



Paperin prosessiperäisten ongelmien kartoitus

Emilia Halonen

Opinnäytetyö, AMK

Joulukuu 2021

Tekniikan ala

Insinööri, Energia- ja ympäristö tekniikka

Halonen, Emilia

Paperin prosessiperäisten ongelmien kartoitus

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Syyskuu 2020, 45 sivua.

Tekniikan ala. Energia- ja ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Verkkojulkaisulupa myönnetty: kyllä

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Metsä Tissue Mäntän tehtaalla sijaitsevan jalostuskoneella ajettavan raakapaperin aiheuttaman aikahävikin syitä. Aikahävikki on aiheena tärkeä, sillä se on aina pois tuotannosta, joka tarkoittaa suoraan taloudellista tappiota.

Opinnäytetyö oli tutkivaa ja soveltavaa kehitystyötä. Tutkimusmenetelminä käytettiin laadullista tutkimusta havainnoimalla kohteita ja haastatteleamalla operaattoreita ja insinöörejä, ja määrällistä tutkimusta analysoimalla kirjallisia dokumentteja ja tutkimalla jo olemassa olevaa dataa jalostuskoneen ja paperikoneen toiminnosta. Jalostuskoneen katkokirjaston datasta saatiin selville, että kuukausitasolla katkojen määrissä ja laaduissa oli huomattavia eroja. Tätä havaintoa tukivat operaattoreiden ja toimihenkilöiden kanssa käydyt keskustelut ja omat havaintoni. Datan keräämisen ja erittelyn jälkeen pidettiin juurisyyanalyysi, jossa pureuduttiin ongelman ytimeen erilaisten menetelmien ja teemojen kautta. Juurisyy on aineistoanalyysimenetelmänä todella tehokas, sillä sen aikana ongelmaa pohditaan monesta eri näkökulmasta.

Tuloksina saatiin luotua kattava ja havainnollistava kuvaus siitä mitkä paperilajit aiheuttivat eniten katkoja ja minkälaisista katkoista oli kysymys. Jalostuskoneelta katkot eriteltiin eri aukirullauspukeille saakka, joka antoi vielä lisätietoa eri aukirullauspukkien herkkyydestä paperin ongelmille. Paperikoneelta laadullisten poikkeamien syiksi löytyi useita eri tekijöitä, joiden poistamiseksi ja kartoittamiseksi luotiin juurisyytutkinassa useita tehtäviä. Tehtäville määrättiin erikseen vastuuhenkilöt ja aikaraja, jonka puitteissa tehtävä tuli aloittaa.

Työn tulokset olivat laajemmat, kuin tutkimuskysymykseen olisi tarvinnut vastata. Tutkimuksen tuloksia voidaan käyttää laajemmassa mittakaavassa, kuin työssä esitellyissä kohteissa ja sitä voidaan jatkojalostaa edelleen.

Avainsanat (asiasanat)

Paperinvalmistus, paperinjalostusteollisuus, pehmopaperi, juurisyyanalyysi, laatu

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Halonen, Emilia

Reviewing the process originated problems in paper

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, September 2020, 40 pages.

Engineering and technology. Degree Programme in Energy and Environmental Technology. Bachelor's thesis.

Permission for web publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

The aim of the thesis was to identify reasons for time losses caused by the raw paper driven by the converting machine at Metsä Tissue Mänttä mill. The time loss is always time out of production which creates direct financial disadvantage.

The thesis was exploratory and applied development work using qualitative and quantitative research methods. The used methods were empirical observation, analysis of written documents and study of existing data on the properties and functions of the converting machine and paper machine. Based on the data from the converting machine's web break log it was found that there were considerable differences in the quantity and quality of breaks on a monthly basis. This observation was supported by discussions with operators, engineers and by empirical findings. After collection and analysis of the data, a root caused analysis conducted. This enabled the problem to be considered from different perspectives.

The results provided a comprehensive and enlightening description of which types of paper caused the most breaks and what was the nature of each break. From the converting machine the breaks were further analyzes based on the unwinding units' sensitivity to specific breaks. Several different factors were found to cause quality problems in the paper machine. A root cause analysis introduced several steps to identify and eliminate these problems. Specific workers were assigned to take responsibility of managing each step within a specific time frame.

The findings of this thesis were more extensive than the requirements set by the research question. The findings of this thesis can be used within a larger framework than the machines presented in the thesis and can be developed further.

Keywords/tags (subjects)

Papermaking, Paper converting industry, tissue paper, root cause analysis, quality

Miscellaneous (Confidential information)

Sisältö

1	Johdanto	6
1.1	Häiriöttömyys tuotannossa	6
1.2	Lähtökohdat	6
1.3	Metsä Tissue.....	7
2	Tutkimusasetelma	8
2.1	Tutkimusmenetelmät	8
2.2	Työn eettisyys ja luotettavuus	9
3	Pehmopaperin valmistus ja jalostus	9
3.1	Paperin raaka-aineet	9
3.2	Paperin valmistus	11
3.3	Paperin jalostus	12
4	Pehmopaperin laatu	13
4.1	Laatu ja sen mittaaminen	13
4.2	Vianilmaisimet.....	15
4.3	Paperissa havaittavat viat	16
4.4	Vikojen seuraukset	18
5	Juurisyyanalyysi.....	18
6	Työn toteutus	21
6.1	Jalostuskoneen ratakatkokirjaston purkaminen	21
6.2	Raakapaperit	23
6.3	Aukirullauspukit	26
6.4	Seisokkien vaikutus vikamääriin.....	28
6.5	Juurisyyanalyysi.....	31
7	Tulokset.....	36
7.1	Paperikone	36
7.2	Jalostuskone	38
8	Pohdinta.....	39
	Lähteet	41

Kuviot

Kuvio 1	Jalostuslinjan häiriöseisokkien syyt.....	7
Kuvio 2	Valmet pehmopaperikone	12

Kuvio 3 Paperikoneen vikakartan kuva ajetusta konerullasta, joka aiheuttanut useita ratakatkoja jalostusinjalla.....	15
Kuvio 4 Paperissa oleva reikä.....	16
Kuvio 5 Vikakamerassa havaittavaa säännöllistä ja tiheää vikaa	17
Kuvio 6 Paperissa oleva rynkky ja reunavika	17
Kuvio 7 Paperissa oleva reunavika	17
Kuvio 8 Kalanruotokaavio	21
Kuvio 9 Jalostuskoneen ratakatkot tammikuusta heinäkuuhun 2021	23
Kuvio 10 Jalostuskoneella käytetyt raakapaperit kuukausittain	24
Kuvio 11 Raakapapereiden aiheuttamat katkot sen perusteella missä kuussa paperit ovat ajettu	25
Kuvio 12 Katkojen määrä per 100 tuhatta kiloa ajettua paperia.....	25
Kuvio 13 Aukirullauspukki 1 katkojen syyt ja määrät	26
Kuvio 14 Aukirullauspukki 2 katkojen syyt ja määrät	27
Kuvio 15 Aukirullauspukki 3 katkojen syyt ja määrät	28
Kuvio 16 Paperikoneen vikamäärien ja seisokkien korrelointi	30
Kuvio 17 Juurisyysanalyysin vaiheet.....	31

Taulukot

Taulukko 1 Esimerkki kriittisyysluokituksesta.....	20
Taulukko 2 Paperikoneen huollot	29

1 Johdanto

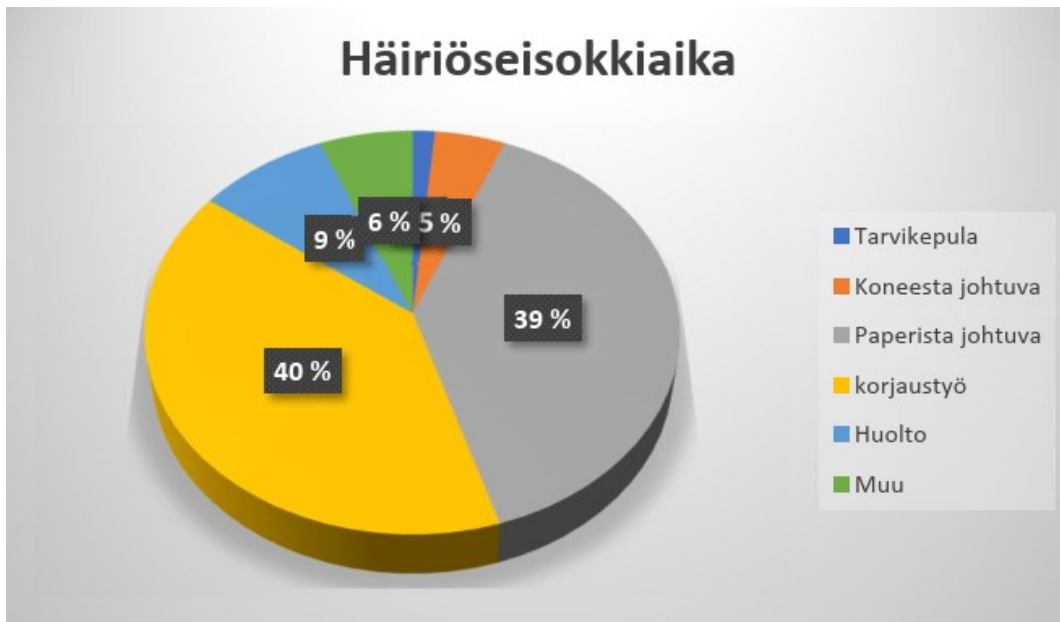
1.1 Häiriöttömyys tuotannossa

Tuotannon häiriöttömyys on tärkeätä monesta eri näkökulmasta. Ensimmäisenä ajatuksena on yleensä tehokkuus ja tuottavuus, sillä mikään tuotanto ei ole kannattavaa, ellei siitä jää taloudellisesti voitolle. Tuotannon häiriöttömyys vaikuttaa myös työturvallisuuteen ja mahdollisuuteen tehdä uusia investointeja. Uudet investoinnit vaativat taloudellisia resursseja, jonka kautta pystyy vaikuttamaan esimerkiksi ympäristöystävällisyyteen tekemällä tuotannosta energia- ja materiaali-tehokkaampaa.

Työturvallisuutta ei useasti häiriöttömyyden tavoittelussa mietitä, mutta sekin on täysin huomion-arvoinen asia. Moni tapaturma ja läheltä-piti-tilanne ei tapahdu silloin, kun tuotanto kulkee toivotulla tavalla ja pystytään työskentelemään opetetuilla tavoilla, vaan silloin kun tuotanto on häiriöllä. Häiriötilanteita voi olla lukuisia erilaisia, jolloin jokaiseen tilanteeseen ei ole suoria ohjeita, kuinka toimitaan tai mitä asioita tulee ottaa huomioon.

1.2 Lähtökohdat

Lähtökohtana on parantaa tietyn jalostuslinjan tuotannon määrää selvittämällä mitkä tekijät aiheuttavat eniten aikahävikkiä. Tarkasteltavana on paperikoneen tuottama raakapaperi, jonka eri paperilaaduissa on vaihteleva määrä reikiä ja muita poikkeamia. Raakapaperin poikkeamat aiheuttavat jalostuslinjalla paperiratojen katkeamisia ja joissakin tapauksissa teloille kertymistä. Jokainen katko vaatii operaattoreilta paperiratojen uudelleen pujottamisen ja eri teloille kertyneen paperin poiston käsin, joka voi pahimmassa tapauksessa kestää useita tunteja. Kuviosta 1 voi hyvin huomata, että paperivika on suuri syy aikahävikissä.



Kuvio 1 Jalostuslinjan häiriöseisokkien syyt

Työ rajautui vain yhteen paperikoneeseen ja jalostuslinjaan. Rajauksen perusteena on jalostuslinjan suuri merkitys tuotannolle, jolloin aikahävikki on taloudellisesti suuri tappio ja paperikone sen takia että se tuottaa jalostuslinjalle raakapaperin. Työ rajattiin vain yhteen jalostuslinjaan ja paperikoneeseen myös sen takia, että työhön käytettävä aika oli hyvin rajallinen, jolloin sen levittäminen koskemaan muitakin linjoja ja koneita paisuttaisi sen liian suureen mittakaavaan.

1.3 Metsä Tissue

Metsä Group

Metsä Group on osa Metsäliitto osuuskuntaa, joka koostuu noin 103 000 yksityisestä metsän omistajasta. Metsä Group:iin kuuluu Metsä Wood ja Metsä Forest ja tytäryhtiöt Metsä Tissue, Metsä Fibre ja Metsä Board. Metsä Group on maailmanlaajuisesti tunnettu ja on yksi johtavista puuteollisuusyrityksistä, jolla on toimintaa yli 30 maassa. (Me olemme metsagroup n.d.)

