkorullien kokonaismäärän arvioinnissa käytettiin apuna tuloksia, jotka saatiin pakkaamossa tapahtuneen arkkikatkojen reaaliaikaisen seurannan avulla. Seurannan tulokset on esitetty tarkemmin luvussa 4.2. Laskennassa käytettiin lisäksi korjauskertoimia kompensoimaan eri vuodenaikojen merkitystä, koska seuranta tapahtui ainoastaan yhden kuukauden aikana. Kokonaismäärää laskettaessa pyrittiin huomiomaan myös seurannan aikana merkitsemättä jääneiden arkkikatkorullien määrä.

Arkkikatkorullien aiheuttamaksi euromääräiseksi materiaalihävikiksi vuosittain laskettiin 11 280 euroa (Liite 1: sivu 2). Materiaalihävikiksi luetaan epäonnistuneen pakkauksen seurauksena hukkaan menevä pakkauskääre, jonka hinta on noin 600 euroa tonnilta (Heikkilä 2011). Painossa mitattuna laskemalla saatu materiaalihävikki on noin 18,8 tonnia, kun vuosittain Anjalassa käärettä menee yhteensä noin 1900 tonnia.

Vuosittaista aikahävikkiä laskettaessa (Liite 1: sivu 3) jouduttiin käyttämään paljolti harkintaa ja puhdasta arviointia. Laskuissa on pyritty arvioimaan erilaisten arkkikatko-ongelmien aiheuttamien pakkauskatkosten kesto ja lukumäärä. Vuosittaiseksi aikahävikiksi saatiin 486 tuntia, joka tarkoittaa noin kahtakymmentä vuorokautta menetettyä työaika.

Laskennassa arvioitiin myös vuosittainen aika, jonka pakkauskone seisoo arkkikatko-ongelmien vuoksi. Ajaksi saatiin 313 tuntia. Teoriassa siinä ajassa pystyttäisiin pakkaamaan noin 60 000 rullaa. Määrä on kuitenkin vain teoreettinen ja sen toteutumiseksi rullavirran tulisi olla jatkuva ja pakkauskoneen pitäisi pakata koko ajan maksiminopeudella ilman katkoja.

3 TUTKIMUSMENETELMÄT

3.1 Vuorokausiraportit ja reaaliaikainen seuranta

Jotta löydetään ratkaisu mihin tahansa ongelmaan, on hyvä tuntea syyt, jotka ongelman aiheuttavat. Tätä lähestymistapaa noudattaen luontevin tapa aloittaa tämän työn tekeminen oli tutustumalla vanhoihin tuotannon vuorokausiraportteihin.

Sain tutkittavakseni raportit vuoden 2008 alusta lähtien. Niiden huomautuskenttään oli merkitty, jos asiakasrullien arkkikatkot olivat aiheuttaneet ongelmia pakkauksessa. On kuitenkin muistettava, että niihin tehdyt merkinnät tarkoittavat yleensä suurta arkkikatkorullien määrää. Satunnaisia arkkien katkeamisia raporteihin ei ollut merkitty.

Kävin vuorokausiraportit läpi vuosien 2008, 2009, 2010 ja 2011 osalta. Merkinnät huomautuskentissä olivat vuoromestarien tekemiä. Koska tyyli näissä merkinnöissä on vapaa, tietojen tarkkuus vaihtelee suuresti. Käytin vuorokausiraporttien lisäksi apuna myös rullalokiraportteja, joihin on merkitty pituusleikkuri-kohtaisesti jokaisen leikatun rullan tiedot. Rullalokiraportit on saatavilla viimeisen kahden vuoden ajalta.

Jos esimerkiksi vuorokausiraportin huomautuskenttään merkitystä tekstistä selvisi ongelmia aiheuttaneiden rullien leveys, saatoin rullalokiraportin avulla pysyttyä selvittämään myös rullien halkaisijan ja paperilajin. Kun olin saanut tiedot kaivetuksi esiin, laadin niistä taulukot, jotka on esitetty tässä työssä myöhemmin. Niistä selviää, minkä tyyppiset rullat ovat aiheuttaneet eniten huomautuksia vuorokausiraportteihin.

Vanhojen vuorokausiraporttien läpikäymisellä ei kuitenkaan saa kovinkaan yksityiskohtaista tietoa kaikista niistä rullista, joista pinta-arkki on rikkoutunut. Tämän takia laadin pakkaamoon sijoitettavan listan, johon tietyn seurantajakson aikana täytetään tiedot jokaisesta rullasta, josta pinta-arkki on katkennut. Käytännössä toimittiin siten, että pakkaajat täyttivät listaa työtehtäviensä lomassa. Listaan merkittävät tiedot olivat rullan leveys, halkaisija, paperilaji ja rullan lei-

kannut pituusleikkuri. Lisäksi merkittiin päivämäärä ja vuoro, jotta tiedossa oli mahdollisimman tarkka ajankohta.

Motivaatiota listan täyttöön toi tieto siitä, että jos arkkikatkojen määrää onnistutaan pienentämään, tuo se helpotusta pakkaajan arkeen tulevaisuudessa. Ongelman ollessa pahimmillaan pakkaaja ei juuri muuta ehdi tekemään kuin poistaa kääreitä käärintäasemalta ja kuittailla arkkikatkojen aiheuttamia hälytyksiä.

3.2 Rullarakenne- ja ilmankosteustutkimukset

Rullan rakenteella on merkitystä pinta-arkin rikkoutumiseen. Jos rullan pinta on erittäin kireä, arkki suorastaan räpsähtää poikki pienenkin repeämän saatuaan. Ennen työn aloittamista oli kuitenkin jo tiedossa, että vaikka PL5:n rullat ovat suurin ongelma pakkaamossa, on niiden rullarakenne mittausten mukaan optimaalinen eli kireys laskee rullan halkaisijan kasvaessa. Tästä voitiin päätellä, että koska rullarakenne ei ole syynä ainakaan PL5:n rullien arkkikatkoihin, ei sen merkitys ole ehkä ratkaiseva muidenkaan leikkureiden rullilla.

Rullarakennetutkimuksia tehtiin pääasiassa pituusleikkuri 3:n (PL3) rullille, koska niiden rullarakenteen tiedettiin olevan huonompi kuin PL5:n rullien. Menetelminä käytettiin Cameron-testiä sekä Smith-neula tutkimusta. Rullarakenteisiin tehtiin muutoksia muuttamalla leikkurin ajoparametreja.

Cameron-testissä, joka tunnetaan myös nimellä rakotesti, mitataan rullaan muodostunutta kireyttä rullauksen jälkeen. Testin avulla tutkitaan paperin venymää eri kerroksista leikkaamalla rullan pintakerros poikki. Leikkaamisen seurauksena syntynyt rako mitataan ja lasketaan, kuinka monta promillea raon pituus on kehämitasta. Mittaus on suoritettava kahden tunnin kuluessa rullauksesta. (Uhlbäck, 2008)

Smith-neula tutkimuksen tarkoituksena on mitata rullan paperikerrosten välistä puristuspainetta. Mittaus suoritetaan siten, että tiukkuusmittarin jousikuormittainen terä työnnetään rullan päätyyn paperikerrosten sisään ja mitataan sen uppoamissyvyys. (Uhlbäck, 2008)

Tehdassalin ilmankosteudella arvioitiin etukäteen olevan suuri merkitys pinta-arkkien rikkoutumisessa. Tätä olettamusta tukivat havainnot siitä, että menneen talven aikana ongelma moninkertaistui. Tiedetään, että mitä kuivempi ilma tehdassalissa on, sitä enemmän paperi kuivuu ja rullan pinta kiristyy. Kun rullan pinta kiristyy, todennäköisyys pinnan rikkoutumiseen kasvaa.

Ilmankosteuden mittaaminen tehdassalissa oli siis osa tätä työtä. Tarkoituksena oli selvittää, onko tehdassalin sisällä sellaisia paikkoja, johon kannattaisi asentaa lisäkostutuslaitteita. Lisäksi jo aikaisemmin talvella oli tehty joitain ilmankosteusmittauksia. Näistä mittauksista ei valitettavasti ollut mittauspöytäkirjoja, mutta silloin saatujen lukemien suuruusluokka oli tiedossa. Näiden kahden eri mitausten tuloksia vertailemalla pyrittiin saamaan jonkinlainen käsitys siitä, miten paljon tehdassalin ilmankosteus riippuu ulkona vallitsevasta säästä.

3.3 Visuaalinen seuranta

Visuaalisen seurannan merkitys tämän työn tekemisessä oli merkittävä. Siihen varattiin ennen työn aloittamista paljon aikaa, koska kuljetinjärjestelmän osuus rullien arkkikatkoihin arvioitiin ilmankosteuden ohella hyvin suureksi. Tässä työssä kuljetinjärjestelmällä tarkoitetaan koko sitä kuljetinsysteemiä, minkä rullat läpäisevät kulkiessaan pituusleikkurilta pakkauskoneelle.

Seuranta tässä työssä tapahtui pääosin tarkkailemalla rullia kuljettimilla. Näin voitiin tarkkailla, missä kohdin kuljetinjärjestelmää pinta-arkin repeämä sai alkunsa ja minkä vuoksi. Seurannalle varattu suuri aikamäärä osoittautui hyödylliseksi, sillä siinä kuluu aikaa huomattavan paljon.

Käytin apunani seurantatyössä kameraa, jolla sai taltioitua repeämien syntyä eri vaiheissa kuljetinjärjestelmää. Tällä tavoin ei tarvitse olla pelkän muistin varassa, vaan pystyy jälkeenpäin vertailemaan eri kuljettimien aiheuttamia jälkiä rullissa.

4 TILASTOINTI

4.1 Vuorokausiraportit

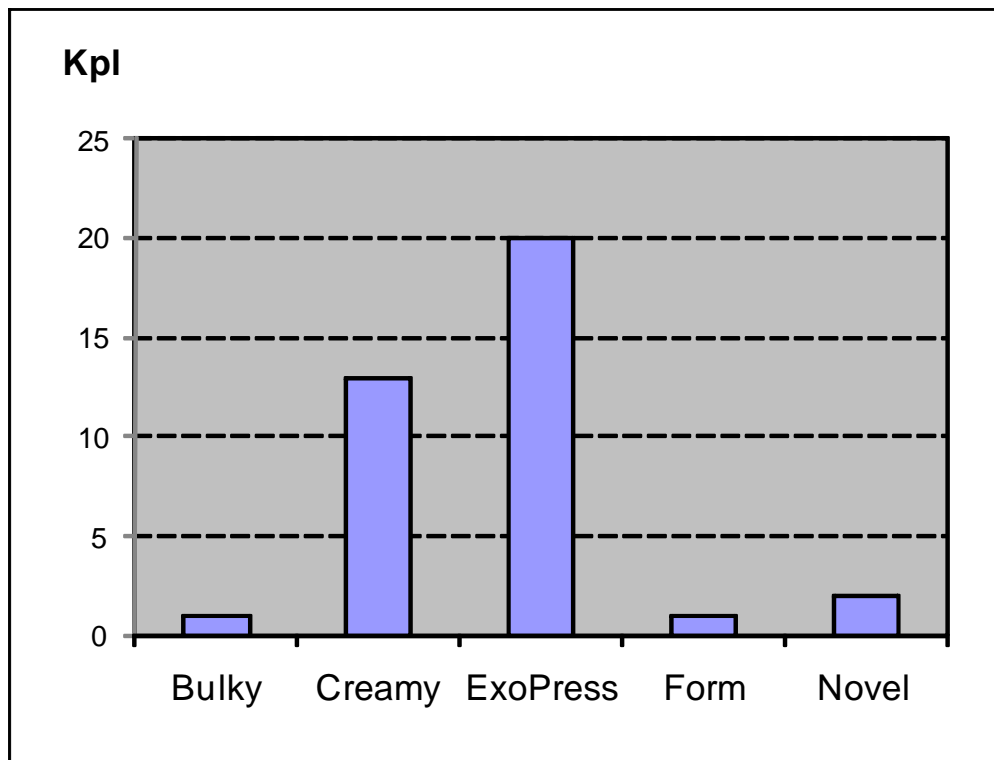
Vuorokausiraportteihin tehtyjen huomautusten pohjalta laaditut tilastot ovat ajalta tammikuu 2008 - maaliskuu 2011. Koska tietoja ei ole kerätty tätä tilastointia varten, voidaan tuloksia pitää lähinnä suuntaa antavina. On syytä olettaa, että huomautuksiin on jäänyt merkitsemättä oleellinen määrä arkkikatkojen aiheuttamista ongelmista.

Rullalokiraporttien avulla pystyin melko hyvin selvittämään puuttuvat tiedot arkkikatkoja aiheuttaneista rullista. Pieneksi ongelmaksi muodostui tosin se, ettei raporteja ollut nähtävillä kuin kahden edellisvuoden ajalta. Tämä johtuu siitä, että rullatapahtumilla joista lokiraportit ajetaan, säilytysaika on 2 vuotta (Harju 2011). Näin ollen tiedot vuoden 2008 ja alkuvuoden 2009 arkkikatkorullista ovat todella suppeat.