Metsä Tissue

Metsä Tissue valmistaa tiivispaperia ja pehmopapereita kuten vessapaperia, talouspaperia, käsi-
pyyhkeitä ja nenäliinoja. Metsä Tissuella on yhteensä yhdeksän tuotantolaitosta viidessä eri

maassa, joista Suomessa, Mänttä-Vilppulassa, on yksi. Mäntän tehdas on perustettu jo vuonna 1868, mutta ensimmäinen pehmopaperikone käynnistyi vasta vuonna 1908. Nykyään tehtaassa on kolme pehmopaperikonetta, yksi tiivispaperikone ja 11 jalostuslinjaa ja se työllistää noin 400 työntekijää. Vuorokausituotanto pehmopaperin osalta on noin 290 tonnia, joka kulkeutuu kuluttajille 30 kuorma-auton voimalla. (Mäntän tehdas n.d.)

2 Tutkimusasetelma

2.1 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyö oli tutkivaa ja soveltavaa kehittämistyötä, sillä työ tehtiin jo olemassa olevan tiedon perusteella (Miettinen & Tuunainen 2010). Työn tutkimusmenetelmät olivat sekä määrällisiä eli kvantitatiivisia että laadullisia eli kvalitatiivisia. Määrällinen tutkimus menetelmänä perustuu havaintoihin ja jo valmiiksi kerättyjen tilastojen tutkimiseen ja pyrkii vastaamaan kysymyksiin Mikä? Missä? Paljonko? ja kuinka usein? (Kananen 2017, 35; Heikkilä 2014.)

Laadullinen tutkimus perustuu sanoihin ja lauseisiin (Kananen 2017, 35). Sen tarkoituksena on ymmärtää tutkittavan kohteen ominaisuuksia ja merkitystä kokonaisuutena ja vastata kysymyksiin *miksi? Miten? ja Millainen?* Laadullisen tutkimuksen tarkoituksena ei siis ole määrien selvittäminen vaan ymmärtäminen. (Määrällinen tutkimus 2015; Heikkilä 2014.) Osana laadullista tutkimusta tehtiin juurisyyanalyysi, jonka tavoitteena on ymmärtää ongelman perimmäinen syy, eikä vain syyn oireita.

Tutkimuskysymys

Tutkimuksen pohjana on jokin ongelma tai asia, jota halutaan tutkia. Tutkittavan aiheen pohjalta luodaan tutkimuskysymys, joka nivoo tutkimuksen idean yhteen lauseeseen. Tutkimuskysymykseksi valikoitui: Mitkä tekijät paperissa tai sen valmistusprosessissa aiheuttavat katkoja jalostuslinjalla?

2.2 Työn eettisyys ja luotettavuus

Tutkimusetiikka on hyvä tieteellinen tapa, jota tutkijoiden tulee tutkimusta toteuttaessaan noudattaa. Se määrittää tutkimustyötä koskevat pelisäännöt suhteessa kollegoihin, tutkimuskohteeseen, rahoittajiin, toimeksiantajiin ja suureen yleisöön. Siihen kuuluvat eettiset periaatteet, kuten normit, arvot ja hyveet (Vilka, 2007, 89).

Tutkimusetiikkaa noudatettiin työssä tuottamalla omaa tekstiä ja tutkimusta, eikä plagioimalla muiden jo tekemiä tutkimuksia. Työtä tehdessä pidettiin huolta, että väitteet ja tutkimustulokset olivat luotettavia ja paikkansapitäviä. Lähteet ja viittaukset merkittiin huolellisesti, jotta lukijan on helppo tarkastaa faktat jälkikäteen. Käytettyjä lähteitä arvioitiin kriittisesti ja pohdittiin, olivatko ne tieteellisesti luotettavia.

Niin kuin lähteistä luettavaa tietoa on myös työn aikana kerättyä dataa ja tuloksia käsiteltävä kriittisesti. Tuloksien luotettavuus voidaan kuitenkin peilata suoraan siihen, saadaanko tuloksien perusteella tehtävistä muutoksista ratkaisua ongelmaan. Muutokset joita paperikoneella tai jalostuslinjalla mahdollisesti tehdään, ei saa vaikuttaa muuten valmiin tuotteen laatuun. Jos valmiin tuotteen laatu kärsii, voidaan tuloksia pitää epäluotettavina.

Osa työssä käytetystä aineistosta oli arkaluonteista, jonka takia ei käytetty esimerkiksi kemikaalien ja lajikoodien oikeita nimiä. Arkaluontoisien tietojen nimet muutettiin anonyymeiksi käyttämällä esimerkiksi tietyn lajikoodin kodalla nimeä ”Laji1”, jotta työstä ei jouduttaisi erikseen salaamaan osia.

3 Pehmopaperin valmistus ja jalostus

3.1 Paperin raaka-aineet

Pehmopaperi valmistetaan joko puhtaasta sellusta, keräyspaperista eli uusiomassasta tai niitä yhdistelemällä. Eri massojen suhteet vaikuttavat siihen minkälaisia ominaisuuksia, kuten pehmeys, imukyky, lujuus, paperilta halutaan.

Uusiomassa

Uusiomassalla tai siistausmassalla tarkoitetaan paperin valmistuksessa käytettävää massaa, joka tehdään keräyspaperista. Keräyspaperia ovat esimerkiksi aikakauslehdet, sanomalehdet, pahvi, kartonki ja muu kotitalouksista tai toimistoista kerätty paperi. Keräyspaperin huonona puolena kuitenkin on se, että se saattaa olla laadultaan hyvin vaihtelevaa sen mukana tulevien epäpuhtauksien takia, joita on esimerkiksi lehtien niitit, kirjojen kannat, muovikannet ja painovärit. (Sironen 2004, 68.)

Siistaamot sijaitsevat paperitehtaan yhteydessä ja ne on suunniteltu käyttämään tietyn tyyppistä paperia. Siistaus on prosessina monivaiheinen; ensin keräyspaperi hajotetaan pulpperissa, jonka jälkeen siitä poistetaan painoväri ja täyteaineet. Keräyspaperin käyttö sopii hyvin pehmopaperin, monikerroskartongin ja seoskuituna sanomalehtipaperin valmistukseen, sillä useamman kerran käytetyt kuidut eivät ole enää lujuusominaisuuksiltaan hyvät. Siistausmassan epäpuhtaudet tekevät massasta harmaampaa ja painojäljestä huonompaa, jolloin sen käyttö aikakauslehti paperin valmistukseen ei ole kannattavaa. (Isotalo 2004, 99-100.)

Sellumassa

Sellu valmistetaan puusta kemiallisesti kuiduttamalla, jossa lämmön ja kemikaalien avulla puun kuidut sitova ligniini liuotetaan pois. Puu raaka-aine tulee pääsääntöisesti sellutehtaalle pölleinä, mutta myös puuteollisuuden sivutuotteena tulevaa haketta voidaan käyttää. Puu kuoritaan ja haketetaan, jotta keittovaiheessa keittoneeste pääsee leviämään niihin tasaisesti. Keittovaiheessa hake "keitetään" natriumsulfidia ja natriumhydroksidia sisältävässä liuoksessa eli valkolipeässä ja kuumennetaan yli 140 asteiseksi. Keitto aikaa ja -lämpötilaa muokataan sen mukaan kuinka paljon ligniiniä lopputuotteessa saa olla. (Isotalo 2004, 65-67.)

Keittovaiheessa valkolipeä irrottaa puusta orgaanisia aineita kuten ligniiniä ja hemiselluloosaa, jonka jälkeen sitä kutsutaan mustalipeäksi. Keittovaiheen jälkeen mustalipeä ja puumassa erotetaan toisistaan, jotta mustalipeän kemikaalit saadaan uudestaan käyttöön. Osa mustalipeästä on imeytyneenä puuhun, jolloin sitä voidaan pestä erilaisilla laitteilla. Jotta sellumassasta saataisiin puhtaan valkoista ei pelkkä mustalipeän pesu riitä, vaan se pitää myös valkaista. Valkaisu tapoja on

kaksi; kloorikaasuton valkaisu ja täysin klooriton valkaisu. Valkaisu on monivaiheinen prosessi, jossa massa käsitellään vuoron perään klooridioksidilla ja alkalilla tai täysin kloorittomassa valkaisuessa peroksidilla, johon voidaan lisätä otsonia. (Sellun valmistus n.d.)

Jos paperitehdas ei ole sellutehtaan yhteydessä voidaan sellu kuivata ja kuljettaa muualla käytettäväksi. Sellun kuvatus kone muistuttaa paperikonetta, sillä se sisältää myös viiraosan, kuivatusosan ja puristinosan. Kuiva sellu ”matto” leikataan tiettyyn mittaan arkeiksi ja arkit taas yhdistetään paaleiksi., jotka ovat helpompia käsitellä ja kuljettaa. (Mt.)

3.2 Paperin valmistus

Pehmopaperikone on hieman pienempi kuin painopaperi- tai kartonkikoneet; sen pituus on noin 60 m ja paperiradan enimmäisleveys 5,5 m (kuvio 2). Valmistusprosessi on kuitenkin pääpiirteittäin samanlainen, kuin muillakin lajeilla (Pehmopaperikone n.d.) Paperimassa suihkutetaan alle 1 % kuiva-ainepitoisuudella perälaatikolta Crescent-formeriin. Crescent-formerissa paperiraina muodostetaan viiran ja puristushuovan väliin koko koneen leveydeltä. Crescent-formeri on paperinvalmistuksessa poikkeuksellinen formeri ja on käytössä lähinnä pehmopaperin valmistuksessa. Viira on tiuhaan kudottu ”matto”, jonka kudosten välistä vesi suotautuu pois, jolloin kuidut ja kemikaalit jäävät viiran pinnalle ja muodostavat paperirainan. (Märkäviiratyypit n.d.)

Viiraosan jälkeen paperiraina kulkee puristinhuovan mukana kuivatusosaan, jossa rainasta poistuu vettä edelleen puristamalla, suotautumalla huovan läpi ja lämmöllä. Kuivatusosassa puristintela puristaa paperirainaa ja huopaa jenkkisylinteriä vasten, jolloin kovassa nippi paineessa telojen välissä huopa puristuu kasaan ja paperirainasta poistuu vettä. Nipin auetessa rainasta puristettu vesi imeytyy huopaan ja poistuu siitä edelleen veden puhdistuskiertoon. (Puristinosa n.d.)

Jenkkisylinteri on varsinkin pehmopaperikoneissa käytetty kuivatusosa, jossa suuri, halkaisijaltaan 3,5–7 m kokoinen sylinteri lämmitetään johtamalla kyllästettyä höyryä sen sisään. Paperiraina ajetaan lähes koko jenkkisylinterin ympäri, jolloin kuuma jenkin pinta ja ympäröivä ilma kuivattaa rainaa edelleen noin 95 % kuiva-aine pitoisuuteen saakka. Paperiraina irrotetaan kuumasta jenkkisylinteristä kaavinterällä eli kreppiterällä. Kreppiterällä saadaan aikaan paperin pehmeä ja imukykyinen muoto, joka muistuttaa hieman krepattua hiusta (Kuivatusosa ja kreppaus n.d)

Kreppauksen jälkeen paperiraina levitetään levitystelalla ja rullataan tampuuriin, eli metallisen akselin ympärille. Akselin ja paperin väliin tulee joko pahvinen tai muovinen hylsy, jolloin rullaa on helpompi sijoittaa jalostuskoneen aukirullauspukkiin. Paperikoneella valmistuneet rullat eli raakarullat voidaan leikata rullauksen aikana vesileikkauksen avulla kahtia, jolloin vettä suihkutetaan paperirataan korkealla paineella, joka saa aikaan siistin leikkausjäljen. Osa raakarullista ajetaan pituusleikkurin läpi, jolloin useaa raakarullaa samaan aikaan ajamalla voidaan tehdä yksi tai useampikerroksista ja useamman eri kokoisia rullia niin pituus- kuin korkeus suunnassakin. (Pituusleikkaus n.d.)



Kuvio 2 Valmet pehmopaperikone (Pehmopaperikoneet n.d)

3.3 Paperin jalostus

Pehmopaperi jalostetaan joko talouspaperiksi tai vessapaperiksi jalostuslinjalla. Paperikoneen tuottamat rullat kuljetetaan jalostuskoneelle, jossa ne sijoitetaan aukirullauspukkeille. Jalostuslinjalla aukirullauspukkeja on yhteensä kolme, jolloin valmiin tuotteen paperi voi olla yksi-, kaksi-, tai kolmikerroksista. (Aukirullaus n.d.)

Aukirullauspukissa isot raakapaperi rullat rullataan auki ja jokaisesta rullasta tulee valmiiseen tuotteeseen oma säie. Aukirullauksen jälkeen paperi kulkee embossaus telojen läpi, jossa paperin säikeet puristetaan toisiaan vastaan metallisen kuviotelan ja kumitelan välissä. Embossaus parantaa tuotteen pehmeyttä ja imukykyä. Embossauksen jälkeen paperiin voidaan printata kuvio, joka voi olla yksi tai useampi värinen. Kuviolla ei ole tuotteeseen muuta kuin visuaalista hyötyä. Kuvioinnin

jälkeen paperiin tehdään perforointi, joka tekee vessa- ja talouspapereiden arkeista samankokoisia ja helpottaa niiden irrottamista toisistaan. (Paulapuro 2000, 90.)

Kun paperiin on saatu haluttu kuviointi ja perforointi, rullataan paperi pahvisten hylsyrollien päälle tuotteen vaatiman pituuden mukaan, joka yleensä määräytyy halutun arkki määrän mukaan. Kun haluttu arkkimäärä on saavutettu, leikataan paperi poikki ja liimataan ”häntä” rullaan kiinni. Hylsyn päälle rullattuja paperi tankoja kuljetetaan suuressa varaajassa kohti sahaa, jossa tuote leikataan haluttuun pituuteen riippuen, tehdäänkö siitä wc- vai talouspaperia. (Mts. 91.)

Viimeisenä osana jalostuslinjaa on tuotteen pakkaaminen halutun kokoisiksi paketeiksi. Valmiit paketit kuljetetaan lavaamoon, jossa ne pinotaan lavoille, kääritään ja lähetetään eteenpäin kuluttajille. (Mts. 91.)

4 Pehmopaperin laatu

4.1 Laatu ja sen mittaaminen

Pehmopaperin fyysisten ominaisuuksien tarkistamiseen käytetään samoja metodeja, kuin muihinkin paperilaatuihin. Pehmopaperin testauksessa tulee ottaa huomioon muutamia erityispiirteitä, joita ei toisissa paperilajeissa välttämättä tarvita, kuten märkälujuus, pehmeys ja imukyky. Laatu mittauksia tehdessä mittalaitteiden tulee olla tarkasti kalibroituja ja huollettuja, jotta mittaustuloksiin voidaan luottaa. Myös mittaus olosuhteiden, kuten lämpötilan ja ilmankosteuden tulee olla stabiilit. Näytteiden ottamisesta ja testauksesta tulee olla yksiselitteiset ohjeet, jotta jokainen näyte on otettu samalla tavalla. Pehmopaperin ominaisuuksia mitattaessa on oltava tarkka, ettei näytettä venytetä ennen mittaamista, jotta kreppauksen aiheuttama paksuus, bulkki, ei muutu. (Abott & Schnabel 1999, 234-235.)

Useisiin mittaustapoihin on olemassa kansallisia ja kansainvälisiä standardeja, mutta osa niistä on ohjeellisia, eikä tarkkoja tapoja mittaamiseen ole määrätty. Osaa mitattavista ominaisuuksista on vaikea edes mitata laitteilla, sillä niille ei ole olemassa mitään mitattavaa suuretta, kuten pehmeys. Valmiin tuotteen vertailukelpoinen mittaus voi olla haastavaa, sillä useisiin pehmopapereihin tehdään kohokuviopainatus ja katkaisu jalostusvaiheessa. Tämän takia näytteitä otetaan enemmän

suoraan paperikoneelta, jolloin paperin pintaominaisuuksiin ei ole vielä tehty muutoksia. (Mts. 235, 244.)

Märkälujuus ja vetolujuus ovat osalle pehmopapereista, kuten talouspaperille, tärkeitä ominaisuuksia. Talouspaperin tulee pysyä ehjänä, vaikka se olisi imenyt itsensä täyteen vettä. Märkälujuus ominaisuus saadaan pehmopaperiin lisäämällä siihen valmistusvaiheessa märkälujaliimaa. Märkälujuutta testatessa tulee huomioda märkälujaliiman vaatima kypsyntäaika. Jotta testattavan paperin märkälujuus ominaisuus vastaisi märkälujuutta loppukäyttäjällä, voidaan näytepalaa kypsyttää keinotekoisesti ja näin saada testitulos nopeammin. Kypsyttäminen tapahtuu uunissa tietyssä lämmössä, tietyssä ajassa, riippuen tuotteesta. Osa märkälujatuotteista vaatii kypsykseen muutaman minuutin ajan, osa taas viikkoja. Vetolujuutta märkänä testataan tietynkokoisella näytepalalla, joka upotetaan veteen ja nostetaan sieltä mittaustilanteeseen. Muista paperilaaduista, kuten pussi-, kartta- ja valokuvapaperista poiketen pehmopaperin näytepalat ovat suurempia, sillä standardin mukaiset pienet näytekappaleet eivät kestä veteen upottamista ja sieltä ylös nostamista. (Mts. 235, 241-244.)

Toinen loppukäyttäjälle tärkeä ominaisuus on imukyky, etenkin wc- ja talouspaperien kohdalla. Pehmopaperin tulee pystyä imemään itseensä nestettä, jotta se vastaa käyttötarkoitustaan. Imukyvyn testaamiseen on tehty useita erilaisia testejä niin absorptio kykyyn kuin absorptio aikaankin. Loppukäyttäjälle ei niin tärkeitä mitattavia suureita pehmopaperiin liittyen ovat nelipaino ja paksuus eli bulkki. Pehmopapereiden paksuuksissa ja neliöpainoissa saattaa olla suuriakin vaihteluja riippuen tuotteesta, onko se yksi-, kaksi- tai kolmikerroksista. (Mts. 236-238.)

Pehmopapereille kuitenkin tärkein ominaisuus loppukäyttäjälle on sen pehmeys. Pehmeyttä voi mitata pintapehmytenä, eli siinä miltä se tuntuu ihoa vasten ja bulkkipehmytenä eli paljonko se joustaa paksuudessaan. Niin kuin ylempänä jo mainittiinkin, on varsinkin pinta pehmeyttä vaikea mitata objektiivisesti laitteilla. Tämän takia pehmyden mittaamiseen tärkeänä tekijänä on subjektiivinen mittaus, eli ammattitaitoisen henkilön käsin tekemä mittaus. (Mts. 244.)

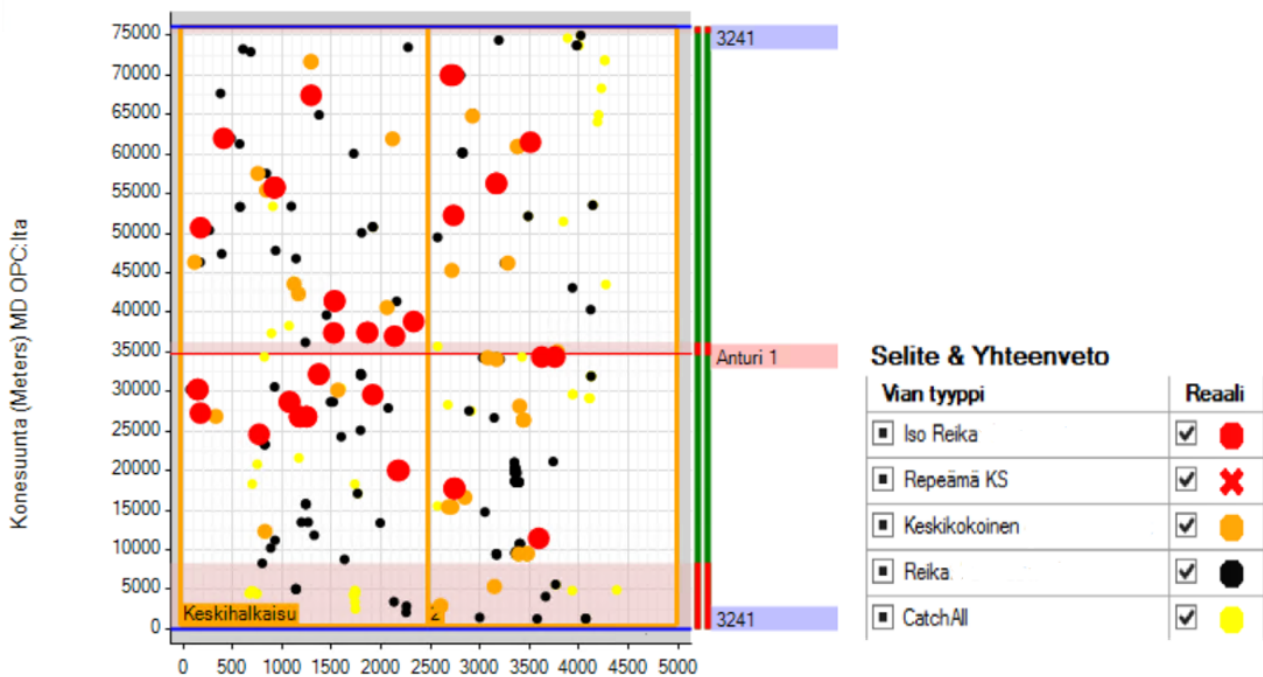
Pehmopapereiden laatu ominaisuuksiin liittyy monia muitakin asioita, kun edellä mainitut, kuten väri, puhtaus ja haju, mutta niihin ei tässä työssä puututtu, sillä ne eivät vaikuta varsinaisesti

paperin kestävyys. Varsinkin vetolujuus ja neliöpaino ovat asioita, jotka vaikuttavat huomattavasti paperin kestävyys jo sen valmistusvaiheessa. (Mts. 245.)

4.2 Vianilmaisimet

Vianilmaisimet ovat paperiteollisuudessa jo vuosia käytettyä tekniikkaa, joiden avulla on tarkoitus ilmaista erilaisia vikoja, joita paperiin voi prosessin aikana tulla. Paperin laadun tarkkailun kannalta vianilmaisimet ovat isossa roolissa, sillä usein paperissa olevia vikoja ei pysty silmällä havaitsemaan jo pelkästään sen takia, että paperirata kulkee paperikoneessa niin nopeasti.

Vianilmaisimen havaitsevan vian on oltava näkyvä vika eli sen on heijastettava tai läpäistävä valoa eri tavalla kuin virheetön paperi, sillä vian ilmaisu perustuu radan läpäisseen valon äkillisiin kirkkauden muutoksiin. (Vianilmaisu ja vikadiagnoosi n.d) Vianilmaisimen kuva siirtyy paperikoneen valvomoon tietokoneelle, johon piiryy kuvion 3 mukainen kartta havaituista vioista.



Kuvio 3 Paperikoneen vikakartan kuva ajetusta konerullasta, joka aiheuttanut useita ratakatkoja jalostusinjalla.

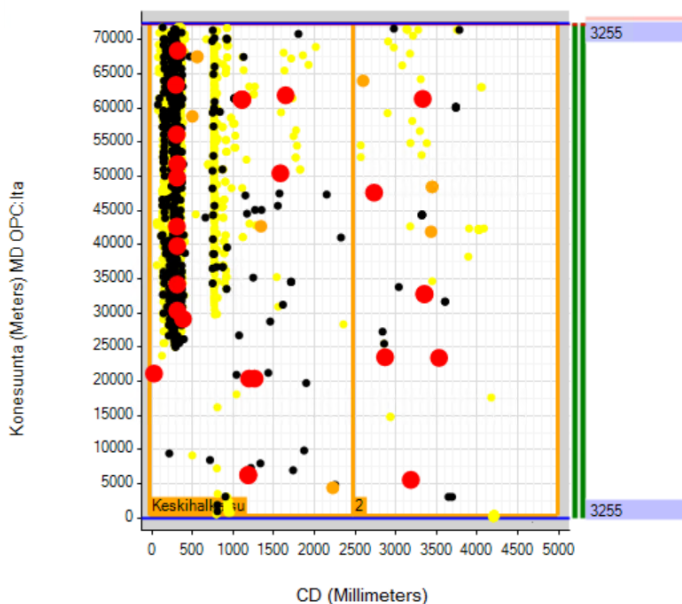
4.3 Paperissa havaittavat viat

Työ koski pehmopaperia, mutta vikojen synty erilaisiin paperi- ja pahvilajeihin voi olla täysin sama, jonka takia lähteinä voi olla teoksia, jotka eivät kerro suoraan pehmopaperin vioista. Erilaisia vikoja paperissa voi olla useita ja tietyissä paperilajeissa niitä on herkemmin kuin toisissa. Tyypillisiä vikoja ovat reiät, vaaleat ja tummat täplät, rynkyt ja reunaviat.

Paperirainassa oleva reikä (kuvio 4) voi syntyä monesta syystä, mutta yleisin syy on viiravika. (Paperirainan viat n.d) Viiran huono kunto tai likaisuus havaitaan yleensä silloin, kun paperirainaan alkaa syntyä useita ja/tai säännöllisiä reikiä, kuten kuviossa 5. Vaaleat ja tummat täplät taas ovat usein epäpuhtauksien aiheuttamia, jolloin paperiradalle on pudonnut esimerkiksi koneen rakenteista vettä, öljyä tai massapaakkuja. (Paperirainan viat n.d)



Kuvio 4 Paperissa oleva reikä



Kuvio 5 Vikakamerassa havaittavaa säännöllistä ja tiheää vikaa

Paperissa olevalla rynkylä tarkoitetaan taitetta, kun paperi ei rullaudu tasaisesti vaan kierros paperia on mennyt kasaan. Rynkky johtuu usein siitä, että paperirata on ollut liian löysällä tai paperiradan levitys on ollut huonoa rullauksen aikana. Rynkky voi olla mitaltaan muutamista millimetreistä useampaan metriin. (Komulainen ym. 2011; Paperirainan viat n.d.) Kuviossa 6 on paperirata mennyt poikki joko reunavian tai rynkyn takia.