Lisäksi osa tehdyistä huomautuksista oli tiedoiltaan niin vajavaisia, ettei niiden perusteella pystynyt mitenkään selvittämään, minkälaisista rullista huomautuksissa oli kyse. Tästä syystä tilastoihin otettujen huomautusten kokonaismäärä jäi melko pieneksi, vaikka pinta-arkkien rikkoontumisen aiheuttamien ongelmien määrä tältä ajalta onkin huomattavan suuri.

4.1.1 Paperilajit

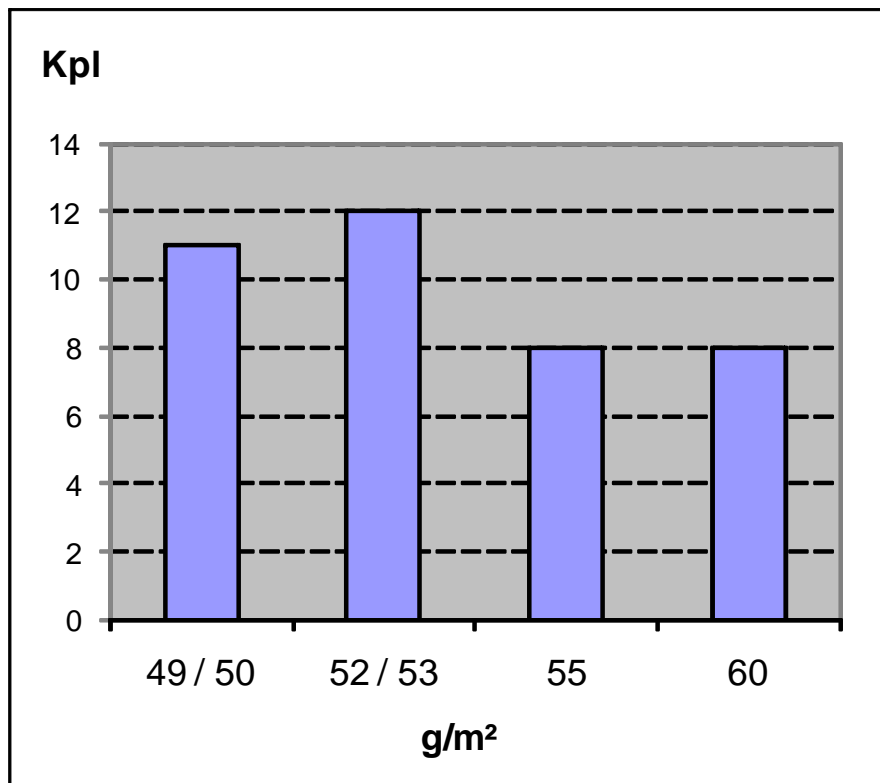
Kuviossa 4.1 on esitetty huomautusten jakaantuminen paperityyppien mukaan. Tulosten perusteella havaitaan, että sanomalehtipaperi ExoPress on aiheuttanut eniten huomautuksia. Myös kirjapaperi Creamyn aiheuttamien huomautusten määrä on melko suuri. Muiden paperityyppien aiheuttamat huomautusmäärät ovat vähäisiä.



Kuvio 4.1 Vrk-raporttien huomautukset paperityypeittäin

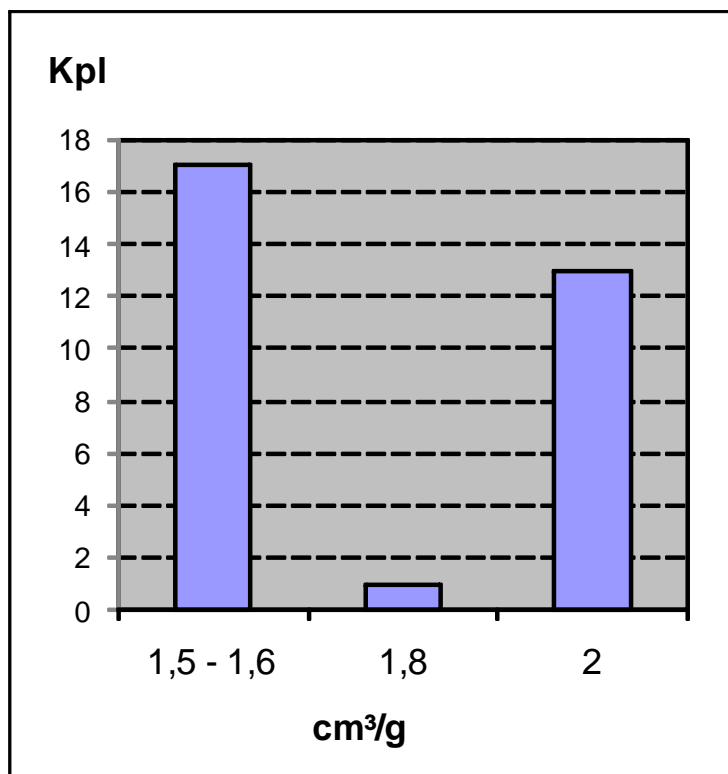
Kuviossa 4.2 on esitetty huomautusten jakaantuminen neliöpainon mukaan. Paperin neliöpainolla tarkoitetaan paperin massaa grammoina laskettuna neliömetriä kohti (Hägglom-Ahnger ym. 2003). Tässä työssä paperin neliöpainoon viitataan mainitsemalla paperin grammamäärä.

Kuviosta 4.2 havaitaan, että huomautukset ovat jakautuneet pelkästään 49-grammaisten ja 60-grammaisten paperien välille, vaikka Anjalassa tuotetaan paperia 45-grammaisesta aina 90-grammaiseen. Kuviossa esiintyvien neliöpainojen välillä tuloksissa ei ole havaittavissa suuria eroja, mutta eniten huomautuksia on tullut kuitenkin 52-grammaisesta paperista.



Kuvio 4.2 Vrk-raporttien huomautukset neliöpainojen mukaan

Kuviossa 4.3 on esitetty huomautusten jakaantuminen paperin bulkkiarvon mukaan. Bulkkiarvolla tarkoitetaan tiheyden käänteislukua, jonka yksikkönä on cm³/g (Hägglom-Ahnger ym. 2003). Tässä tilastossa bulkkisuus on jaettu kolmeen eri luokkaan: pienibulkkiset, keskibulkkiset sekä suuribulkkiset paperit. Kuviosta havaitaan, että eniten pinta-arkkien katkeamisia esiintyy pienibulkkisella paperilla, mutta myös suuribulkkinen paperi on aiheuttanut merkittävän määrän huomautuksia.



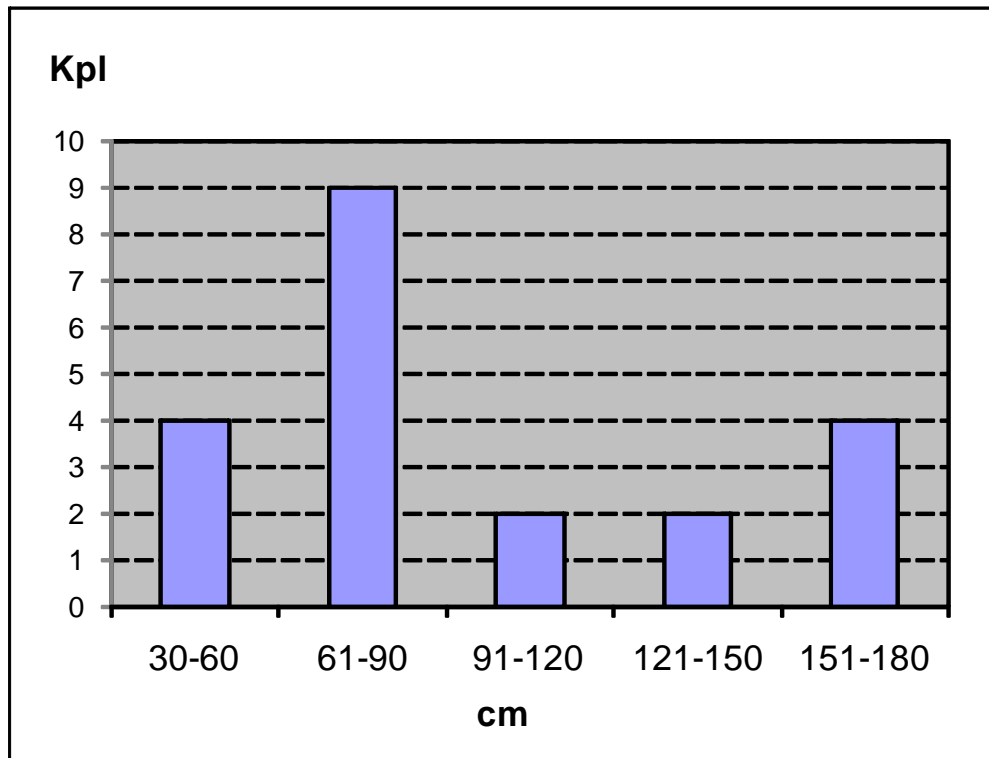
Kuvio 4.3 Vrk-raporttien huomautukset paperin bulkkisarvon mukaan

Edellä esitetyistä kuvioista voidaan tehdä muutamia johtopäätöksiä. Eri paperityyppien osalta voidaan todeta, että herkin paperityyppi pinta-arkkien rikkoon-tumiselle on sanomalehtipaperi ExoPress. Neliöpainojen osalta ei voida tehdä yhtä tarkkaa yksilöintiä, mutta yleisesti voidaan todeta, että lähinnä alle 60-grammaiset paperit aiheuttavat ongelmia. Bulkkisarvojen vertailusta kävi ilmi, että eniten pinta-arkkien katkeamisia esiintyy pienibulkkisella paperilla. Ehkä hieman yllättäen myös suuribulkkinen paperi on aiheuttanut melko suuren määrän huomautuksia.

4.1.2 Rullien dimensiot

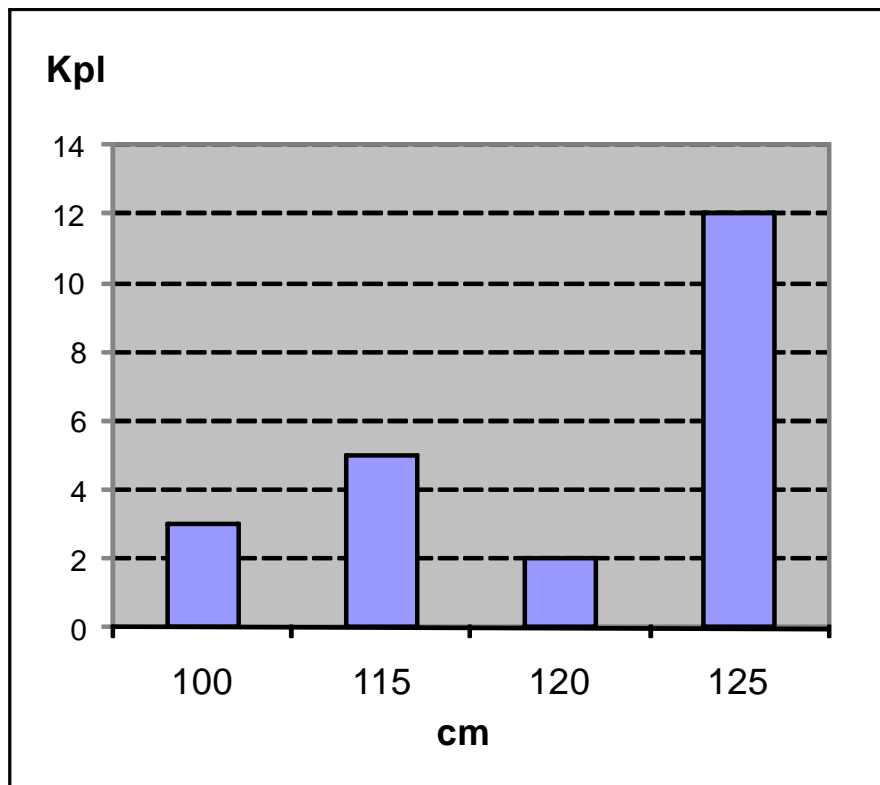
Anjalan paperitehtaalla pituusleikattujen rullien leveydet vaihtelevat suuresti. Kapeimmat rullat ovat leveydeltään noin 30 senttimetriä ja leveimmät jopa 180 senttimetriä. Myös rullien halkaisijoissa on eroja. Matalimmat rullat ovat halkaisijaltaan 100 senttimetriä ja korkeimmat 127 senttimetriä. Seuraavista tilastoista käy ilmi, mikä vaikutus rullan dimensioilla on huomautusten määrään.

Kuviossa 4.4 esitetään huomautusten jakaantuminen rullaleveyksien mukaan. Kuviosta voidaan havaita, että lähes kaikenlevyiset rullat ovat aiheuttaneet jonkin verran huomautuksia. Selvä piikki huomautusten määrässä näkyy kuitenkin 61–90 senttimetriä leveiden rullien kohdalla.



Kuvio 4.4 Vrk-raporttien huomautukset rullaleveyksien mukaan

Kuviossa 4.5 tutkitaan rullien halkaisijan vaikutusta. Kuviosta nähdään, että halkaisijaltaan 125 senttimetriset rullat ovat aiheuttaneet selvästi eniten huomautuksia. Pieni piikki on nähtävissä myös halkaisijaltaan 115 senttimetrinen rullien kohdalla.