Kuvio 6 Paperissa oleva rynkky ja reunavika

Vioista viimeisenä on reunavika, joka tarkoittaa paperirainan reunassa olevia repeämiä tai muita poikkeamia (Kuvio 7). Reunavika vaikuttaa paperin ajettavuuteen jälkikäsittelyssä, eikä se kestä enää vetoa eli paperin vetolujuus heikkenee oleellisesti. Vetolujuudella tarkoitetaan suurinta kuormaa, jonka paperista leikattu pala kestää murtumatta, kun sitä vedetään pinnan suuntaisesti. (Vetolujuus n.d)



Kuvio 7 Paperissa oleva reunavika

Edellä mainitut paperin viat ovat syntyneet fyysisesti paperikoneella, mutta paperirainaan tullut vika voi olla peräisin jo ennen paperirainan muodostumista paperikoneella. Esimerkiksi paperimasinan ongelmat voivat aiheuttaa poikkeamia paperiin, jolloin vian aiheuttaja ei ole mikään mekaaninen tai ulkopuolinen tekijä.

4.4 Vikojen seuraukset

Raakapaperin viat voivat aiheuttaa useita erilaisia ongelmia. Jo paperikoneella itsessään erilaiset viat aiheuttavat katkoja ja tuotannonmenetystä ratakatkojen tai hylättyjen raakarullien osalta. Jalostuslinjalla osa raakapaperin vioista voi mennä jalostettaessa läpi linjan aiheuttamatta sen suurempia harmeja, mutta pahimmillaan vika voi aiheuttaa useiden tuntien aikahävikin, josta seuraa tuotannon menetystä.

Jalostuslinjalla suurin ongelma on aikahävikki ratakatkon takia, jolloin linjan paperiradoista yksi tai useampi katkeaa kesken ajon. Ratakatkon tyypillinen aiheuttaja on raakapaperin reunavika, rynkky tai reikä. Ratakatko kesken ajon voi aiheuttaa paperin kertymisen linjan teloille, jonka jälkeen operaattoreilta voi mennä useita tunteja telojen puhdistamiseen ja paperiratojen uudelleen pujotteluun.

Ennen raakarullan sijoittamista aukirullauspukille tulee operaattoreiden tarkistaa rulla silmämääräisesti, jotta silmällä havaittaviin vikoihin, kuten liitokseen rullan keskellä, voidaan reagoida ajon aikana. Liitoksella tarkoitetaan paperikoneella tapahtuneen ratakatkon aiheuttamaa paperiradan yhdistämis kohtaa. Rullan tarkistukseen kuuluu myös rullan vikakartan tarkistaminen, joka on nähtävillä rullan viivakoodin kautta tietokoneelta. Jos rullassa havaitaan vikakartan mukaan suuri tai useita vikoja keskellä rullaa voidaan linjan nopeutta laskea hetkellisesti, jolloin vian ajaminen linjan läpi voi olla mahdollista. Vian ollessa huomattava, kuten liitos, voidaan kone pysäyttää ja poistaa raakapaperirullasta kerroksia vian kohdalta ja jatkaa sen jälkeen ajoa normaalisti. Tämä ennaltaehkäisee paperiratojen katkeamista ja varmistaa sujuvan ajon.

5 Juurisyyanalyysi

Juurisyyanalyysin tarkoituksena on päästä ongelmista eroon pysyvästi ja löytää niiden perimmäiset syyt, eikä vain hoitaa oireita. Juurisyyanalyysillä päästään eroon toistuvista ongelmista, voidaan

parantaa työturvallisuutta ja tehokkuutta, jakaa tietoa ja parantaa ymmärrystä prosesseihin. (Juurisyyanalyysi 2020.)

Ideana juurisyyanalyysissä on perustaa ryhmä, joka sisältää kaikilta niiltä osa-alueilta henkilöitä, joihin ongelma vaikuttaa. Ensimmäinen ja tärkein asia on tunnistaa ongelma ja sen laajuus. Jos ongelma on epäselvä, ei juurisyyanalyysistä ole hyötyä. Tapaamisia juurisyyanalyysiin voi kuulua yksi tai useampi, mutta ideana on pitää tapaamiset lyhyinä (max. 2 h), jotta ne pysyvät luovina ja avoimina. Aikaa koko prosessiin; juurisyyanalyysin aloittamisesta juurisyyn tunnistamiseen ja ratkaisuun saattaa kestää päivistä kuukausiin, riippuen esimerkiksi ongelman laajuudesta. (Andersen & Fagerhaug. 2006, 22-26.)

Juurisyyanalyysi voidaan tehdä useassa erilaisessa tilanteessa, kuten loukkaantumisessa tai vakavassa läheltä-piti tilanteessa, laatu poikkeamassa, ympäristö poikkeamassa tai tuotannon menetyksessä. Juurisyyanalyysi voidaan tehdä myös positiivisen havainnon kautta, jos esimerkiksi haastava tilanne saadaan ratkottua nopealla aikataululla. (Juurisyyanalyysi 2020.)

Tapoja juurisyyanalyysin tekemiseen on monia, jolloin tietoa voidaan kerätä ja analysoida eri tavoin. Alla esiteltynä muutama usein käytetty ja tunnettu metodi.

Kriittisyysluokitus

Kriittisyys vertailun avulla juurisyyanalyysiä lähdetään tekemään siltä pohjalta, että ongelman oireita on useampia ja tarvitaan tietoa siitä mikä oireista on kriittisin. Oireet voidaan listata esimerkiksi sen perusteella mikä aiheuttaa tuotannolle eniten tappiota, mikä aiheutti eniten aikahävikkiä, mikä vaati eniten henkilöstöresursseja jne. Listauksessa kriittisin oire saa suurimman numeron ja vähiten kriittinen oire pienimmän numeron. Tämän listauksen pohjalta lähdetään ensin selvittämään kriittisimmän oireen juurisyitä. (Andersen & Fagerhaug 2006, 31-33.)

Esimerkkinä Taulukko 1, jossa listattuna johonkin määrittelemättömään telaan tehty kriittisyysluokitus. Tässä on pidetty suurimpana riskinä telan irtoamista paikaltaan ja pienimpänä riskinä telan hidastumista.

Taulukko 1 Esimerkki kriittisyysluokituksesta

VIAN TYYPPI	KRIITTISYYS
Telan irtoaminen	40
Telan moottorin hajoaminen	20
Telan pysähtyminen	14
Telan laakeri rikko	13
Telan laakerin kuumeneminen	7
Telan pultin irtoaminen	5
Telan hidastuminen	1
yhteensä	100

5x miksi

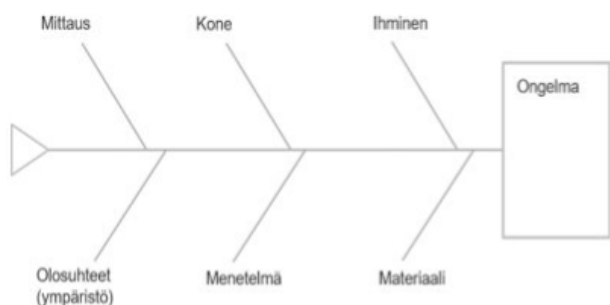
5x miksi tavassa kysytään nimensä mukaan usein kysymys miksi, jotta ongelmassa päästäisiin aina syvemmälle pinnan alle. Kysymyssarja alkaa yhdestä ongelmasta, johon esitetään kysymys miksi. Vastauksen jälkeen kysytään uudestaan miksi niin usein, että päästään juurisyyn tasolle. Kysymys miksi voi antaa yhden tai useamman vastauksen, jolloin jokaista vastausta käsitellään erillään. 5x miksi tavassa oleellisinta ei ole kysyä miksi? -kysymystä viisi kertaa, vaan se että ongelmaan päästään pureutumaan tarpeeksi syvälle. (Okes 2009, 51-60.)

Esimerkki 5x miksi tavasta: Kompastuminen konetasolla

- Miksi 1?
- kulkureitillä oli huono valaistus
- Miksi 2?
- Valaisimen lamppu oli sammunut
- Miksi 3?
- Valaisinta ei ollut vaihdettu ajallaan
- Miksi 4?
- Huoltotyöt oli laiminlyöty
- Miksi 5?
- Huoltotöiden suorittamiseen ei ollut sopivia tikkaita.
- ➔ Juurisyy oli sopivien työvälineiden puuttuminen

Kalanruotokaavio

Kalanruotokaavion avulla ongelman syitä voidaan helposti jäsentellä eri osa-alueiden alle. Kaavion etuna on sen visuaalisuus ja muunneltavuus omien tarpeiden mukaan. Käsiteltävä ongelma sijoitetaan oikeaan reunaan, josta vedetään viiva vasemmalle merkkamaan kalanruodon ”selkärangaa” josta taas vedetään viivoja ”kylkiluiksi” omiksi osa-alueiksi. (Juurisyyanalyysi 2020.) Osa-alueita voi olla esimerkiksi mittaus, kone, ihminen, olosuhteet, menetelmät ja materiaali, kuten kuviossa 8 on esitetty.



Kuvio 8 Kalanruotokaavio (Juurisyyanalyysi 2020)

Olipa käytössä mikä tapa hyvänsä on juurisyyanalyysin rakenne aina kuitenkin samanlainen. Ensimmäinen vaihe on tunnistaa ongelma, jota lähdetään ratkomaan. Toisessa vaiheessa on brainstorming eli aivomyrsky, jolla tarkoitetaan ideointia aiheeseen liittyen joko vapaasti tai ohjatusti. Ideointia voi ja kannattaa tehdä työn muissakin vaiheissa, sillä uusia ideoita ja näkökulmia voi nousta esiin myöhemminkin. Kolmannessa vaiheessa kerätään dataa analyysin tekemiseen ja neljännessä vaiheessa kerätty data analysoidaan. Vaiheet viisi ja kuusi ovat juurisyyntunnistaminen ja ratkaisujen keksiminen ja toteuttaminen. On tärkeää, että tiimistä yksi henkilö on nimetty vetovastuuseen, jotta tarvittavat tapaamiset ja ratkaisut tulee hoidetuksi ajallaan. (Andersen & Fagerhaug 2006; Okes 2009; Juurisyyanalyysi 2020.)

6 Työn toteutus

6.1 Jalostuskoneen ratakatkokirjaston purkaminen

Työssä käytettiin kahden eri vianilmaisimen aineistoa. Vianilmaisimet sijaitsivat paperikoneella ja jalostuslinjalla ja niiden toiminta on kytköksissä toisiinsa. Paperikoneen vianilmaisimen kuvaa

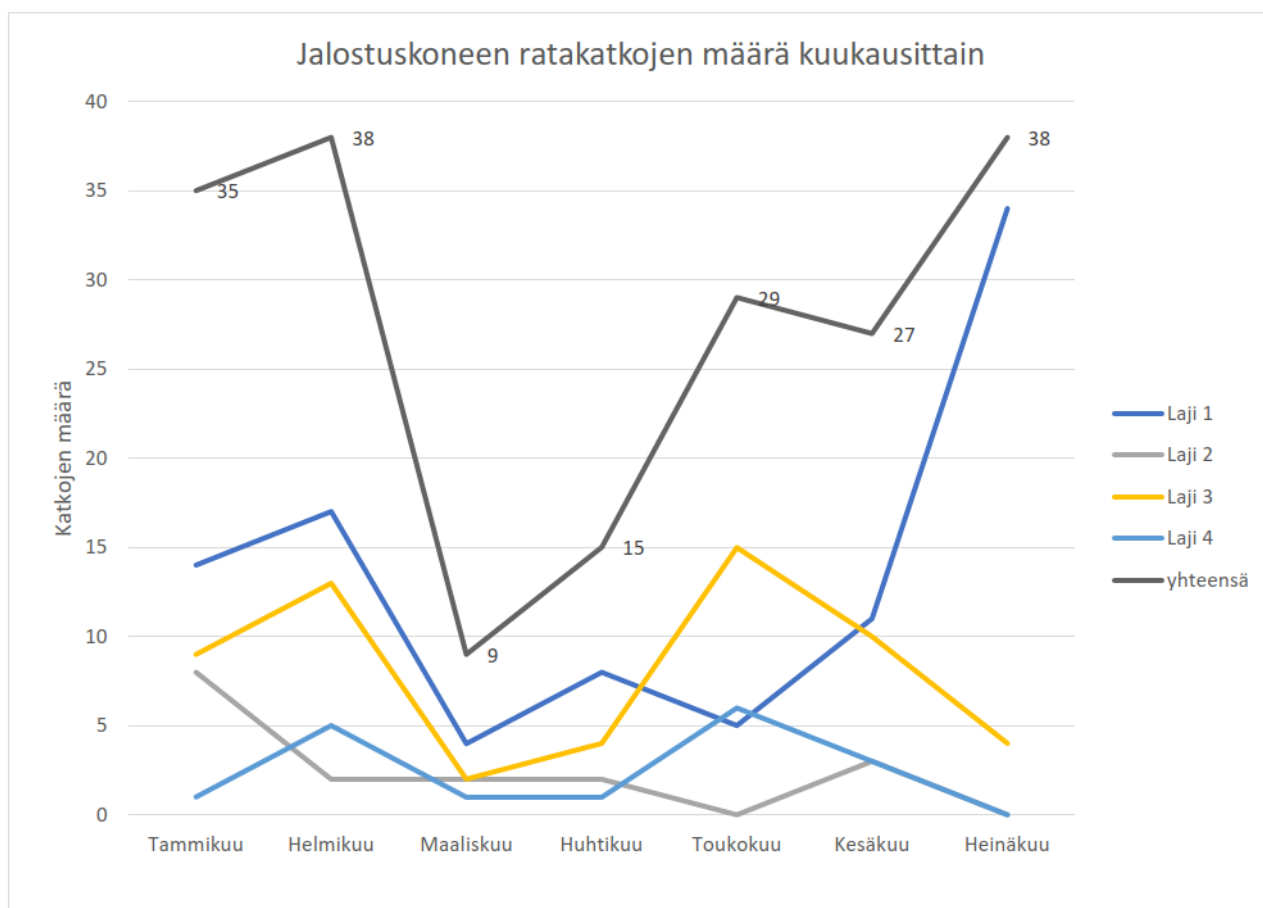
raakapaperista vikoja ja piirtää niistä karttaa, jota operaattorit voivat seurata reaaliajassa; vikakartasta voi nähdä reiän tyypin, koon, sijainnin poikkisuunnassa ja pituussuunnassa ja kuvan.