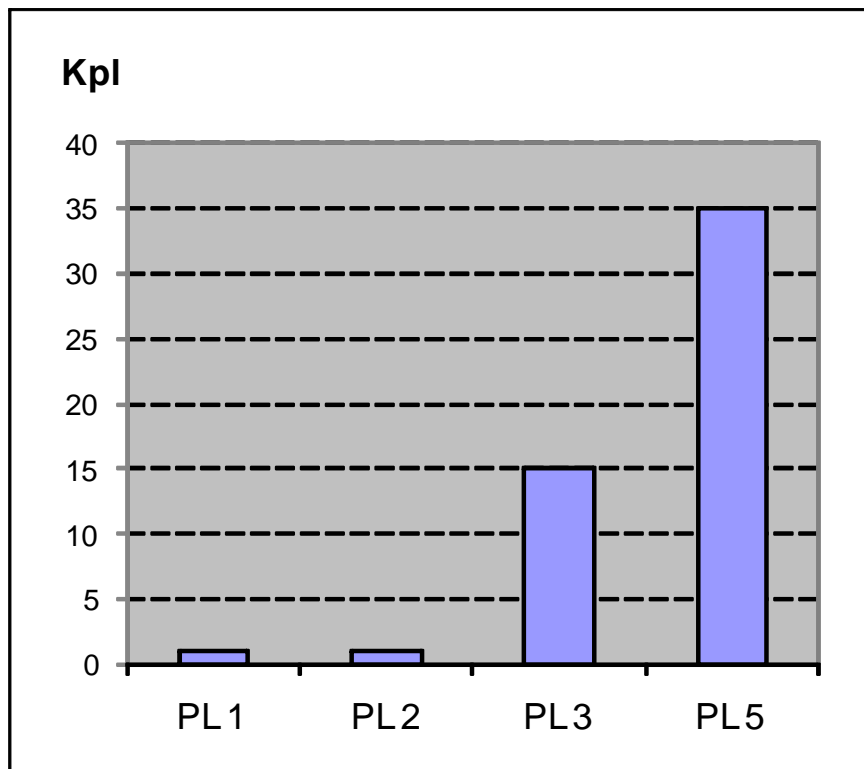


Kuvio 4.5 Vrk-raporttien huomautukset rullahalkaisijan mukaan

Edellä esitetyistä kuvioista käy ilmi, että rullien mitoilla on merkittävä vaikutus pinta-arkkiongelmien esiintymiseen. Tulosten perusteella voidaan päätellä, että kapeat ja korkeat rullat ovat kaikkein herkimpiä pinta-arkkiongelmille. Leveyksien osalta kriittisimpiä ovat 60–90 senttimetriä leveät rullat. Halkaisijoista esille nousevat sekä 115 cm että 125 cm korkeat rullat. Edellä esitettyjen tilastojen perusteella nimenomaan 125 cm korkeat rullat aiheuttavat eniten ongelmia.

4.1.3 Pituusleikkurit

Anjalassa on käytössä neljä pituusleikkuria. Kuviossa 4.6 on esitetty, kuinka huomautukset ovat jakautuneet pituusleikkurien kesken. Tieto on merkittävä, sillä jokaisen leikkurin rullat kulkevat eri kuljettimia pitkin pakkaus koneelle ja näin ollen joutuvat sietämään erityyppistä rasitusta. Tilastosta voidaan päätellä, mitkä kuljettimet ovat aiheuttaneet eniten pinta-arkkien rikkoontumisia.



Kuvio 4.6 VRK-raporttien huomautukset pituusleikkureittain

Kuviosta havaitaan, että selvästi suurimpana ongelmana ovat PL5:ltä tulevat rullat. Seuraavana tulevat PL3:n rullat. Tähän tilastoon tietysti vaikuttavat niin paperin laatu kuin rullien eri dimensiotkin, mutta se antaa silti jonkinlaista näkemystä siitä, mitkä kuljettimet aiheuttavat eniten ongelmia.

4.2 Arkkikatkojen seuranta pakkaamossa

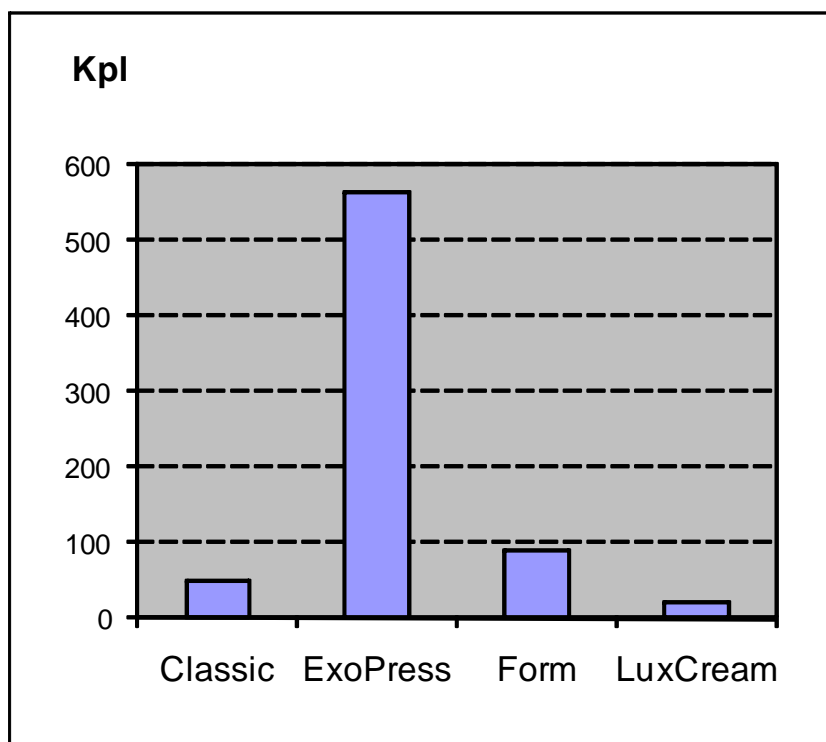
Arkkikatkojen reaaliaikainen seuranta pakkaamossa kesti vajaan kuukauden. Seuranta aloitettiin 30.3.2011 ja se päättyi 27.4.2011, ja sen aikana Anjalan neljällä pituusleikkurilla leikattiin yhteensä yli 64 000 rullaa. Seurantalistaan tuli sinä aikana merkintöjä hieman yli 700 rullasta, joista pinta-arkki oli rikkoutunut pakkaamoon tullessa tai rikkoutui pakkaamisen yhteydessä.

Merkintöjen teko listaan pakkaajien osalta oli erittäin ahkeraa seurannan alkuvaiheessa. Muutaman ensimmäisen päivän aikana tehtiinkin suurin osa merkinnöistä. Ensimmäisten päivien jälkeen tahti alkoi kuitenkin hiljalleen tasaantua ja viimeinen merkintä päivättiin 15.4.2011. Syynä tähän oli luultavasti mahdollinen arkkikatko-ongelmien määrän romahtaminen, joka todennäköisesti johtui ulkoilman lämpenemisestä ja tehdassalin olosuhteiden muuttumisesta.

Seuraavissa luvuissa esitellään seurantajakson aikana tehtyjen merkintöjen pohjalta laaditut tulokset. Tulokset olivat odotetunkaltaisia, ja ne ovat samassa linjassa niiden tulosten kanssa, joita saatiin vuorokausiraporttien pohjalta.

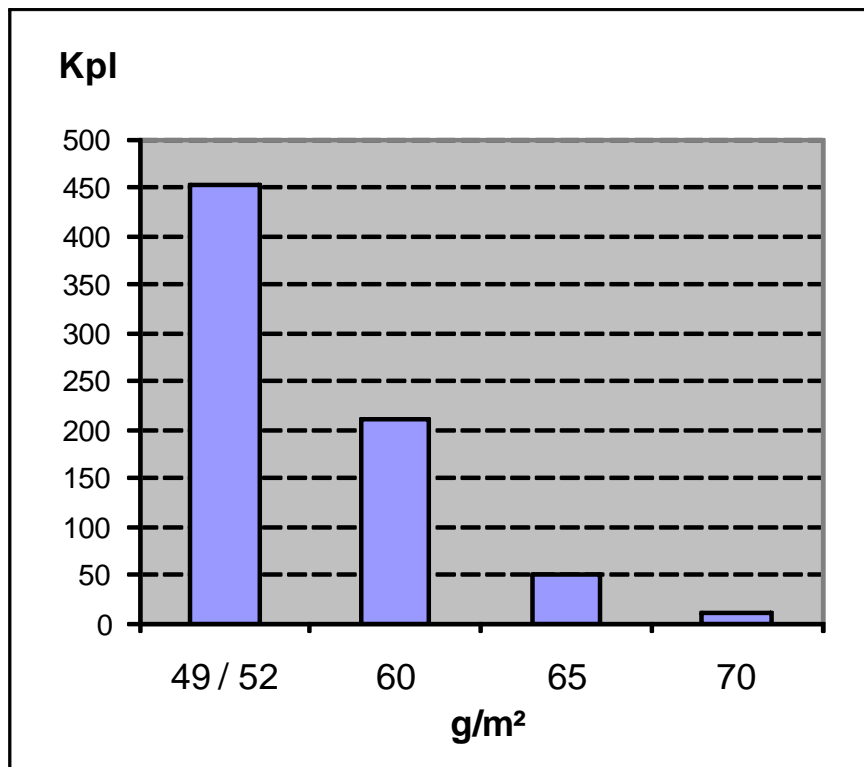
4.2.1 Paperilajit

Kuviossa 4.7 on esitetty arkkikatkorullien jakaantuminen paperityypeittäin. Yli-voimaisesti eniten pinta-arkkiongelmia aiheutti ExoPress-paperi. Muiden paperityyppien aiheuttamat ongelmat olivat siihen verrattuna satunnaisia. Tulos vastaa hyvin pitkälti vuorokausiraporttien antamia tuloksia.



Kuvio 4.7 Arkkikatkorullien määrä paperityypeittäin

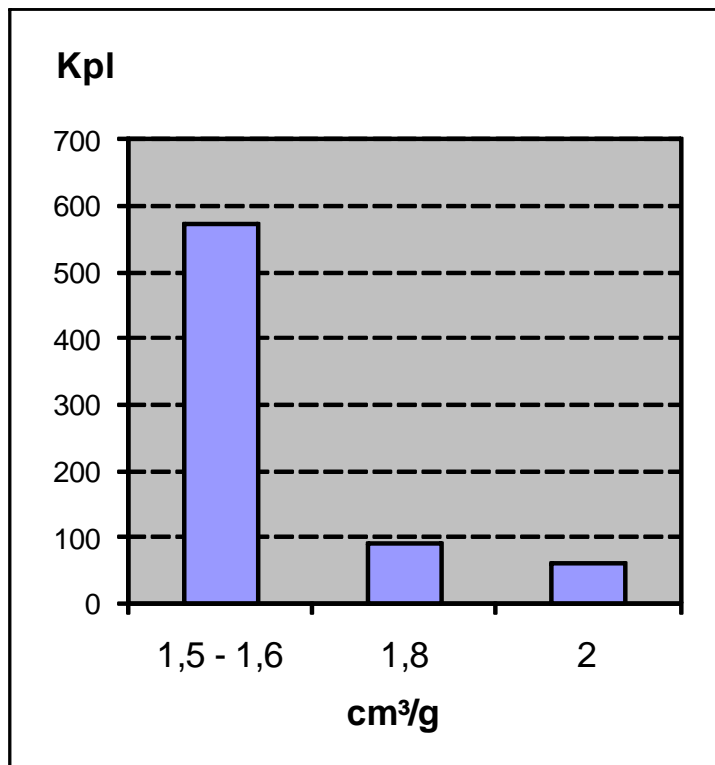
Kuviossa 4.8 merkinnät on jaettu neliöpainon mukaan. Tilastossa on yhdistetty 49- ja 52-grammaiseta paperit, koska ero niiden välisessä neliöpainossa on hyvin pieni. Kuvioista havaitaan selvästi, että neliöpainon kasvaessa ongelmien määrä pienenee. Yli 70-grammaisista papereista ei merkintöjä kertynyt lainkaan.



Kuvio 4.8 Arkkikatkorullien määrä neliöpainon mukaan

Vuorokausiraporteista laadituissa tilastoissa näin suoraa neliöpainon yhteyttä rullien arkkikatkojen määrään ei ollut havaittavissa. Yhteys on kuitenkin looginen, sillä neliöpainoltaan painavampi paperi on kestävämpää myös repäisyjuudeltaan.

Kuviossa 4.9 arkkikatkorullien määrä on jaoteltu bulkkiarvon mukaan. Selkeästi pahimpana ongelmana on ollut pienibulkkinen paperi. Reaaliaikaisessa seurannassa suuribulkkisella paperilla ei ole esiintynyt juurikaan rullien arkkikatkoja, kun taas vuorokausiraporteista tehdyssä tilastossa se nousi pienibulkkisen paperin ohella esiin.

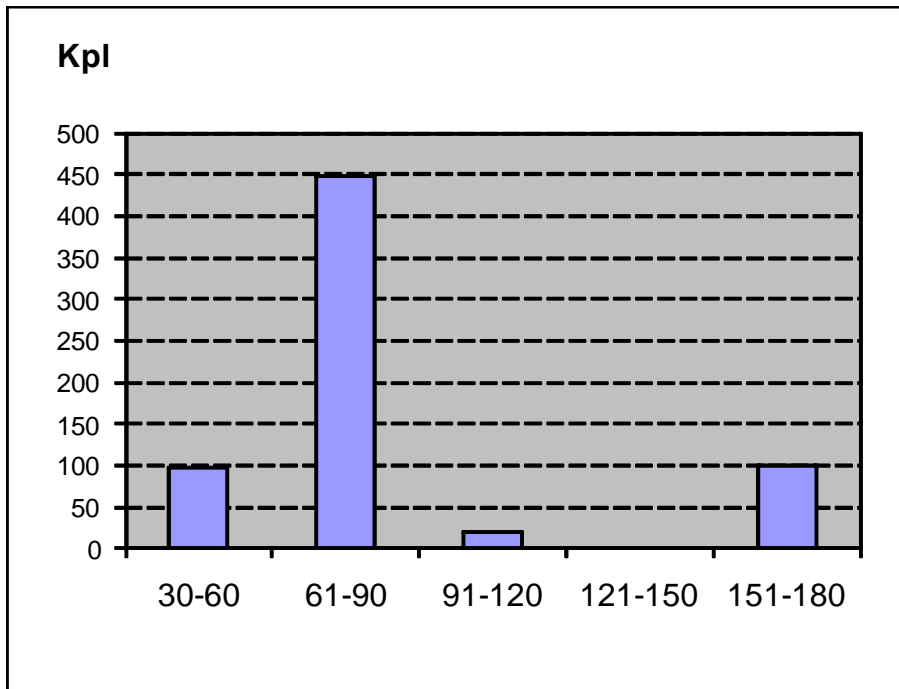


Kuvio 4.9 Arkkikatkorullien määrä paperin bulkkivarvon mukaan

Paperilajien osalta reaaliaikaisen seurannan tulokset olivat selkeämpiä ja johdonmukaisempia kuin vuorokausiraporttien tulokset. Tilastojen perusteella voidaan todeta, että selvästi eniten pinta-arkkien rikkoutumisia esiintyy pienibulkki-sella ja neliöpainoltaan pienellä ExoPress-paperilla. Tilastot osoittavat, että neliöpainon ja bulkkivarvon kasvaessa rullien arkkikatko-ongelmat vähenevät selvästi. Todennäköisenä syynä tähän on se, että bulkkivarvon kasvaessa myös paperin joustavuus lisääntyy. Joustavampi paperi paremmin kuljettimien aiheuttamat rasitukset.

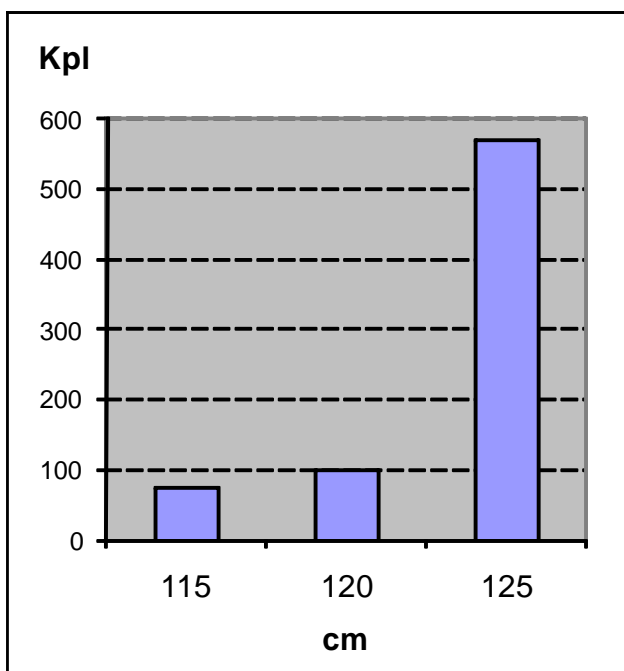
4.2.2 Rullien dimensiot

Kuten vuorokausiraporttien huomautustenkin, myös reaaliaikaisen seurannan perusteella (kuvio 4.10) havaitaan, että 61 – 90 cm leveät rullat ovat selkeästi suurin ongelma. Kummastakin tilastosta käy yhtä lailla ilmi, että myös kaikkein kapeimmista ja leveimmistä rullista katkeilee jonkin verran arkkeja, mutta keskikokoiset 91 – 150 cm leveät rullat eivät aiheuta ongelmia. Mahdollisena syynä on kuljettimien optimointi keskikokoisille rullille.



Kuvio 4.10 Arkkikatkorullien määrä rullaleveysittäin

Kuviossa 4.11 arkkikatkorullien määrä on jaettu halkaisijoiden mukaan. Kuvios-
ta havaitaan, että halkaisijaltaan suurikokoiset rullat ovat suurin ongelma. Hal-
kaisijaltaan 125 cm korkeista rullista arkit katkeilivat seurannan aikana selvästi
eniten. Mitä matalammaksi rullan koko menee, sitä vähemmän pinta-
arkkiongelmia ilmenee.

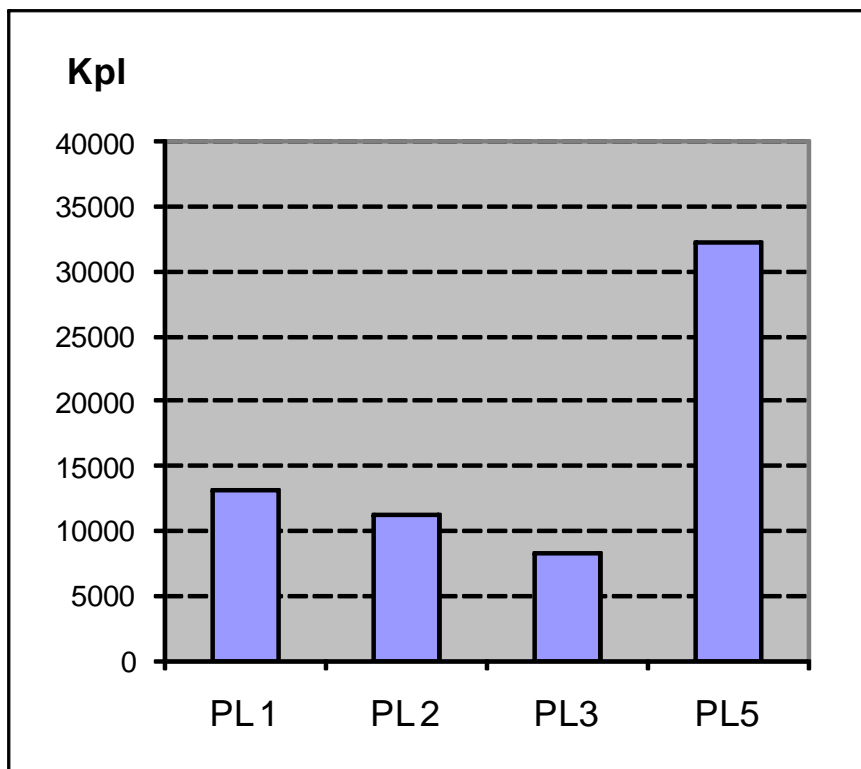


Kuvio 4.11 Arkkikatkorullien määrä rullahalkaisijan mukaan

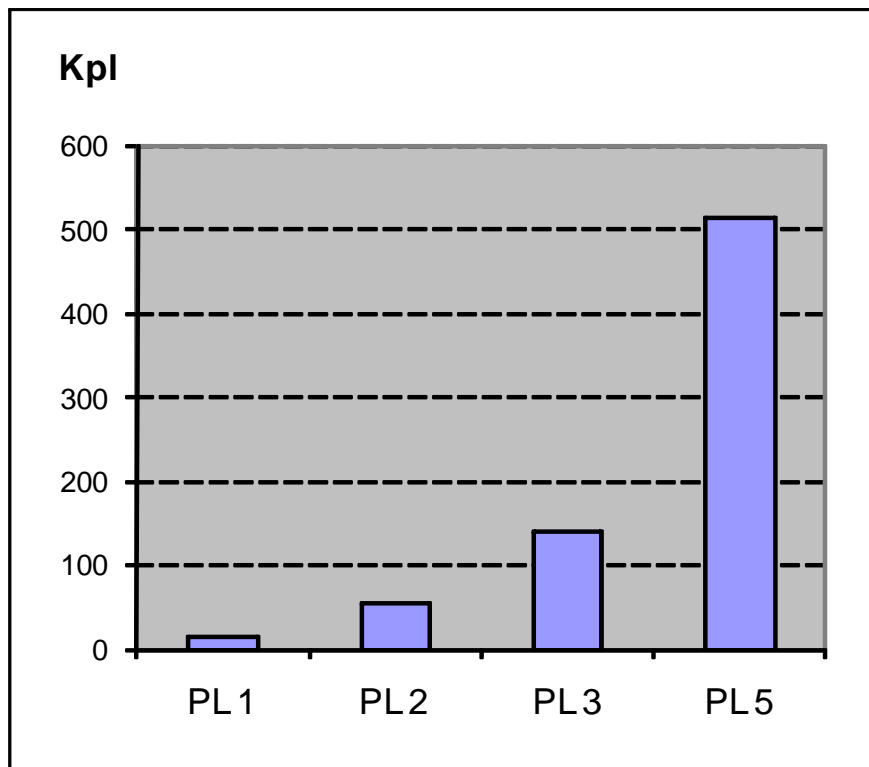
Pakkaamon reaaliaikaisen seurannan myötä tuli ilmi sama asia kuin vuorokausi-
raporteista. Korkeista ja kapeista rullista arkit katkeilevat selvästi eniten. Seu-
rannan perusteella kävi kuitenkin vielä selkeämmäksi se, että juuri 61 – 90 cm
leveät ja 125 cm korkeat rullat ovat ylivoimaisesti pahimpia ongelmien aiheutta-
jia.

4.2.3 Pituusleikkurit

Seurantajakson aikana Anjalan pituusleikkureilla leikattiin yli 64 000 rullaa ja
arkkikatkorullista tuli sinä aikana merkintöjä hieman yli 700 kpl. Kuviossa 4.12
on esitetty seurantajakson aikana leikattujen rullien kokonaismäärät pituusleik-
kurikohtaisesti. Kuviossa 4.13 esitetään arkkikatkorullat pituusleikkureittain.



Kuvio 4.12 Seurantajakson aikana pituusleikatut rullat Anjalassa



Kuvio 4.13 Arkkikatkorullat pituusleikkureittain

Kuviota 4.13 tutkimalla havaitaan, että selvästi eniten arkkikatkoja esiintyy PL5:n rullilla. Kuvioista 4.12 kuitenkin nähdään, että myös leikattujen rullien kokonaismäärä on PL5:llä selvästi suurin.

PL3:n rullilla arkkikatkojen määrä on toiseksi suurin, vaikka leikattujen rullien kokonaismäärä jää pienimmäksi. Kuvioista ilmenee myös, että PL1:n ja PL2:n rullilla on erittäin vähän pinta-arkkien rikkoutumisia.

PL1:n rullilla arkkikatkoja ilmeni noin 0,1 prosentilla kaikista leikatuista rullista. PL2:n rullilla vastaava luku oli noin 0,5 %. PL5:n rullilla arkkikatkoja oli noin 1,6 prosentilla ja PL3:n rullilla lukema oli noin 1,7 %.

5 RULLARAKENNE

5.1 Yleistä pituusleikkauksesta

Pituusleikkurilla on kaksi päätoimintoa. Ensimmäinen toiminto on rainan leikkaaminen pituussuunnassa ja toinen on leikattujen osarainojen rullaus hylsyjen ympärille asiakkaan toivomaan mittaan. Muita tehtäviä ovat paperikoneelta valmistuneen konerullan repaleisen reunanauhan poisto ja rainan ajettavuuden testaus. Paperikoneelta valmistunut konerulla leikataan ja rullataan pituusleikkurilla asiakkaille toimitettaviksi myyntirulliksi. (Metsäteollisuuden työnantajaliitto 1981.)

Pituusleikkurilla ajettaviin rulliin syntyy kahdentyyppistä jännitystä. Niitä ovat koneensuuntainen jännitys, joka tarkoittaa rullan tangentin suuntaista jännitystä ja säteensuuntainen jännitys, joka tarkoittaa paperikerrosten välistä puristus-painetta (Metsäteollisuuden työnantajaliitto 1981). Asiakkaan toimesta tapahtuva aukirullaus asettaa jännityksille aina omat vaatimuksensa, mutta tämän työn puitteissa niihin ei syvennyttä. Tässä työssä keskitytään lähinnä kuljetuksen aiheuttamiin vaatimuksiin.

Jos rulla joutuu kuljetuksen aikana kestävänsä iskuja tai se joutuu puristetuksi, se tulisi rullata kauttaaltaan tiukaksi. Jos taas rullan varastointi ja kuljetus tapahtuu vain päädyistä kosketellen, voidaan rullan pinta jättää löysemmäksi. Tällä tavoin pystytään vähentämään rullan ulkokerroksissa tapahtuvaa venymiskyvyn heikkenemistä. Ulkokerrosten venymiskyky heikkenee eniten, jos rullan kosteus kasvaa varastoinnin aikana. Tällöin paperin paksuus kasvaa ja ulkokerrokset joutuvat niin tiukalle, että ne saattavat repeytyä. (Metsäteollisuuden työnantajaliitto 1981.)