Jalostuskoneen ratakatkokirjasto toimii siten, että katkon sattuessa se ottaa paperikoneen vikakartasta katkon ajankohtaa lähimmän vian kuvan, joka on todennäköisesti vian aiheuttanut. Jalostuskoneen katkokirjasto ei kuitenkaan ole täysin luotettava, sillä katko on voinut aiheutua jostakin muusta syystä kuin siitä kyseisestä viasta, josta kuva on otettu.

Paperin vikojen kartoitus aloitettiin tutkimalla jalostuskoneen katkokameran dataa ja listaamalla Exceliin kaikki katkon aiheuttaneet viat tammikuusta heinäkuuhun vuodelta 2021. Exceliin listattiin jokaisesta katkosta:

- katkon ajankohta
- katkon halkaisija
- vian halkaisija
- vian CD-paikka
- rullanumero
- rullan valmistumis ajankohta paperikoneella
- Laji
- Aukirullain (1, 2 tai 3)
- Vian luokka (repeämä, reikä)
- Vian koko (mm²)

Listaamalla katkon aiheuttaneen vian tiedot tarkasti ylös pystyttiin helposti näkemään mikä paperilaji aiheutti eniten katkoja tai oliko jonakin tiettyä ajanjaksona ajetussa paperissa enemmän vikoja (Kuvio 9). Listauksen jälkeen tehtiin erilaisia kaavioita helpottamaan tilanteen hahmottamista.



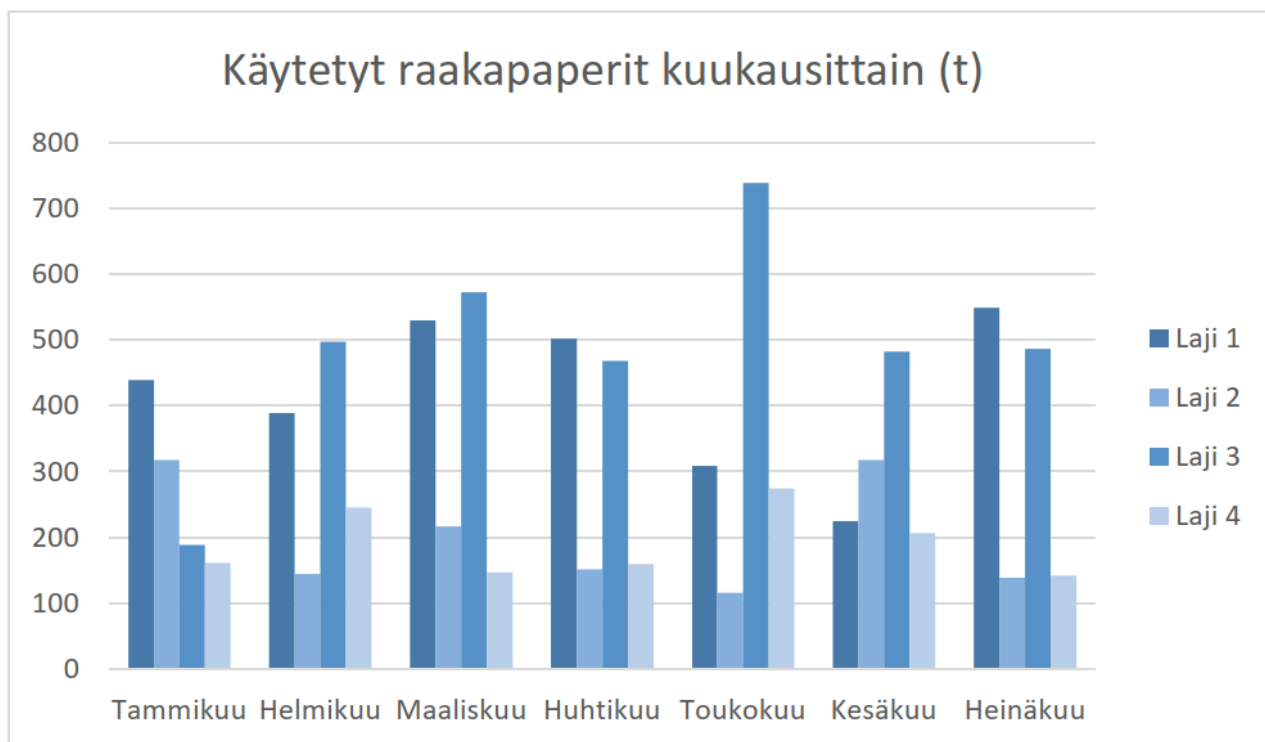
Kuvio 9 Jalostuskoneen ratakatkot tammikuusta heinäkuuhun 2021

Listauksen jälkeen kaaviosta oli helppo huomata, että lajeista ongelmallisimmat olivat Laji 1 ja Laji 3 ja kuukausista haasteellisimmat olivat olleet helmikuu, toukokuu, kesä- ja heinäkuu.

6.2 Raakapaperit

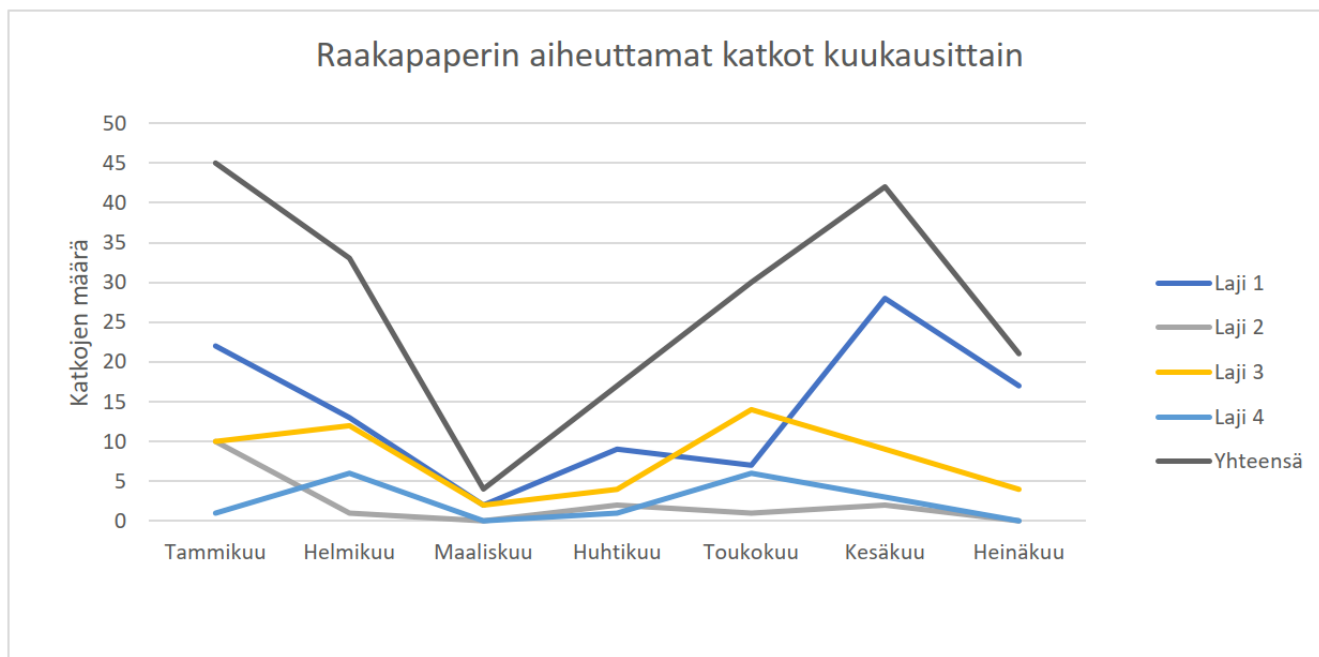
Eri lajien ratakatkojen määrien ero selittyy myös sillä, että osaa lajeista ajetaan enemmän kuin toisia, kuten kuviossa 10 on esitetty. Lajeja 1 ja 3 ajetaan huomattavasti enemmän, kuin lajeja 2 ja 4, jolloin niiden vikamäärätkin ovat suurempia.

Helmikuun osalta Lajien 2 ja 3 virheiden määrä ei ollut täysin luotettava, sillä silloin jalostuskoneella ei ajettu saman paperikoneen papereita kuin normaalisti. Tämä poikkeus on kuitenkin otettu työssä huomioon ja poikkeavien papereiden katkot on poistettu käsin kyseisen kuun datasta.



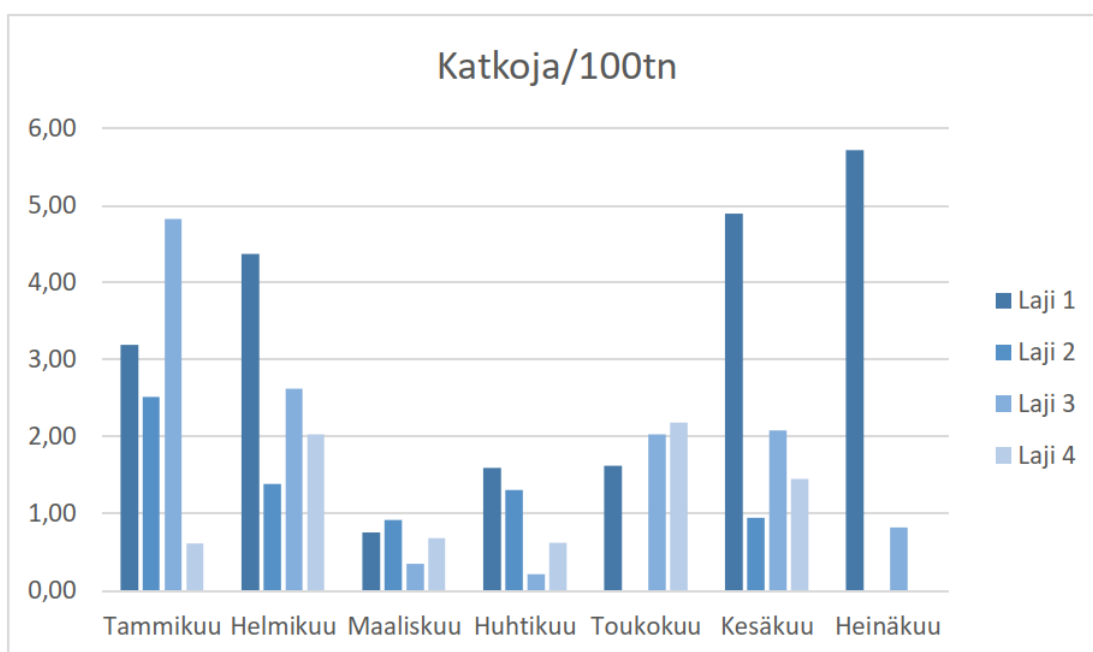
Kuvio 10 Jalostuskoneella käytetyt raakapaperit kuukausittain

Raakapaperi ei suurimmassa osaa ajasta mennyt suoraan paperikoneelta jalostuslinjalle vaan saattoi olla pitkiäkin aikoja varastossa, jolloin esimerkiksi heinäkuussa tapahtunut ratakatko jalostuslinjalla saattoi johtua kesäkuussa ajetusta paperista. Tämän takia piti tutkia vielä erikseen, missä kuussa ajetut paperit aiheuttivat eniten katkoja. Vertaamalla kuvioita 9 ja 11 voidaan huomata käyrissä yhdennäköisyyttä, mutta siltikin pieniä eroja. Heinäkuussa katkoja oli jalostuslinjalla paljon, mutta heinäkuussa ajetut paperit eivät itsessään aiheuttanut katkoja niin paljon. Tämä selittyy sillä, ettei paperia pääse jalostamaan aina ns. tuoreena vaan se saattaa olla varastossa pidempiä aikoja.



Kuvio 11 Raakapapereiden aiheuttamat katkot sen perusteella missä kuussa paperit ovat ajettu

Tilannetta selkeyttämään tehtiin vielä kuvio 12, jossa näkyy katkojen määrä sataatuhatta ajettua paperi kiloa kohden. Tästäkin kaaviosta nähtiin sama tilanne kuin kuvioista 9, 10 ja 11, että lajit 1 ja 3 aiheuttivat eniten katkoja per 100 tuhatta kiloa ajettua paperia.