Rullan pinnan liiallinen tiukkuus on tekijä, joka vaikuttaa pinta-arkin rikkoutumiseen kuljettimilla. Jos pinta-arkki on koko ajan suuressa jännitystilassa, se ei tarvitse kuin pienen viillon revetäkseen kokonaan. Rullarakenteen muutoksilla ei pinta-arkkiongelmista luultavasti päästä kokonaan eroon, mutta tähänkin osaluueeseen keskittymällä niiden määrää saadaan varmasti vähennettyä.

5.2 Tutkimukset Anjalassa

Alkuvuodesta 2011 Anjalassa tutkittiin pituusleikkuri 3:lta ja 5:ltä valmistuvien rullien rullarakenteita. Tutkimukset liittyivät rullien pinta-arkkien rikkoontumiseen kuljettimilla ja siihen, onko pituusleikkurilta valmistuvien rullien pinta liian kireä.

Testitulokset osoittivat, että pituusleikkuri 5:n rullissa rullarakenne on optimaalinen. Paperin kireys laskee tasaisesti rullan halkaisijan kasvaessa. Johtopäätöksenä oli, ettei rullien pinnankireys ole syynä PL5:n rullien pinta-arkkien rikkoontumiseen. (Wolter 2011.)

Pituusleikkuri 3:n rullissa rullarakenne taas ei ole optimaalinen, sillä paperin kireys ei laske tasaisesti rullan halkaisijan kasvaessa, vaan saattaa loppuvaiheessa kääntyä jopa nousuun. PL3:n rullien kireys on keskimäärin suurempi kuin PL5:n rullien, mutta tämä selittyy suurelta osin erilaisilla leikkurin ominaisuuksilla. (Wolter 2011.)

Maaliskuussa 2011 Anjalassa tutkittiin pituusleikkuri 3:n ajoparametreja tarkoituksena selvittää mahdollisuuksia, joilla asiakasrullien pintojen kireyttä saataisiin pienennettyä. Tavoitteena oli pehmentää rullien pintoja rullausparametreja säätämällä, jotta pinta-arkkikatkojen määrää saataisiin pienemmäksi.

Tulosten perusteella havaittiin, että pinnantiukkuutta pystytään säätämään ajoparametrien muutoksilla. Kireyden loppuheikennyksen lisäämisen ansiosta rullien pintoja saatiin löysemmäksi. Tutkimusten johtopäätöksissä kuitenkin mainittiin, että koska PL3:n asiakasrullien pinta-arkkien hännät teipataan käsin, ei pinnankireyden muutoksilla saada ratkaisevaa etua arkkikatko-ongelmiin. (Pelkonen 2011.)

6 KULJETINJÄRJESTELMÄT

6.1 Yleistä kuljetinjärjestelmistä

Rullakuljetinjärjestelmän tulee rakentua mahdollisimman yksinkertaisista laitteista. Usein saman laitteen tulee soveltua eri paperilajeille ja rulladimensioille. Laitteiden tulee lisäksi säilyttää paperin ja itse rullan painotekniset ominaisuudet rikkomatta rullan pintaa. (Hägglom-Ahnger ym. 2003.)

Kun pituusleikkurin muutto valmistuu, rullat työntyvät lattialle rinnakkain vierien tai jakautuen leikkurin edustalle ja taakse. Pituusleikkurilta yhdellä rullauskerralla valmistuvaa leikattujen rullien ryhmää nimitetään muutoksi. Leikkurin edessä on erottelu- ja pysäytinläppiä, joiden tehtävänä on erottaa rullat toisistaan. Leikkurin edustalla voidaan käyttää myös muutonpysäytintä, jolla saavutetaan rullien nopeampi asettumisaika. Tämä vähentää päällimmäisen kerroksen katkeamisia, joita rullan edestakainen heiluminen voi aiheuttaa. (Hägglom-Ahnger ym. 2003.)

Leikkurin edustalta rullat siirtyvät eteenpäin lamelli- tai hihnakuljettimilla. Rullien kulkusuunta on rainan kulkusuuntaan nähden kohtisuorassa. Yleisen leikkurin edustan kuljetintyyppi on lamellikuljetin. Rullat voidaan kerätä usealta pituusleikkurilta samaan kuljetinlinjaan kääntöpöytien avulla. (Hägglom-Ahnger ym. 2003.)

Toinen vaihtoehto on yhdistää rullat poikittaiseksi rullavirraksi ennen pakkaus-konetta. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi välipysäyttimillä, jotka pysäyttävät rullan alapuolisella pysäyttimellä tai tason kallistuksella. Kippaavan välipysäyt-timen ominaisuuksiin kuuluu nopea pysäytysliike ja mekanismin vähäinen tilan-tarve. Myös laitteen vaatima vierimistason korkeusero on pienempi, joten rullia ei tarvitse nostella lattiatasosta. (Hägglom-Ahnger ym. 2003.)

Kun rullat siirtyvät pituusleikkureilta pakkaus-koneelle, saattaa rullavirta olla jopa 150 rullaa tunnissa. Jotta tällainen nopeus saavutetaan, on rullien kuljetusjärjes-telmän toiminnan oltava hyvin synkronoitu ja varma. (Hägglom-Ahnger ym. 2003.)

6.2 Anjalan paperitehtaan kuljetintyyppit

Anjalan paperitehtaalla käytetään kahta erilaista lamellikuljetintyyppiä. PL5:n ja pakkaamon välissä käytetään kapeilla lamellilevyillä varustettuja kuljettimia, jollainen on esitetty kuvassa 5.2. Kuljetinjärjestelmä otettiin käyttöön vuonna 2008, kun Anjalassa tehtiin muutenkin mittava investointi jälkikäsittelyyn.

PL1:n, PL2:n ja PL3:n rullat taas kulkevat vanhempia lamellikuljettimia pitkin, joissa käytetään leveämpiä lamellilevyjä. Tämä kuljetintyyppi on esitetty kuvassa 5.1.



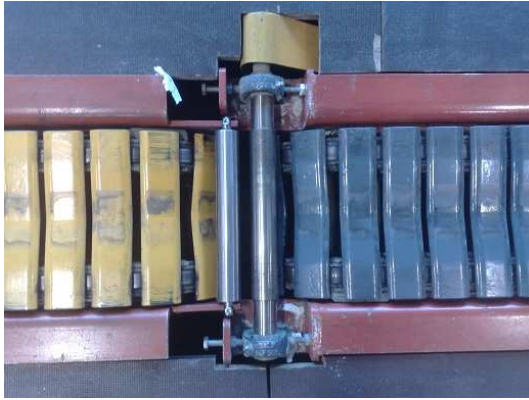
Kuva 5.1 Leveämmät lamellilevyt



Kuva 5.2 Kapeat lamellilevyt

Kuljettimet eroavat myös tavassa, jolla rullat siirretään kuljettimelta toiselle. Uudemmassa kuljetinsysteemissä käytetään kuljettimien välissä olevia jatkokohtia (kuva 5.3) sekä kääntöpöytiä. Rullat ylittävät yhteensä 7 eri jatkokohtaa ennen pakkaamoon saapumistaan.

Muiden leikkurien rullat taas siirretään kuljettimelta toiselle työntimien ja vastaanottimien avulla, jollaisia näkyy kuvassa 5.4. Myös kuljettimien nopeuksissa on eroja. Vanhojen kuljettimien nopeus on 16 m/min ja uusien 24 m/min. Uusien kuljettimien kiihdytys ja jarrutus tapahtuu nopeammin kuin vanhoissa kuljettimissa.



Kuva 5.3 Lamellikuljettimen jatkokohta



Kuva 5.4 Rullia työntimellä ja vastaanottimella

6.3 Rullien seuranta kuljettimilla

6.3.1 Pituusleikkuri 5

Pituusleikkuri 5:n muutto siirtyy valmistuttuaan suoraan leikkurin edessä olevalle lamellikuljettimelle. Leikkurin vieressä on erotteluasema (kuva 5.5), jossa rullat erotellaan toisistaan. Normaalisti erottelu tapahtuu kahden eri kuljettimen avulla (kuva 5.6). Jos rullat ovat kuitenkin niin tiukasti kiinni toisissaan, ettei erottelu onnistu kuljettimien avulla, ne erotellaan työntämällä etummaista rullaa rainan suunnassa sivulle samalla, kun takimmaista rullaa pidetään paikallaan.



Kuva 5.5 Erotteluasema



Kuva 5.6 Rullia erotteluasemalla

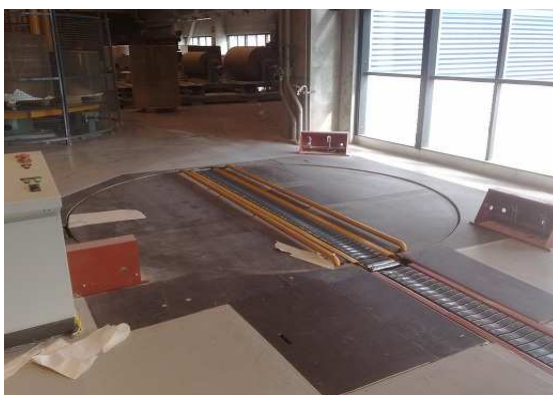
Eräänä ongelmana erotteluasemalla on tällinteen jälkeen valmistuva ensimmäinen muutto. Tällinteko tarkoittaa leikkurin asettamista leikkaamaan toisenkokoisia rullia. PL5:llä tällinteko tapahtuu automaattisesti. Koska leikkuri jättää tällinteen jälkeen yläterät hetkeksi aikaa ylös, on muuton pohjalla leikkaamatonta paperia muutamia millimetrejä. Tämän vuoksi pohjalla oleva paperi on yhtenä-

nen koko radan matkalla ja rullat ovat kiinni toisissaan. Kun toisissaan kiinni olevat rullat tulevat erotteluasemalle, niiden pinta-arkit rikkoontuvat säännöllisesti.

Pinta-arkin rikkoutuminen tapahtuu, kun erotteluaseman kuljettimet yrittävät erottaa rullat toisistaan, mutta se ei onnistu. Tällöin jälkimmäinen kuljetin pyörii paikallaan pysyvän rullan alla ja rullan pinta repeää. Jos rullat eivät kuljettimien avulla irtoa toisistaan, erottelu suoritetaan toista rullaa työntämällä ja toista paikallaan pitämällä. Tässä prosessissa syntyy lisävaurioita rullan pintaan työntämisen ruhjoessa etummaista rullaa, joka ei irtoa taaemmasta rullasta. Erottelun valmistuttua rullista on katkennut arkkeja usean kerroksen matkalta. Normaalisti toisistaan irrallaan olevien rullien pinta-arkit säilyvät useimmiten ehjänä.

Tällinteon jälkeisen muuton aiheuttamat ongelmat on saatu vältettyä asettamalla yläterät ala-asentoon manuaalisesti. Yläterät tulee laskea välittömästi, kun leikkuri on saanut tällinteon valmiiksi. Näin muuton pohjalle ei kerry leikkaamaton paperia. Tätä toimintatapaa noudatetaan kuitenkin vaihtelevasti eri miehistöjen kesken.

Erotteluaseman jälkeen rullat kulkevat lamellikuljetinta pitkin kääntöpöydälle (kuvat 5.7 ja 5.8), johon niitä mahtuu kaksi kerrallaan. Kääntöpöydän voi myös säätää ottamaan vain yhden rullan kerrallaan. Kääntöpöydän tehtävänä on kääntää rullat, jolloin niiden matka jatkuu 90° toiseen suuntaan pitkin seuraavaa lamellikuljetinta.



Kuva 5.7 Ensimmäinen kääntöpöytä



Kuva 5.8 Rullia ensimmäisellä kääntöpöydällä

Pituusleikkuri 5:n lamellikuljettimet sisältävät seitsemän jatkokohtaa, joissa rullat kulkevat hetkellisesti kahden eri kuljettimen päällä. Tilastoista on selkeästi havaittu, että PL5:lla suurimpana ongelmana ovat korkeat ja kapeat rullat. Seuraamalla rullien kulkua voi havaita, että repeämät syntyvät sekä kasvavat näissä jatkokohtissa.

Kun seurasin rullien kulkua 30.3.2011, ajossa olivat 125 cm korkeat ja 76 cm leveät rullat. Oli selkeästi havaittavissa, että kuljettimien jatkokohtat rasittivat rullien pintaa huomattavasti.



Kuva 5.9 Rulla erotteluaseman jälkeen Kuva 5.10 Rulla kääntöpöydän jälkeen

Kuvista 5.9 ja 5.10 näkyy, miten rullan pinta muuttuu, kun se kulkee kuljettimilla kohti pakkaamo. Erotteluaseman jälkeen rullan pinta on vielä melko sileä, kun taas kääntöpöydän jälkeen pinta on rasittunut ja kurttuinen.