Kuvio 12 Katkojen määrä per 100 tuhatta kiloa ajettua paperia

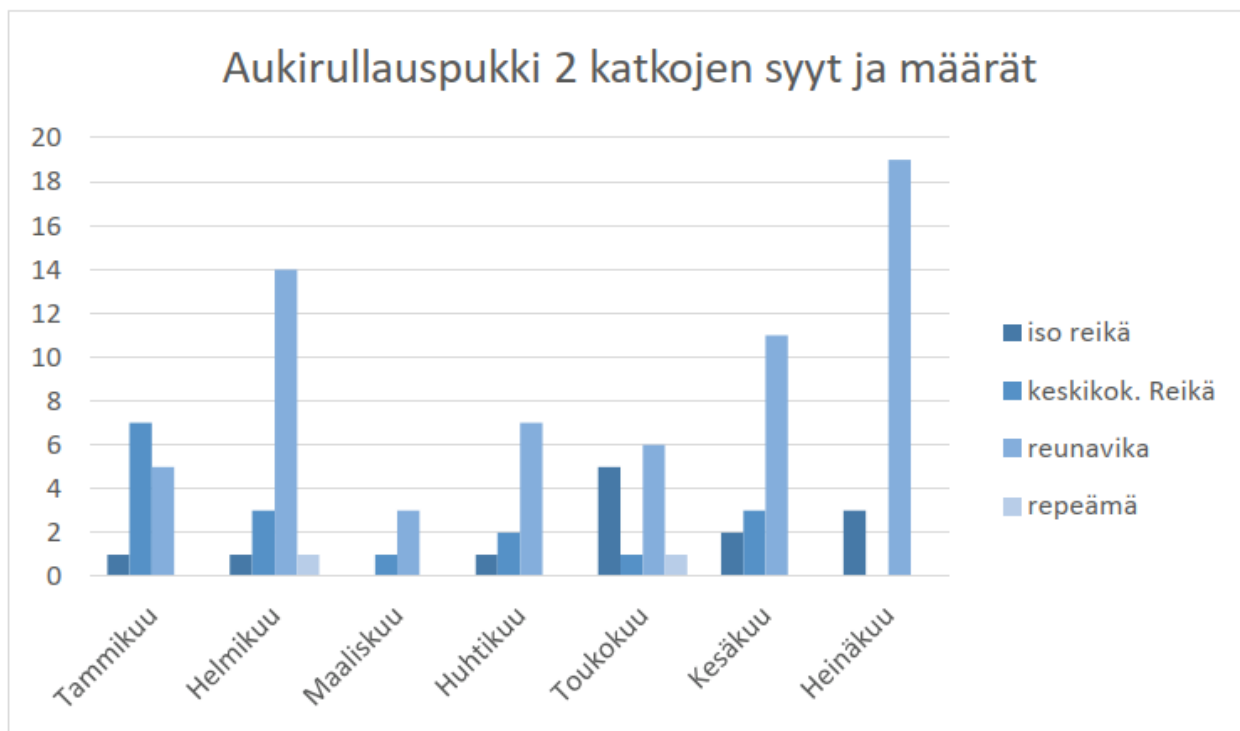
6.3 Aukirullauspukit

Katkodataa tutkiessa havaittiin, että eri aukirullauspukeilla katkojen syyt ja määrät ovat erilaisia. Osasyyn tähän on eri aukirullauspukeilta kulkevan paperiradan pituus ja pujotustapa. Kuviossa 13 on aukirullauspukki numero yhden katkojen syyt ja määrät. Katkon aiheutti useimmiten reunavika tai iso reikä, muuten katkojen syyt ja määrät ovat hyvin tasaisia. Yleisesti ottaen katkoja ei ollut kovin montaa, josta voidaan päätellä, ettei ensimmäisessä aukirullauspukissa paperin viat aiheuta kovin herkästi katkoja.



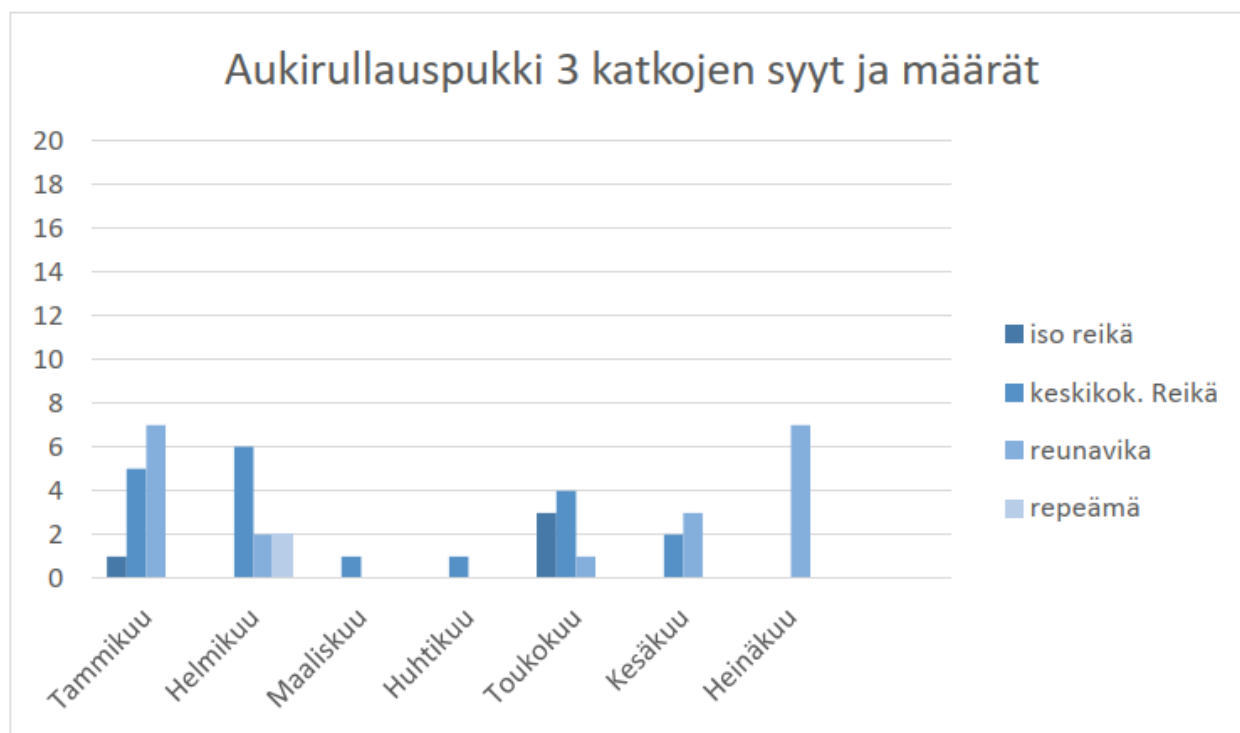
Kuvio 13 Aukirullauspukki 1 katkojen syyt ja määrät

Kuviossa 14 on aukirullauspukki kahden katkot ja niiden syyt. Katkoja oli paljon enemmän, kuin aukirullauspukki yhdessä. Suurin osa katkoista oli reunavian aiheuttamia, eikä muiden vikojen aiheuttamia katkoja ollut kuin muutamia yksittäisiä.



Kuvio 14 Aukirullauspukki 2 katkojen syyt ja määrät

Viimeisessä eli aukirullauspukki kolmessa (Kuvio15) katkoja oli enemmän kuin aukirullauspukki yhdessä, mutta silti huomattavasti vähemmän kuin kahdessa. Kolmannessa katko oli aiheutunut useimmiten reunaviasta, mutta myös keskikokoinen reikä oli aiheuttanut katkoja useita kertoja. Kolmannen aukirullauspukin kuviosta huomattiin, että reikien aiheuttamia katkoja oli enemmän kuin kahdessa ensimmäisessä pukissa. Tästä voidaan päätellä, että aukirullauspukki kolmesta lähtevä paperirata oli herkempi katkeamaan paperissa olevaan reikään, kun taas kaksi edeltävää olivat herkempiä katkeamaan reunavikaan.



Kuvio 15 Aukirullauspukki 3 katkojen syyt ja määrät

Katkokameran aineistoa purkaessa oli huomattavissa, että katkojen syyksi ilmoitettu vika ja siitä otettu kuva ei ollut täysin luotettava. Monessa tilanteessa vika oli ilmoitettu isona reikänä, vaikka kuvaa katsoessa voitiin huomata, että vian todellinen syy oli reunavika. Reunavika olikin suurin syy paperin katkeamiseen jokaisessa aukirullauspukissa.

6.4 Seisokkien vaikutus vikamääriin

Katkodatan perusteella aloitettiin paperikoneen prosessin historian tutkiminen, jotta saataisiin selville, miksi eri kuukausien välillä paperin laadussa oli merkittäviä eroja. Kuukausitasolla tarkasteltiin isojen muuttujien vaikutuksia, kuten huoltoja ja huovan vaihtoja. Lyhyemmäksi tarkastelujaksoksi valittiin kuukauden aikaväli, jossa paneuduttiin tarkemmin valmistusprosessiin esimerkiksi kemian kautta.

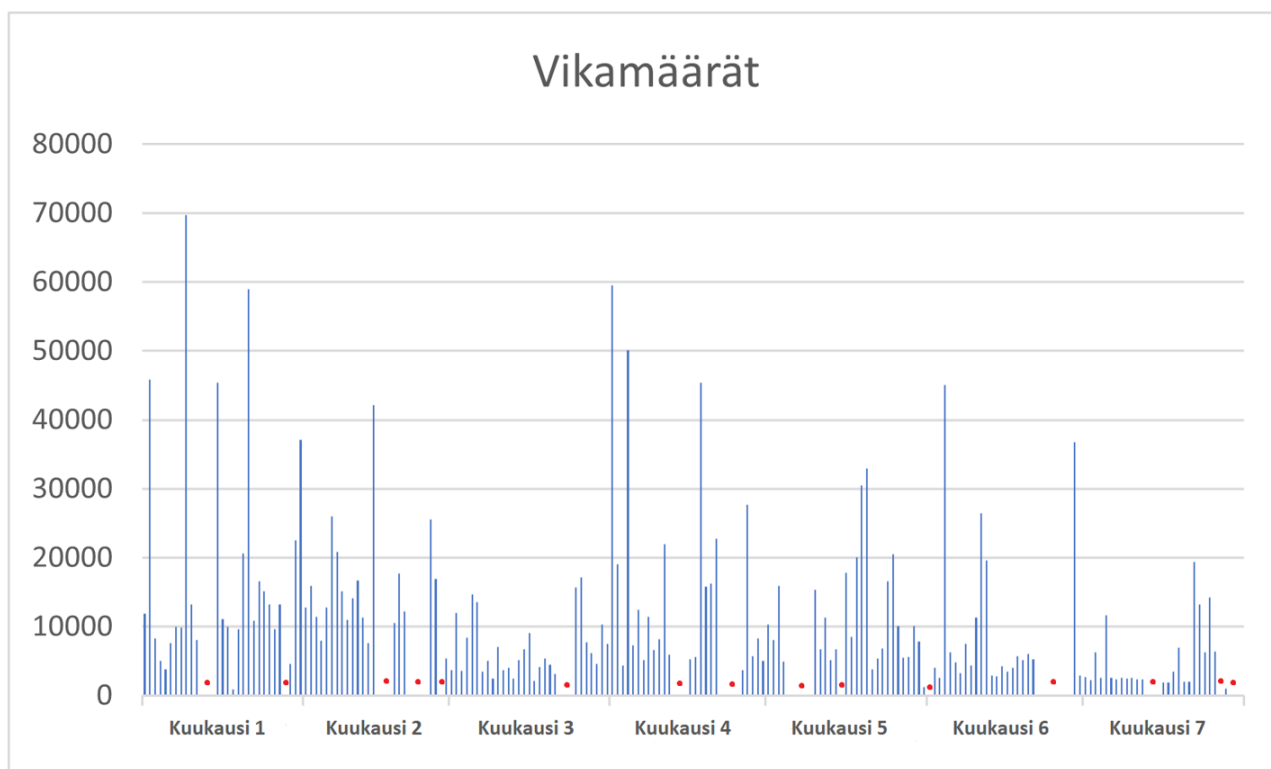
Seisokit ja huollot

kuuden kuukauden aikavälillä yli neljän tunnin seisokkeja oli yhteensä viisitoista (Taulukko 2), joista osa oli huoltoseisokkeja ja osa tuotannon rajoitus seisokkeja. Pidempien seisokkien aikana suoritetaan paperikoneen huolellinen peseminen, korjaustöitä ja ennakkohuoltoja. Suunniteltujen seisokkien lisäksi oli useita lyhyempiä, suunnittelemattomia huoltoseisokkeja, joiden kesto vaihteli minuuteista muutamaan tuntiin.