6.3.2 Pituusleikkuri 3

Kun pituusleikkuri 3 on leikannut rullat, ne siirretään alaslaskukippiin odottamaan teippausta. Teippauksen jälkeen rullat lasketaan kipin avulla lattialle, jossa ne pyörivät kohti pysäytinlappia (kuva 5.13). Pysäytinlappien tehtävä on erottaa rullat toisistaan.



Kuva 5.13 Pysäytinläpillä vuoroaan odottavia rullia

Pysäytinläppien jälkeen joka toinen rulla siirtyy lamellikuljettimelle ja joka toinen jää vielä pysäytinläpille. Kun ensimmäisenä lamellikuljettimelle menneet rullat ovat kulkeneet kuljetinta pitkin pois seuraavien edestä, myös loput rullat laskeetaan lamellikuljettimelle.

Seuratessani tilannetta 30.3.2011 pituusleikkuri ajoi arkkikatkoille herkäksi tiedettyä ExoPress-paperilaatua. Halkaisijaltaan 125 cm ja leveydeltään 152 cm rullista pinta-arkit olivat monesti poikki pakkaukseen saapuessa. Seurattuani muutaman muuton ajan tilannetta havaitsin, että pinta-arkin repeämä syntyy jo pysäytinläpillä. Tämä alkunsa saanut repeämä kasvaa rullan kulkiessa kuljetinjärjestelmää pitkin.

Useimmiten suurin repeämä syntyi säännöllisesti numerojärjestykseltään ensimmäiseen sekä viidenteen rullaan, jotka näkyvät kuvissa 5.14 ja 5.15.

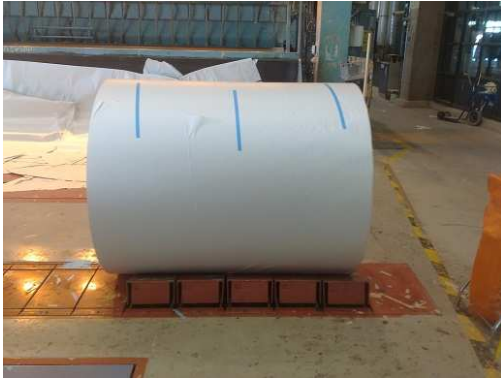


Kuva 5.14 Rulla nro 1



Kuva 5.15 Rulla nro. 5

Osa ensimmäisen ja viidennen rullan kohdalla sijaitsevista pysäytinlöpistä on yläasennossa alempana kuin muut pysäytinlöpät. Seuraamalla rullien tulemistä kyseisille pysäytinlöpille (kuvat 5.16 ja 5.17) havaitsin selvästi, kuinka rulla teki pysähtyessään kierähdyksen omaisen liikkeen. Kun rullan toinen pää oli jo pysähtynyt, toinen pää jatkoi yhä liikettä. Tämä liike aiheutti arkin repeämisen. Liike johtui pysäytinlöprien väärästä linjauksesta.



Kuva 5.16 Rulla numero 1 pysäytinlöpillä



Kuva 5.17 Rulla numero 5 pysäytinlöpillä

Kun rullat lasketaan pysäytinlöpiltä lamellikuljettimelle, ne kulkevat ensin pois päin pakkauskoneelta kohti kulmaa, jossa ne siirretään työntimen ja vastaanottimen avulla toiselle lamellikuljettimelle. Tätä toista kuljetinta pitkin rullat kulkevat kohti pakkaamon syöttörampia. Kuljettimen päässä on toinen työntin, joka työntää rullat pakkaamon syöttörampille.

Seuraamalla rullien kulkua pituusleikkurilta pakkauskoneelle huomasin, että pienempiä repeämiä syntyy myös matkan aikana kuljettimilla, työntimillä ja vastaanottimilla. Suurin syy rullien arkkikatkoihin oli kuitenkin leikkurin edessä olevissa pysäytinlöpissä.

7 KULJETTIMIEN MITTAUKSET JA MUUTOKSET

7.1 Ylimenokohdat

Maaliskuussa 2011 Saimatec Engineering Oy kävi suorittamassa tutkimuksia koskien PL5:n ja pakkaamon välisiä lamellikuljettimia ja niillä esiintyviä pinta-

arkkien rikkoutumisia. Tutkimuksissa keskityttiin kuljettimien ylimenokohtiin ja niillä sijaitseviin ylimenorulliin sekä mitattiin kuljettimien väliset korkoerot.

Ylimenorullina kyseisissä kuljettimissa käytetään lieriömäisiä rullia. Aiemmin käytössä olleiden kartiomaisten rullien todettiin aiheuttavan nopeuseroja kuljettimissa. Lieriömäisten ylimenorullien yläpinta on säädetty niin, ettei se osu leveämpiin paperirulliin. Tämä on tehty siksi, että voidaan välttää leveisiin rulliin kohdistuva viivamainen kuormitus. Ylimenorullat ovatkin tarpeellisia vain kapeiden paperirullien kohdalla, koska ilman niitä kapeat paperirullat saattavat kaataa ylimenokohdissa. Ongelmia ylimenorullien säätämisessä tuottaa se, ettei niiden paikkaa pystytä optimoimaan kuin yhdelle paperirullan halkaisijakoolle kerrallaan. (Itkonen 2011a.)

Tutkimusten yhtenä osana selvitettiin, hierooko lamelli rullan pohjaa kaartuessaan alas kuljettimen päässä. Tämän epäiltiin etukäteen olevan yksi syy, joka aiheuttaa arkkikatkoja rullissa. Tutkimuksissa kuitenkin todettiin, että lamelli ei osu rullaan alas kaartuessaan eikä näin ollen ole osasyynä arkkikatkoihin. (Itkonen 2011a.)

Kuljettimien välisien korkojen mittauksissa todettiin, että korkojen säätämiseen ei ole tarvetta. Korkoerot olivat hyväksyttävällä tasolla. Myös suurin osa ylimenorullista oli oikeissa korkosäädöissä. Yhtä erottelussa olevaa ylimenorullaa säädettiin. (Itkonen 2011a.)

Aikaisemmin Saimatecin ja Stora Enson toimesta tehdyissä mittauksissa todettiin, että nopeuseroja kuljettimien välillä ei havaittu. On kuitenkin huomioitava, että lamellikuljettimien käynti on ketjujaosta johtuen aina epätasainen. Tämä epätasainen käynti on mahdollisena osasyynä rullien arkkikatkoihin. (Itkonen 2011a.)

Yhteenveto mittauksista oli se, että kuljettimien geometria on niiden perusteella kohdallaan. Mutta koska tästä huolimatta asiakasrullien arkkikatkoja esiintyy, arvioitiin kuljettimien epätasainen käynti suurimmaksi tekijäksi tässä asiassa. Ehdotuksena oli, että kuljettimien nopeutta hidastetaan, jotta epätasaisen käynnin vaikutus voidaan selvittää. (Itkonen 2011a.)

7.2 Kuljettimien nopeuserot

Saimatec Engineering Oy kävi 29.4.2011 tutkimassa PL5:n ja pakkaamon väliä kuljettimia. Tutkimuksia suorittamassa olivat Ismo Itkonen sekä Lauri Keränen ja aiheena olivat kuljettimien välisten nopeuserojen aiheuttamat pintapaperien rikkoutumiset rullilla.

Aiemmin 13.4.2011 tehdyissä tutkimuksissa tarkkailtiin saumoissa mahdollisesti tapahtuvaa hankaamista. Tämän yhteydessä havaittiin, että merkkusasemalla esiintyy lievää puskemista kuljettimien välillä. Puskemisella tarkoitetaan kuljettimien kulkemista eri nopeudella sillä seurauksella, että kahden kuljettimen päällä olevan rullan pinta hankautuu toista kuljetinta vasten. Huomattiin myös, että kuljettimien saumakohdissa syntyy pintapaperinrikkoja rulliin. (Itkonen 2011b.)

Tutkimuksissa selvisi, että kuljettimien välillä on pieniä nopeuseroja. Nopeuserot pyrittiin poistamaan muuttamalla logiikan nopeusohje vastaamaan teoreettisia, vaihteen välityksen mukaisia arvoja. Aiemmin nopeudet eivät vastanneet teoreettisia arvoja, vaan ne oli säädetty epätarkasti. Tehtyjen säätötoimenpiteiden jälkeen kaikkien kuljettimien nopeudeksi mitattiin 0,29 m/s. (Itkonen 2011b.)

Tutkimusten yhteydessä säädettiin myös taajuusmuuttajia. Säätötoimenpiteellä pyrittiin parantamaan taajuusmuuttajan kykyä hallita nopeuttaan. Taajuusmuuttajien hidastusaikaa myös kasvatettiin. Hidastusaika muutettiin puolesta sekunnista yhteen sekuntiin. (Itkonen 2011b.)

Lisäksi havaittiin, että kuljettimien AN45N508 ja AN45N512 välisessä saumassa ollut yksinäinen ylimenorulla aiheutti pintapaperin voimakasta mankeloitumista ylimeneviin rulliin. Kuljettimien sijainti on esitetty liitteessä 2. Ylimenorullaa säädettiin siten, ettei ylimenevä asiakasrulla kosketa ylimenorullaan kulkiessaan saumakohdan yli. Muiden kuljettimien väliset ylimenorullat olivat oikeassa säädössä. (Itkonen 2011b.)

8 ILMANKOSTEUS

8.1 Mittauksista

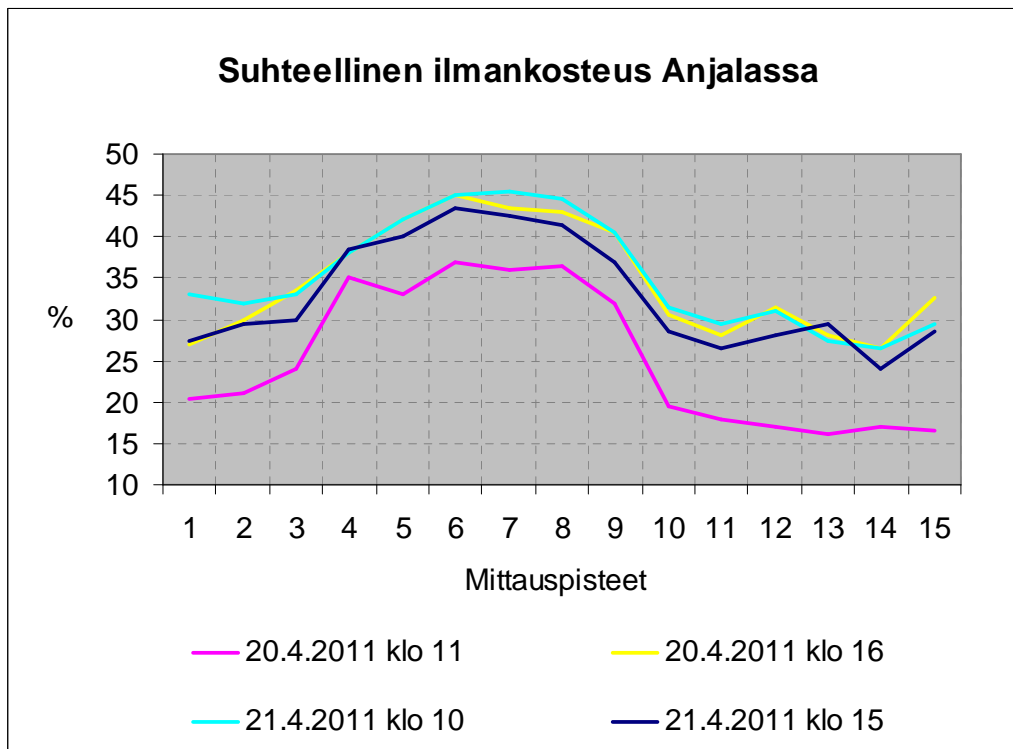
Suoritin Anjalan tehdassalin ilmankosteusmittaukset kahden päivän aikana huhtikuun puolivälissä. Mittausvälineenä käytin kannettavaa Vaisalan kosteus- ja lämpötilamittaria, joka oli tyyppiä HM34. Mittausten aikaan ulkona oli noin 10 astetta lämmintä.

Ennen mittausten aloittamista katsoimme opinnäytetyöni ohjaajan Pertti Varjolan kanssa järkevät mittauspisteet. Mittauspisteiksi valittiin pakkaamon ympäristö sekä muita sellaisia paikkoja, joita rullat läpäisevät kulkiessaan leikkureilta pakkaamoon. Liitteessä 3 on esitetty mittauspisteet sekä rullien kulkemat reitit pakkaamoon.

Mittasin ilmankosteudet annetuilla mittauspisteillä yhteensä neljästi ja mittaustuloksista tein sekä viivadiagrammin että kosteusarvotaulukon. Viivadiagrammista näkee, että ilmankosteuksissa on eroja eri mittauspisteissä. Viivadiagrammin avulla nähdään myös, jos jokin tietyllä mittauspisteellä saatu yksittäinen mittaustulos poikkeaa selvästi muista saaduista. Tällöin kyseessä on luultavasti esimerkiksi hetkittäisen ilmavirran aikaansaama poikkeama, joka voidaan jättää huomioimatta.

8.2 Mittaustulokset

Tarkastelemalla ilmankosteusarvojen perusteella tehtyä viivadiagrammia (kuvio 6.1) nähdään, että eri mittauskerroilla saatujen arvojen muodostamat käyrät ovat melko samanmuotoiset. Tämän perusteella on syytä olettaa, että mittaustulokset ovat luotettavia. Tilastosta voidaan myös havaita, että ilmankosteudet eri mittauspisteiden välillä vaihtelevat suuresti.



Kuvio 6.1 Suhteellinen ilmankosteus Anjalan paperitehtaalla

Kuviosta 6.1 nähdään, että mittauspisteiden numero 4 ja 9 (Liite 3: sivu 1) välillä ilmankosteus on selvästi suurimmillaan. Nämä mittauspisteet sijaitsevat pakkaamossa sekä pakkaamon välittömässä läheisyydessä. Suuri ilmankosteus selittyy sillä, että pakkaamossa ovat käytössä ilmankostutuslaitteet. Diagrammin alku- ja loppupäässä olevista matalista ilmankosteusarvoista ei saa yhtä selkeää käsitystä. Matalimpia arvoja näyttäisi olevan mittauspisteillä 1–2 sekä 10–14. Näiden pisteiden välillä ei kuitenkaan näy suuria eroja.

Koska viivadiagrammin avulla ei nähdä selkeitä eroja matalien ilmankosteusarvojen välillä, päätin käyttää apuna mittauspöytäkirjaa ja tarkkoja mittausarvoja. Taulukossa 6.1 on esitetty 15:llä eri mittauspisteellä mitatut suhteelliset ilmankosteusarvot. Taulukkoon on merkitty punaisella värillä kyseisenä mittausajankohtana saatu matalin ja sinisellä värillä toiseksi matalin ilmankosteusarvo.

Taulukko 6.1 Suhteellinen ilmankosteus Anjalassa mittauspisteittäin

Mittauspöytäkirja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
20.4 klo 11	20,5	21	24	35	33	37	36	36,5	32	19,5	18	17	16	17	16,5
20.4 klo 16	27	30	33,5	38	42	45	43,5	43	40,5	30,5	28	31,5	28	26,5	32,5
21.4 klo 10	33	32	33	38	42	45	45,5	44,5	40,5	31,5	29,5	31	27,5	26,5	29,5
21.4 klo 15	27,5	29,5	30	38,5	40	43,5	42,5	41,5	37	28,5	26,5	28	29,5	24	28,5

Taulukon 6.1 avulla havaitaan, että selvästi alimpia arvoja on mitattu mittauspisteellä numero 14 (Liite 3: sivu 2). Tämä mittauspiste sijaitsee pituusleikkuri 2:n päädyssä. Kolmella mittauskerralla neljästä kyseisessä paikassa on mitattu pienin ilmankosteus. Toinen hiukan muita kuivempi paikka on mittauspiste numero 13, joka sijaitsee alemmassa kerroksessa, alakerran kiertolenkkiin kuuluvan rampiston vieressä.

8.3 Tulosten arviointi

Aikaisemmin talvella, kun ulkona oli reilusti pakkasta, pakkauskoneen ympäristössä suoritettiin ilmankosteusmittauksia. Juuri tähän aikaan pinta-arkkien rikkoutuminen aiheutti valtavan määrän ongelmia pakkaamossa. Nämä ilmankosteusmittaukset liittyivät pakkauskoneen toimintaan, joten ne tehtiin ainoastaan pakkauskoneen välittömässä läheisyydessä. Koska mittaustuloksia ei merkitty ylös, niitä ei voida esittää tämän työn yhteydessä. Mittauksia tehneiden henkilöiden muistin mukaan suhteellinen ilmankosteus pakkauskoneella oli silloin luokkaa 20 %. (Suutari 2011)

Huhtikuussa suoritetuissa mittauksissa pakkauskoneen ympäristön suhteellinen ilmankosteus oli noin 35–45 %. Mittausten perusteella voidaan päätellä, että tehdassalin ilmankosteus on hyvin riippuvainen ulkona vallitsevasta säästä. Huhtikuussa suoritettujen mittausten aikana pinta-arkkien rikkoutuminen ei aiheuttanut suuria ongelmia. Tulokset tukevat siis sitä olettamusta, että ilmankosteus on merkittävä tekijä pinta-arkkien rikkoutumisessa.

Kokonaisuutta tarkasteltaessa jälkikäsitteilyn tiloissa mitatut ilmankosteudet vaihtelivat suuresti. Tämä suurehko vaihtelu johtui kuitenkin pääasiassa pakkaamossa mitatuista suurista ilmankosteuksista. Siellä mitattuja arvoja ei voida vertailla muihin mittauspisteisiin käytössä olevan lisäkostutuksen vuoksi. Lisäkostutusta käytetään pakkaamon toiminnan takia.

Jos tarkastellaan pelkästään pakkaamon ulkopuolella mitattuja arvoja, vaihtelut eivät olleet kovin suuria. Kuivimpia paikkoja olivat PL2:n seutu sekä alakertaan vievä ramppi eli mittauspisteet 13 ja 14. Suurimmat kosteudet mitattiin PL5:n läheisyydessä, johtuen luultavasti pakkaamon läheisyydestä. Lisäksi PL5:llä on oma lisäkostutin, jonka tarkoituksena on turvata päänviennin onnistuminen leikkurilla.

8.4 Lisäkostutuslaitteet

Ilmankosteusmittausten yhtenä tarkoituksena oli selvittää, onko Anjalan paperitehtaalla jälkikäsitteilyn tiloissa sellaisia paikkoja, joihin olisi syytä asentaa lisäkostutinlaitteita. Käytettävissä oli kuusi lisäkostutinlaitetta, jotka olivat jääneet ylimääräisiksi vuonna 2008 puretulta vanhalta pakkauskoneelta. Nämä laitteet voitaisiin ottaa mahdollisesti käyttöön, jos löydetään sellaisia paikkoja, johon niitä olisi järkevää sijoittaa.

Kun mietitään lisäkostutuslaitteiden sijoittamista johonkin paikkaan, tulee ottaa huomioon muutama asia. Tärkeää on tietysti sijoittaa laitteita sinne, missä pintarokkeja eniten rikkoutuu. Tämän lisäksi sijoituspaikassa tulee olla muita paikkoja kuivempi ilma, jotta kostutuksesta on todistetusti hyötyä. Näiden asioiden lisäksi täytyy pohtia, miten kauan rulla kyseisessä paikassa on. Ei ole perusteltua sijoittaa kostutinta sellaiseen tilaan, jonka rulla läpäisee hetkessä, jolloin pinnan kuivumista ei ehdi tapahtumaan.

Ehdotan mahdollisille lisäkostutinlaitteille kahta eri sijoituspaikkaa. Näitä ovat mittauspisteet numero 3 ja 13 eli alakertaan kuljettavan rampin ympäristö sekä PL5:n ympäristö.

Alakertaan vievän rampin ympäristö olisi sijoituspaikkana optimaalinen siksi, että mittausten perusteella se oli yksi kuivimmista paikoista. Tämän lisäksi rul-

lat, jotka alakerran kautta pakkauskoneelle kulkevat, joutuvat taittamaan melko pitkän ja aikaa vievän matkan. Matkan aikana rullien pinta ehtii kuivua todella paljon, jos ilma on liian kuivaa.

PL5:n ympäristö olisi toinen soveltuva sijoituspaikka lisäkostuttimille, koska siellä rullien arkkikatkoja eniten esiintyy. Vaikka siellä rullien kulkema matka pakkauskoneelle ei ole pitkä, rasittavat siellä käytössä olevat kuljettimet rullia enemmän kuin muualla. Tästä syystä PL5:n olosuhteet tulisi optimoida, vaikka se mittauksen perusteella ei kuivin paikka olekaan.

Edellä ehdotetut sijoituspaikat valitsin, koska pidän niitä kriittisempinä muihin mittauspisteisiin nähden. Täytyy kuitenkin muistaa, että lisäkoston olisi eduksi kaikissa niissä tiloissa, missä rullat ennen pakkaamista liikkuvat. Varsinkin talvi-aikaan ilma on liian kuivaa lähes joka puolella tehdassalia.

9 YHTEENVETO

9.1 Asiakasrullien arkkikatkot

Asiakasrullien pinta-arkkien rikkoutuminen aiheuttaa ongelmia Anjalan paperitehtaalla. Rullan pinnan rikkoutuminen alkaa monesti heti pituusleikkurilta lähettäessä, mutta ongelmat esiintyvät yleensä pakkaamossa. Rullista roikkuvat paperiliuskat laukaisevat valokennoja ja pysäyttävät kuljettimia sekä irrotessaan kasautuvat pakkausta haittaaviksi paperikasoiksi.

Suurin osa pinta-arkkirikkojen aiheuttamista ongelmista esiintyy käärintäasemalla. Kääreen jäädessä löysälle rulla joudutaan pakkaamaan uudelleen ja käärintäaseman epäonnistuessa täysin, pakkauskone pysähtyy kokonaan. Pinta-arkkien rikkoutuminen aiheuttaa lisätyötä, materiaalihävikkiä ja tuotannon tehokkuuden huononemista.

Tässä työssä on tehty laskelmia vuosittain hukkaan menevästä ajasta ja kustannusten määrästä. Vuosittain menetettävän materiaalin hinnaksi laskettiin 11 280 euroa. Painoksi muutettuna vuosittainen materiaalihävikki on noin 18,8

tonnia. Vuosittaiseksi aikahävikiksi saatiin noin 20 vuorokautta menetettyä työ-aikaa. Vuosittain menetettäväksi pakkausajaksi muodostui 313 tuntia, joka tarkoittaa teoriassa 60 000 pakattua rullaa.

Tässä työssä on esitetty tilastot, joissa asiakasrullien arkkikatkot on jaoteltu paperilajeittain sekä rulladimensioittain. Tilastot on laadittu vuorokausiraportteihin tehtyjen huomautusten sekä pakkaamossa tapahtuneen reaaliaikaisen seurannan pohjalta.

Paperilajien osalta reaaliaikaisen seurannan tulokset olivat odotetunlaiset ja johdonmukaiset, toisin kuin vuorokausiraporttien tulokset. Seurannan perusteella eniten pinta-arkkien rikkoutumisia esiintyy pienibulkkisella ja neliöpainoltaan pienellä ExoPress-paperilla. Tilastoista käy ilmi, että neliöpainon ja bulkkiarvon kasvaessa rullien arkkikatko-ongelmat vähenevät.

Myös rulladimensioiden osalta reaaliaikaisen seurannan tulokset olivat odotettuja ja ne vastasivat myös vuorokausiraporttien tuloksia. Korkeista ja kapeista rullista arkit katkeilevat selvästi eniten. Pahimpia ongelmien aiheuttajia ovat 61 – 90 cm leveät ja 125 cm korkeat rullat.

9.2 Kuljetinjärjestelmät

Anjalan paperitehtaalla käytetään kahta erilaista lamellikuljetintyyppiä. Kuljettimissa käytettävät lamellilevyt ovat erilaiset, ja kuljettimet eroavat myös tavassa, jolla rullat siirretään kuljettimelta toiselle. PL5:n ja pakkaamon välisillä kuljettimilla käytetään kuljettimien välissä olevia jatkokohtia, kun muiden leikkurien rullat siirretään työntimien ja vastaanottimien avulla. Myös kuljettimien nopeuksissa on eroja.

Pituusleikkuri 5:n lamellikuljettimet sisältävät yhteensä 7 jatkokohtaa, joissa rullat kulkevat hetkellisesti kahden eri kuljettimen päällä. Seuraamalla rullien kulua oli havaittavissa, että repeämät rullilla syntyvät sekä kasvavat juuri näissä jatkokohdissa. Tutkimusten perusteella repeämien synty johtuu todennäköisesti pienistä nopeuseroista kuljettimien välillä. Toisena osatekijänä ovat kuljettimien välissä olevista ylimenorullat, jotka osuessaan ylimenevään rullaan kuluttavat sen pintaa huomattavasti.

PL3:n rullia seuraamalla selvisi, että eniten repeämiä syntyy pituusleikkurin edessä olevilla pysäytinlöpillä. Pieniä repeämiä syntyi myös työntimillä ja vastaanottimilla, mutta ne olivat lähinnä satunnaisia.

9.3 Ilmankosteus ja rullarakenne

Suoritin Anjalan tehdassalin ilmankosteusmittaukset kahden päivän aikana huhtikuun puolivälissä. Mittauspisteiksi valittiin pakkaamon ympäristö sekä muita sellaisia paikkoja, joita rullat läpäisevät kulkiessaan leikkureilta pakkaamoon.

Matalimmat ilmankosteudet mitattiin mittauspisteellä numero 14, joka sijaitsee pituusleikkuri 2:n päädyssä. Kolmella mittauskerralla neljästä kyseisessä paikassa on mitattu pienin ilmankosteus. Toinen muita kuivempi paikka on mittauspiste numero 13, joka sijaitsee alemmassa kerroksessa, alakerran kiertolenkiin kuuluvan rampiston vieressä.

Aikaisemmin talvella pakkauskoneen ympäristössä suoritettiin ilmankosteusmittauksia, jolloin pinta-arkkien rikkoutuminen aiheutti paljon ongelmia pakkaamossa. Vertaamalla silloin saatujen ilmankosteusarvojen suuruusluokkaa itse mittaamiini ja peilaamalla niihin arkkikatko-ongelmien määrää, voidaan todeta arkkikatko-ongelmien määrän olevan suoraan suhteessa ilmankosteuteen.