Taulukko 2 Paperikoneen huollot

Kesto (päivää)	pesut	huovan vaihto	levitystelan vaihto	huoltotöitä
4	X			
3	X	X	X	X
5	X			X
4	X	X		
1			X	
3	X	X		
5	X			
3	X			
6	X			
1			X	
1			X	
7	X	X		
4	X			X
1			X	
5	X			

Työssä haluttiin selvittää, oliko huolloilla ja pesuilla merkitystä paperin vikojen määrään. Jotta paperin vikojen määrä saatiin selville, piti jokaisen rullan vikojen määrä laskea yhteen käsin. Vikojen määrä päivittäisellä tasolla ja huollot laitettiin samaan taulukkoon Excelissä, jotta tilanne olisi helpompi hahmottaa ja nähdä korreloiko huollot vikamääriin.



Kuvio 16 Paperikoneen vikamäärien ja seisokkien korrelointi

Kuviossa 16 paperin vikamäärä on ilmoitettu sinisinä palkkeina ja kohdissa, joissa on punainen piste, on ollut seisokki. Vikamäärien huomattavan korkeat huiput selittyvät vikakarttaohjelman haamuvioilla, sillä ohjelma saattaa merkata keskileikkauksen lepatuksen toistuvana vikana. Haamuvikojen takia yksittäisen rullan vikamäärä voi olla useita tuhansia, vaikka todellinen vikamäärä voi olla vain jotain kymmeniä. Korkeista huipuista huolimatta vikojen määrän voitiin tiettyjen huoltojen jälkeen huomata nousevan tai laskevan.

Kuukausi kahdessa suoritettujen pesujen, huovan vaihdon ja levitystelan vaihdon jälkeen vikojen määrä putosi merkittävästi. Kuukausi kolmen lopussa huovanvaihto seisokin jälkeen vikojen määrä taas nousi hieman ja jatkoi nousemistaan, kunnes kuukausi neljän pesuseisokin jälkeen vikamäärät putosivat jälleen hieman alaspäin. Kuukausi kuuden alussa levitystelan vaihto auttoi jälleen vikamääriin ja puolenvälin seisokki, jossa suoritettiin pesut, huovan- ja levitystelan vaihto, laski vikamääriä entisestään. Kuukauden seitsemän puolessavälissä seisokissa tehdyn jenkkisylinterin lautohionnan jälkeen vikamäärät jälleen nousivat hetkellisesti, mutta pysyivät silti kokonaisuudessa matalammalla tasolla, kuin keskimääräisesti alkuvuonna.

Seurantajakso

Kuukauden mittaisella seurantajaksolla tutkittiin DNA operate prosessinohjausjärjestelmästä tarkemmin paperikoneelta laatumittaukset, huoltotyöt, vikamäärät, ylläpitopesut, soodan annostelu, pH taso ja fiksatiivin annostelu. Merkittävimmät tulokset seurantajaksolta olivat vikojen määrän väheneminen tarkastelujakson puolessavälissä, jolloin kone pestiin kokonaisuudessaan huolellisesti ja vaihdettiin huopa. Kemikaalien annostelun poikkeukset eivät tuoneet työn kannalta merkittäviä muutoksia paperin laatuun.

6.5 Juurisyyanalyysi



Juurisyyanalyysi tehtiin yhdessä paperikoneen käyttöinsinöörin, jalostuskoneen käyttöinsinöörin ja tuotantopäällikön kanssa Metsä Groupin juurisyyanalyysi ohjeita ja vaiheita noudattaen. Metsä Groupin juurisyyanalyysiin kuuluu myös kuusi vaihetta, jotka on esitelty kuviossa 17. Ensimmäinen vaihe on ongelman määrittäminen, joka on tärkeää tehdä tarkasti. Määrittelyssä vastataan kysymyksiin: Mitä tarkalleen tapahtui? Milloin tapahtui? Mitä seurauksia tapahtumalla oli? Mitä toimenpiteitä on tehty? Voiko jotakin sulkea pois? Toisessa vaiheessa kerätään ja analysoidaan tietoa tutkimalla eri lähteitä, kuten prosessidataa, laatumietoja, haastattelemalla operaattoreita ja kunnossapidon henkilöstöä. Vaiheessa kolme käytetään analyysityökaluja juurisyiden tunnistamiseen, johon Metsä Groupilla on käytössä kalanruotokaavio ja 5x miksi menetelmä. Neljännessä vaiheessa kalanruotokaavion ja 5x miksi menetelmän avulla tunnistetaan juurisyyt ja viidennessä vaiheessa määrätään korjaavat toimenpiteet niiden korjaamiseksi. Kuudes vaihe on tuloksien jakaminen, joka on tärkeää sen takia, että

Kuvio 17

Juurisyyanalyysin vaiheet

vastaavat ongelmat voidaan ehkäistä ja korjata muualla vastaavissa tilanteissa.

Ensimmäisessä vaiheessa ongelmaksi oli määritetty, jo työssä ilmi tullut jalostuslinjan aikahävikki paperivikojen takia. Paperi tulee linjalle tietyltä paperikoneelta, jolloin ongelma on juuri tämän paperikoneen tuottama raakapaperi. Dataa kerättiin työn edetessä niin paperikoneen kuin jalostuslinjan toimintaan liittyen ja niitä on esitelty työn aiemmissa osissa. Ongelman määrittämisen jälkeen aloimme keräämään kalanruotokaavioon mittaus, kone, ihminen, ilmasto, metodi ja raaka-

aine kohtien alle ongelman syitä. Juurisyyanalyysin yhteenveto ja tulokset käsitellään luvussa 7 Tulokset.

Mittaus

Mittaus-otsikolla tarkoitetaan paperin valmistuksen ja jalostuksen laadun tarkkailuun liittyviä asioita. Paperikoneelta esiin nousi useita ongelmia vikakartta ohjelmistoon liittyen. Vikakartta ohjelma on epäluotettava vikojen määrän takia, sillä ohjelma saattaa merkata keskireunan lepatuksen viaksi, vaikka se ei varsinainen vika ole, eikä välttämättä aiheuta haasteita paperia jalostettaessa. Vikakartta näyttää myös paljon vikoja, joita ei todellisuudessa ole. Nämä niin sanotut haamuviat ovat yleensä pieniä reikiä, joita vikakartta merkkää, mutta avattaessa vikakartan vian kuvan, ei siinä ole nähtävissä mitään. Kaikilla rullilla vikakartta tietoa ei ollut ollenkaan, jolloin paperin laadusta ei ole mitään tietoa ennen sen jalostamista.

Toinen paperikoneelta havaittu mittaukseen liittyvä ongelma on ongelmallisten rullien prosessipäristen tietojen tutkimisen haasteellisuus. Ongelmarullan valmistuksen aikaisiin tietoihin pääseminen ja niiden yhteen kerääminen vaatii todella paljon käsin tehtävää työtä eri ohjelmistojen välillä. Kaikki tiedot, jota rullasta halutaan valmistushetkeltä, täytyy etsiä Damatic-ohjausjärjestelmän useiden välilehtien viidakosta ja tämän jälkeen käsin naputella päivämäärät ja kellonajat, jolta tiedot halutaan. Tämä tuli ilmi heti opinnäytetyön aloitusvaiheessa, jolloin kuukauden mittaisen tutkimusjakson aikana käytiin paperikoneesta läpi useita kemikaalien annosteluja ja pH tasoa.

Jalostuskoneen mittaukseen liittyvät ongelmat liittyivät suurelta osin katkoihin ja niiden rekisteröintiin. Työn edetessä havaittiin, ettei jalostuskoneen ratakatkokirjasto merkannut läheskään jokaista katkoa ylös, riippuen siitä minkälainen katko oli kyseessä, eikä kaikki katkokennot ole edes käytössä ja liitettynä katkokirjastoon. Tämä havaittiin, kun verrattiin ratakatkokirjaston katkojen määrää siihen määrään mitä operaattorit olivat kirjanneet katkoja. Ratakatkokirjastoon ei kirjaudu esimerkiksi terästeloille kertymisestä aiheutunut katko, joka on yksi eniten aikaa vievistä katkoista. Jalostuskoneella on vikaan hidastustoiminto, jonka tarkoituksena on pudottaa koneen nopeutta ennen paperissa olevaa vikaa. Vika saadaan tietoon rullan vikakartasta, joka on paperikoneelta peräisin. Vikaan hidastustoiminto ei kuitenkaan toimi luotettavasti, sillä kone saattaa alkaa hidastamaan liian aikaisin ja kiihdyttämään juuri sillä hetkellä, kun vika on tulossa rullasta, jolloin rata

katkeaa vielä herkemmin. Katkojen syyt ovat myöskin epäluotettavia, kuten ratakatkokirjaston toimintakuvauksen yhteydessä on kerrottu (luku 5.1).

Kaikki jalostuskoneen katkot eivät aina johdu paperista, vaan syy voi olla esimerkiksi sähköinen, mekaaninen tai inhimillinen operaattorin tekemä virhe. Jalostuskoneella ei ole suurnopeuskameroita, jolloin katkon todellista syytä ei pystytä selvittämään jälkikäteen. Paperin vikaa lähdetään yleensä jäljittämään paperikoneen koneasetuksista, eli miten ja minkälaisilla asetuksilla paperia ajetaan. Jalostuskoneella ei tämänlaista koneasetus kirjastoa ole, josta pystyisi jälkikäteen etsimään historiatietoja käytetyistä asetusarvoista.

Kone

Kone-osio tarkoittaa paperikoneen ja jalostuskoneen fyysisiä ongelmia, jotka voivat liittyä koneiden eri osiin ja komponentteihin. Kone osuuteen nostimme vain paperikoneeseen liittyviä ongelmia, joista useimmat liittyvät erilaisiin epäpuhtauksiin. Paperikoneen runko itsessään kerää ajon aikana likaa, paperipölyä ja muita epäpuhtauksia, jotka pudotessaan paperiradalle aiheuttavat reikiä ja pahimmassa tapauksessa katkoja paperikoneella. Mitä isompi reikä raakapaperissa on, sitä varmemmin se katkeaa jalostuslinjalla. Likaa pääsee myös telojen kaavareista läpi, jolloin se päättyy joko koneen kudoksiin tai suoraan paperiradan mukaan. Likaa voi päästä kaavarin läpi sen takia että kaavaria ei ole vaihdettu ajallaan sen kuluessa tai että kaavari on viallinen.

Kudokset eli paperikoneen huopa ja viira voivat aiheuttaa paperiin useita ongelmia. Huopa ja viira voivat olla tukossa, jolloin ne eivät päästä vettä suotumaan lävitseen tai ne kuljettavat likaa mukanaan. Varsinkin huovan kunto on oleellinen asia, sillä huovan vaihto on kallista ja sen vaihto kestää useita tunteja, jolloin sen vaihtoa ei haluta tehdä kovin usein. Koneen muista komponenteista nousi esiin, viimeisen vuoden aikana usein ongelmaa aiheuttanut, levitystela ja höyrylaatikko ja niiden kunto. Levitystelan tarkoituksena on levittää paperirataa juuri ennen rullausta, jotta paperi rullautuisi tasaisesti akselin ympärille. Levitystelan pyöriessä paperiradan kanssa eri nopeutta, tai jos se ei pyöri ollenkaan, saattaa paperirataan tulla rynkkyjä, jotka aiheuttavat ratakatkoja jalostettaessa. Tammikuun ja heinäkuun välillä levitystela on vaihdettu viisi kertaa ja vaihtojen välillä huollettu ja tutkittu useita tunteja.

Ihminen

Ihmisellä tarkoitetaan juurisyyanalyyssissä operaattoria tai muuta henkilöä, joka liittyy prosessiin. Ihminen kohdassa esiin nousi vain muutamia asioita, jotka liittyivät puuttuvaan ohjeistukseen ja tietoisuuteen. Vianilmaisimen eli katkokamerakirjaston käyttö on haastavaa sen huonon visuaalisuuden ja käytettävyyden takia. Katkokameran merkkamien vikojen määrän tulkitsemiseen ei ole yksiselitteisiä ohjeita, eli toimenpiderajoja ei ole määriteltä. Se onko vikoja paljon vai vähän on täysin ihmisestä kiinni; yhden operaattorin mielestä vikakartta saattaa näyttää hyvältä ja toisen mielestä vikoja voi olla liikaa, jolloin vikoihin reagointi saattaa viivästyä. Vikakartan ilmaistessa vian, johon tulee reagoida, kuten toistuvat isot ja pienet reiät, ei vielä kerro vian syntyisyyttä. Vian aiheuttajan löytyminen ei ole aina yksiselitteistä, eikä vian etsimiseen ole olemassa mitään ohjeistusta. Varsinkin kokemattoman operaattorin vian haku kestää huomattavasti pidempään, kun jo vuosia paperikonetta ajaneen operaattorin.

Ihminen kohtaan nostettiin esiin myös tietoisuuden lisääminen osastorajojen ylitse. Tämä on tärkeää juuri sen takia, että tiedettäisiin minkälaisiin vikoihin tulee reagoida nopeammin ja minkälaiset viat aiheuttavat varmemmin katkon jalostuskoneella. Myös jalostuskoneen operaattoreiden tietoisuuden lisääminen paperin valmistus prosessiin olisi tärkeää, jotta ymmärrys paperin vikojen syntyyn paranisi ja näin palautteen antaminen olisi helpompaa ja yksityiskohtaisempaa.