Rullarakennetutkimuksia suoritettiin alkuvuodesta 2011 PL3:lla ja PL5:llä. Testitulokset osoittivat, että pituusleikkuri 5:n rullissa rullarakenne on optimaalinen. Johtopäätöksenä oli, ettei rullien pinnankireys ole syynä PL5:n rullien pinta-arkkien rikkoontumiseen. PL3:n rullissa rullarakenne ei ollut optimaalinen, mutta koska PL3:n asiakasrullien pinta-arkkien hännät teipataan käsin, ei pinnankireyden muutoksilla saada ratkaisevaa etua arkkikatko-ongelmiin.

9.4 Parannusehdotukset

Tärkeimpänä parannusehdotuksena PL3:n rullien pintarikkojen vähentämiseksi on leikkurin edustalla olevien pysäytinlappien linjaus samalle tasolle.

Toinen parannusehdotus PL3:n rullille on pysäytinlappien mahdollinen päällystäminen. On syytä miettiä, pystytäänkö sillä tavoin rullien pysäytystä saamaan pehmeämmäksi.

Kolmas parannusehdotus PL3:n rullille on pituusleikkurin rullausparametrien säätö, jotta leikattavien rullien rakenne saadaan optimaaliseksi. Tällä toimenpiteellä ei välttämättä saavuteta suuria etuja, mutta se voi toimia pienenä parannuksena PL3:n rullille.

PL5:n rullilla suurimpana ongelmana on siellä käytössä oleva kuljetinjärjestelmä, jonka sisältämät jatkokohtat rasittavat rullien pintaa. Parannusehdotuksena tähän ongelmaan on kuljettimien välisten nopeuksien tarkastaminen ja synkronointi.

Oman ongelmansa PL5:llä tuottavat tällinteon jälkeiset ensimmäiset muutot. Leikkurille olisi syytä miettiä ohjelmistomuutosta, ettei leikkuri jättäisi teriä ylös tällinteon jälkeen. Näin saataisiin vähennettyä erotteluasemalla syntyviä arkkien repeämisiä, jotka aiheutuvat siitä, kun muuton pohjalla olevan leikkaamaton paperi pitää rullat liian tiukasti kiinni toisissaan.

Ohjelmistomuutoksen sijaan vaihtoehtoisena ratkaisuna on käytäntöjen yhdenmukaistaminen leikkurin miehistöillä. Koska on havaittu, että tällinteon jälkeisen muuton aiheuttamat ongelmat on saatu vältettyä asettamalla yläterät alasentoon manuaalisesti, tulisi tämä tapa ottaa yleisesti käyttöön virallisen ohjeistuksen muodossa.

Ilmakosteuden osalta parannusehdotuksena on lisäkostuttimien käyttöönotto jälkikäsitteilyn tiloissa. Varsinkin talviaikaan lisäkostuttimet mahdollisesti vähentäisivät rullien arkkikatko-ongelmien määrää huomattavasti. Suositellut sijoituspaikat lisäkostuttimille on esitetty luvussa 8.4.

9.5 Jatkotoimenpiteet

Etukäteen on vaikeaa arvioida, kuinka paljon edellä mainitut parannukset rullien arkkikatko-ongelmiin tulevat auttamaan. Arkkikatko-ongelmien ratkominen on hankalaa siitä syystä, että Anjalan asiakasrullien laatu ja dimensiot vaihtelevat suuresti. Kuljettimien on toimittava useilla rullavariaatioilla, joten niiden täydellinen optimointi on mahdotonta. Paras tapa edetä on löytää parhaiten toimiva kompromissi.

On kuitenkin varmaa, että jos edellä mainitut parannustoimenpiteet suoritetaan, pinta-arkkiongelmien määrä tulee vähenemään. Vähenemisen määrää on kuitenkin mahdoton ennustaa ja melko vaikeaa mitata edes jälkeenpäin.

Jos arkkikatkojen määrä saadaan kuitenkin edes puolitettua, se tarkoittaa jo 10 vuorokauden mittaista työajan säästöä. Lisäsäästöjä syntyy materiaalihävikin pienenemisestä. Myös riski siitä, että asiakkaalle toimitetaan huonolaatuisia tuotteita, pienenee. Se on mittaamattoman arvokas asia.

KUVAT

- Kuva 2.1 Rullia syöttörampilla, s. 7
- Kuva 2.2 Rullia vaa'alla ja merkkausasemalla, s. 7
- Kuva 2.3 Rulla saapunut käärintään, s. 8
- Kuva 2.4 Päätylaput asetetaan paikalleen, s. 8
- Kuva 2.5 Käärintä käynnissä, s. 8
- Kuva 2.6 Käärintä valmiina, s. 8
- Kuva 5.1 Leveämmät lamellilevyt, s. 30
- Kuva 5.2 Kapeat lamellilevyt, s. 30
- Kuva 5.3 Lamellikuljettimen jatkokohta, s. 31
- Kuva 5.4 Rullia työntimellä ja vastaanottimella, s. 31
- Kuva 5.5 Erotteluasema, s. 31
- Kuva 5.6 Rullia erotteluasemalla, s. 31
- Kuva 5.7 Ensimmäinen kääntöpöytä, s. 32
- Kuva 5.8 Rullia ensimmäisellä kääntöpöydällä, s. 32
- Kuva 5.9 Rulla erotteluaseman jälkeen, s. 33
- Kuva 5.10 Rulla kääntöpöydän jälkeen, s. 33
- Kuva 5.13 Pysäytinläpillä vuoroaan odottavia rullia, s. 33
- Kuva 5.14 Rulla numero 1, s. 34
- Kuva 5.15 Rulla numero 5, s. 34
- Kuva 5.16 Rulla numero 1 pysäytinläpillä, s. 35
- Kuva 5.17 Rulla numero 5 pysäytinläpillä, s. 35

KUVIOT

- Kuvio 4.1 Vrk-raporttien huomautukset paperityypeittäin, s. 15
- Kuvio 4.2 Vrk-raporttien huomautukset neliöpainojen mukaan, s. 16
- Kuvio 4.3 Vrk-raporttien huomautukset paperin bulkkiarvon mukaan, s. 17
- Kuvio 4.4 Vrk-raporttien huomautukset rullaleveyksien mukaan, s. 18
- Kuvio 4.5 Vrk-raporttien huomautukset rullahalkaisijan mukaan, s. 19
- Kuvio 4.6 VRK-raporttien huomautukset pituusleikkureittain, s. 20
- Kuvio 4.7 Arkkikatkorullien määrä paperityypeittäin, s. 21
- Kuvio 4.8 Arkkikatkorullien määrä neliöpainon mukaan, s. 22
- Kuvio 4.9 Arkkikatkorullien määrä paperin bulkkiarvon mukaan, s. 23
- Kuvio 4.10 Arkkikatkorullien määrä rullaleveysittain, s. 24
- Kuvio 4.11 Arkkikatkorullien määrä rullahalkaisijan mukaan, s. 24
- Kuvio 4.12 Seurantajakson aikana pituusleikatut rullat Anjalassa, s. 25
- Kuvio 4.13 Arkkikatkorullat pituusleikkureittain, s. 26
- Kuvio 6.1 Suhteellinen ilmankosteus Anjalan paperitehtaalla, s. 39

TAULUKOT

- Taulukko 6.1 Suhteellinen ilmankosteus Anjalassa mittauspisteittäin, s. 40

LÄHTEET

Harju, T. IT Manager, sähköposti 24.3.2011 Stora Enso Oyj.

Heikkilä, A. Osastomestari, henkilökohtainen tiedonanto 11.5.2011 Stora Enso Oyj.

Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2003. Paperin ja kartongin valmistus. 5.p. Jyväskylä: Opetushallitus.

Itkonen, I. 2011a. Saimatec Engineering Oy, sähköposti 30.3.2011.

Itkonen, I. 2011b. Saimatec Engineering Oy, muistio 29.4.2011

Metsäteollisuuden työnantajaliitto. 1981. Paperin ja kartongin käsittely. Lappeenranta: Etelä-Saimaan Kustannus Oy.

Pelkonen, J. 2011. Rullarakenteen mittaus ja ajoparametrien viritys PL3:lla. Raportti. Metso Oyj.

Puhakka, M. Pakkaaja, henkilökohtainen tiedonanto 23.3.2011 Stora Enso Oyj.

Suutari, M. Mekaanisen kunnossapidon työnjohtaja, henkilökohtainen tiedonanto 19.4.2011 Empower Oy.

Tani, T. Pakkaaja, henkilökohtainen tiedonanto 26.4.2011 Stora Enso Oyj.

Uhlbäck, S. 2008. Tapio RQP hyödyntäminen paperin laadunvalvonnassa. Insinööriyö. Kajaanin ammattikorkeakoulu 2008.

Wolter, S. 2011. Investigation of the reel structure at PM 3 in Anjala & winder optimization. Raportti. FPB Holding GmbH & Co. KG.

VUOSITTAINEN ARKKIKATKORULLIEN MÄÄRÄ

Kuukauden mittaisessa reaaliaikaisessa seurannassa tehtiin merkintöjä 723 arkkikatkorullasta.

Jokaista pakkaamoon tullutta arkkikatkorullaa ei kuitenkaan merkitty seurantalistaan. Näin ollen todellinen arkkikatkorullien määrä on suurempi. Oletetaan, että merkintä tehtiin vain joka neljännessä rullasta (25 %), joten todellinen määrä kuukautta kohti saadaan kertomalla merkittyjen rullien määrä neljällä:

$$723kpl \times 1kk \times 4 = 2892 \approx 2900kpl/kk$$

Kompensoidaan eri ulkolämpötilojen merkitystä vuodenaikakertoimilla. Seuranta tapahtui keväällä huhtikuun aikana, joten seurannan aikana saatua rullamäärää voidaan pitää perusarvona.

Oletetaan, että kesällä pinta-arkkiuongelmien määrä puolittuu ja talvella kaksinkertaistuu suhteessa perusarvoon:

$$Talvi = 2900kpl/kk \times 4kk \times 2 = 21200kpl$$

$$Kevät \& \text{ syksy} = 2900kpl/kk \times 4kk \times 1 = 10600kpl$$

$$Kesä = 2900kpl/kk \times 4kk \times 0,5 = 5800kpl$$

Arvioitu vuosittainen arkkikatkorullien kokonaismäärä on siis

$$21200kpl + 10600kpl + 5800kpl = 37600kpl$$

VUOSITTAINEN MATERIAALIHÄVIKKI

Keskikokoiseen rullaan tulevan kääreen pituus on 7,2m ja leveys 1,2m. Kääre painaa $0,27\text{kg}/\text{m}^2$. Yhteen rullaan tuleva kääre painaa keskimäärin siis

$$7,6\text{m} \times 1,2\text{m} \times 0,270\text{kg}/\text{m}^2 \approx 2,5\text{kg}$$

Arvioidaan, että kääre joudutaan uusimaan joka viidenteen arkkikatkorullaan. Vuosittain hukkaan menevän kääreen määrä on siis

$$37600\text{kpl} \times 0,2 \times 2,5\text{kg} = 18800\text{kg}$$

Kääreen hinta on noin 600 euroa tonnilta. Vuosittain hukkaan menevän kääreen arvo on siis

$$18,8\text{ tonnia} \times 600\text{€}/\text{tonni} = 11\,280\text{€}$$

VUOSITTAINEN AIKAHÄVIKKI

Jaetaan pakkaamossa tapahtuvat arkkikatkorullien aiheuttamat ongelmat kolmeen luokkaan ja arvioidaan niiden rullamäärät:

Luokka A = käärintäasemalla tapahtuvat ongelmat. Vievät työaika keskimäärin 5 minuuttia ja niitä tapahtuu 10 prosentille kaikista arkkikatkorullista. A-luokan ongelmat pysäyttävät pakkaamon.

$$A = 37600 \text{ rullaa} \times 0,1 \approx 3760 \text{ rullaa}$$

Luokka B = rullat jotka aiheuttavat ongelmia käärintäaseman jälkeen kuitenkin pysäyttämättä pakkaamo. Vievät 10 minuuttia työaika. Tapahtuu noin 40 prosentille luokan A rullista.

$$B = A \times 0,4 \approx 1504 \text{ rullaa}$$

Luokka C = rullat jotka ehtivät varastoon asti. Vievät työaika keskimäärin 20 minuuttia. Tapahtuu noin 5 prosentille luokan A rullista. Eivät pysäytä pakkaamo.

$$C = A \times 0,05 \approx 188 \text{ rullaa}$$

Vuosittain menetetty työaika on

$$AHS = 5min \times 3760 \text{ rullaa} + 5min \times 1504 \text{ rullaa} + 15min \times 188 \text{ rullaa} \approx 486 \text{ tuntia}$$

Pakkaus koneen vaiheaika on 19 sekuntia. Lasketaan teoreettinen menetetty rullamäärä vuodessa käyttämällä luokan A-ongelmia, koska ainoastaan ne pysäyttävät pakkaamon

$$\frac{3760 \text{ rullaa} \times 5min \times 60s}{19s} \approx 60\,000 \text{ rullaa}$$