Ympäristö

Ympäristöllä tarkoitetaan ympäröivän ilmaston vaikutusta prosessiin. Ympäristö kohdan huomiot pyörivät tässä juurisyytutkinnassa vain ilmaston ympärillä, mutta ympäristöön voi liittyä moni muukin asia. Paperikoneella konesalin kosteus on ollut yksi ongelmista viime aikoina, sillä paperikoneen tuottama kosteus on jäänyt saliin sisälle, tiivistynyt kattoon ja putoillut sieltä vesipisaroina alas paperiradalle ja valmiille rullille. Paperin päälle pudonnut vesi voi tuoda mukanaan epäpuhtauksia ja riski ratakatkolle jalostuskoneella kasvaa. Kosteus johtuu poistoilmahuuhtimisesta, jotka ovat olleet joko epäkunnossa tai niiden teho ei ole riittänyt kaiken kosteuden poistoon. Jalostuskoneella tilanne taas on päinvastainen, sillä konesalin ilmankosteus on ollut liian matala.

Konesalien lisäksi myös laboratoriotilan ilmasto on oltava tasalaatuinen, jotta paperista otetut näytteet olisivat tasalaatuisia keskenään. Jos näytteet eroavat toisistaan laboratorio-olosuhteiden takia, voi juurisyy vääristyä ja vikaa aletaan hakemaan paperikoneesta, vaikka vika on jossain aivan muualla.

Metodi

Metodilla tarkoitetaan tapaa toimia prosessin ympärillä niin paperikoneella kuin jalostuskoneella-kin. Jälleen esiin nousi eniten yksiselitteisen ohjeistuksen ja raportoinnin puute. Paperikoneella operaattoreille ei ole luotu tarkastuslistaa, kuinka toimia tietynlaisten ongelmien kohdalla, eikä jo ratkaistuja ongelmia ole raportoitu systemaattisesti mihinkään kirjallisesti. Jokaisessa vuorossa on tarkastuskierroksia paperikoneella, mutta sekään ei ole yhtenäinen vuorojen välillä, sillä ohjeistusta ei ole olemassa ja eri henkilöt tekevät kierroksen eri tavalla. Tarkastuskierrosten tulisi olla yhtenäiset, jotta tietyt paikat, jotka ovat prosessin kannalta kriittisiä tulisi tarkastettua joka vuorossa, joka kierroksella.

Laatuun liittyvissä metodeissa havaittiin myös puutteita. Rullatasolla laatua ei kommentoida ollenkaan eli esimerkiksi jos rullassa tiedetään olevan jokin selkeä vika, ei tieto siitä liiku paperikoneelta jalostukselle, muuta kuin paperikoneen vikakarttakuvan mukana. Jos jalostuskoneella ei päästä syystä tai toisesta näkemään vikakarttakuvaa, jää vika huomaamatta. Jokaisen rullan kommentointi on mahdollista, mutta siihenkään ei ole ohjeistusta olemassa. Jotta yksittäisten rullien ja kokonaisten ajomäärien ongelmat saataisiin selville, vaatii se jalostuskoneen operaattoreilta huolellista raportointia. Jos esimerkiksi katkon syy on merkattu väärän syykoodin alle, on vian juurisyyhyn mahdotonta päästä käsiksi.

Raportointia ja vierailuja osastorajojen yli ei juuri ole operaattoreiden kesken. Vierailut paperikoneelta jalostukselle paperista johtuvien haasteiden aikana toisi suoran palautteen paperikoneelle, jolloin ongelmiin voitaisiin reagoida heti tai seuraavan kerran ongelmallisen lajin ajon aikana. Tämä saattaa olla haastavaa, jos paperia ei jalosteta tuoreeltaan, vaan välissä on pidempi varastointi aika. Tällöin tiettyä vikaa saattaa esiintyä koko erässä ja korjaavat toimenpiteet saadaan tehtyä vasta sitten kun ajo alkaa seuraavan kerran.

Materiaali

Materiaali-osuuteen nousi esiin vain siistausmassaan liittyviä ongelmia. Kierrätyspaperista valmistetussa siistausmassassa laatu heittelyä on paljon, sillä keräyspaperin laatuun on hankalaa vaikuttaa. Työtä tehtäessä myös laadukkaan raaka-aineen saatavuus oli haastavaa.

7 Tulokset

Juurisyyanalyysin kautta nostettiin esille useita parannusehdotuksia liittyen niin jalostuskoneeseen kuin paperikoneeseenkin. Jokaisesta parannusehdotuksesta luotiin erilliset tehtävät OMS-raportointijärjestelmään, joiden toteutusta ja raportointia tullaan seuraamaan tulevaisuudessa.

7.1 Paperikone

Paperikoneelle parannusehdotuksia tuli useita erilaisia liittyen niin työn ohjeistukseen, erilaisten komponenttien kunnon ja toiminnan seurantaan ja prosessiin liittyviin ohjelmiin. Moni parannusehdotus liittyi toimintaohjeiden tekemiseen ja yhdenmukaistamiseen. Moneen työtehtävään ei ole olemassa erillisiä ja yksiselitteisiä ohjeita, jolloin jokaisella operaattorilla voi olla hyvinkin erilaisia toimintatapoja vuoronaikaisiin työtehtäviin liittyen. Toimintaohjeita ja toimenpiderajoja pitäisi luoda vikakartan kuvan tulkitsemiseen, vikojen etsimiseen ja joka vuorossa suoritettaviin konekierroksiin. Selkeällä ohjeistuksella voidaan lisätä operaattorien ymmärrystä prosessiin ja näin saada vikamäärät vähenemään. Jotta vikojen syntyperää voidaan lähteä paperikoneella tutkimaan olisi erittäin tärkeää, että jo ratkaistut ongelmat kirjattaisiin ylös; minkälainen ongelma oli ja mitä sen ratkaisemiseksi tehtiin. Tämänkaltaista ongelman ratkaisukirjastoa voitaisiin hyödyntää myös uusien operaattoreiden perehdyttämisessä.

Vikakartan kuvan tulkitsemista helpottamaan tulisi vikakartan toimittajalta kysyä onko käyttöliittymään mahdollisesti päivityksiä tai onko visuaalisuutta mahdollisuutta parantaa. Käyttöliittymä on todella vanhanaikainen ja käyttäminen täten haastavaa. Myös vikakategorisointia tulisi tarkastella ja pohtia olisiko esimerkiksi yhdelle vikaluokalle lisää tarvetta. Työn tekohetkellä vikaluokkia oli neljä; iso reikä, repeämä, keskikokoinen reikä ja reikä. Esimerkiksi ison reiän jälkeen voisi olla erikseen vielä ”suuri reikä” tai muu vastaava nimike kuvaamaan massiivisia reikiä paperiradassa. Iso reikä kattaa nimikkeenä liian laajan skaalan, sillä iso reikä voi olla niin pieni, että se pystyttiin

ajamaan jalostuskoneella ilman ongelmia tai se voi olla ihmisen mentävä reikä. ”Suuri reikä” nimikkeellä pystyttäisiin kuvaamaan todella suuria reikiä ja iso reikä jäisi kuvaamaan enemmänkin keskikokoisia reikiä. Näin ollen todella suuret reiät, jotka aiheuttavat varmasti paperiradan katkeamisen olisi helposti havaittavissa vikakartan kuvasta, joka tarkistetaan ennen rullan siirtämistä aukirulauspukkiin.

Paperikoneen komponenteista erityisesti huopaan, kaavareihin, keskileikkaukseen ja levitystelaan tulisi kiinnittää huomiota. Huovan pesu- ja vaihtovälit tulisi tarkistaa, jotta elämänsä päähän tullut huopa voitaisiin vaihtaa ajoissa, eikä venyttää vaihtoa mahdollisimman pitkälle. Huovan vaihto on kallis ja aikaa vievä toimenpide, mutta onko sitä kannattavaa lykätä, jos paperin laatu kärsii merkittävästi vanhan huovan käytöstä. Huovan vaihtojen välissä huovan pesu aikavälit tulisi tarkistaa, sillä tukossa oleva likainen huopa lisää merkittävästi paperin laadullisia ongelmia.

Myös kaavarien iän seuranta tulisi ottaa käyttöön ja huomioida siinä vaihtoväli ja vaihtosyy. Kaavareita vaihdetaan operaattoreiden toimesta joka vuorossa ja siihen on olemassa jo ohjeistus vaihtovälistä, mutta se tulisi tarkistaa ja pohtia tulisiko vaihtoväliä esimerkiksi lyhentää. Huonokuntoinen ja vanha kaavari päästää likaa läpi, jolloin paperirataan voi tulla massapaakkuja tai reikiä.

Tarkastelujakson aikana uusi levitystelatyypin aiheutti useita häiriöseisakkeja ja telan vaihtoja. Vastaisuuden varalle tulisi kuitenkin selvittää tarvitaanko ohjeistusta levitystelan ajoon ja toimintaan liittyen poikkeustilanteissa. Viimeisenä esiin nousseena komponenttina oli keskileikkaus. Keskileikkauksen suuttimien ym. osien kunto tulisi tarkistaa ja kartoittaa onko saatavilla uudempaa teknologiaa. Huono keskileikkaus aiheuttaa paperirataan reunavikoja, jotka voivat olla repeämiä tai reunan lepatusta. Paperiradan reunat ovat kriittisimpiä ongelmia jalostuskoneella ja aiheuttivat eniten katkoja vuonna 2021.

Erillisten komponenttien lisäksi tulisi käydä läpi paperikoneen pesu ja siivouspaikat etenkin niiltä osin, minne likaa pääsee kertymään ajon aikana ja tehdä ohjeistus pesu ja siivous aikaväleista. Samalla tulisi käydä läpi koneen omat pesurit, kuten säiliöt ja viiraosan pesurit ja kartoittaa niiden toiminta. Säännöllisellä pesemisellä ja siivoamisella voidaan ehkäistä lian kertyminen ja putoileminen paperiradan päälle ja näin säästää aikahävikkiä jalostuslinjoilla.

Ongelmallisimmat lajit 1 ja 3 sisältävät molemmat kierrätyspaperista valmistettua siistausmassaa, jonka laadussa on toisinaan suuriakin heittelyjä raaka-aineen laadun takia. Parannusehdotuksena siistausmassan osalta on, ettei huonolaatuista raaka-ainetta oteta vastaan vaan pyritään muuttamaan paperikoneen ohjelmaa ja reseptejä.

Tärkeimpänä kehitysehdotuksena paperikoneelle oli kuitenkin ohjelmistojen parannukset niin, että jokaisen yksittäisen rullan prosessiperäiset tiedot kerättäisiin yhteen. Nykyisellä järjestelmällä ongelmarullien vikojen jäljitettävyyden on todella heikolla tasolla, jonka takia syyseuraus suhteet jäävät epäselviksi ja vikojen juurisyiden selvittely jää arvailuksi tai kokonaan tekemättä. Työtä tehdessä eniten aikaa vei rullien valmistusvaiheen jokaisen prosessin eri osa-alueiden läpi käyminen käsin, vaikka kaikki tarvittava data olisi nykyteknologian avulla mahdollista kerätä yhteen.

7.2 Jalostuskone

Jalostuskoneelle kehitys ehdotukset olivat hyvin pitkälti itse koneeseen liittyviä. Paperikoneella rullien valmistuksessa tavoiteajoarvojen käyttö on löydettävissä historiasta, mutta jalostuskoneella vastaavaa ominaisuutta ei ole ollenkaan. Kaikki katkot jalostuksella ei aina johdu paperista, vaan katko voi olla täysin koneesta johtuva, mutta niiden jäljitettävyyden on heikko ajoparametrien historian puuttuessa. Jalostuskoneelle tulisi määrittää tavoiteajoarvot kaikille tuotteille.

Niin kuin työssä on käynyt ilmi aiemmissa luvuissa ei jalostuskoneiden katkokirjasto ole täysin luotettava, sillä katkon syyt ja määrät eivät aina pidä paikkansa. Jalostuskoneelle tulisi lisätä katkokennoja joka säikeelle lisää, jotta katkoista olisi saatavilla luotettavampaa tietoa. Myös suurnopeuskameroiden tarve on syytä arvioida. Suurnopeuskamera on tarkoitettu kuvaamaan nopeaa liikettä, joka on liian nopeaa ihmisen silmälle, ja voidaan jälkikäteen katsoa hidastetulla nopeudella. Suurnopeuskamerat voisivat tuoda lisää ymmärrystä katkojen juurisyistä. Täysin virheetöntä paperia on kuitenkin mahdotonta valmistaa, jonka takia jalostuskoneen hidastustoiminto tulisi saada kuntoon, sillä se on jo olemassa, mutta toiminta on epäluotettavaa. Hidastustoiminto tulisi testata ja selvittää juurisyy sille, miksei se toimi oikea aikaisesti.

Jalostuslinjalle tulee luoda selkeät työohjeet vikojen oikeaoppisesta merkkauksesta, jotta vikojen juurisyiden on mahdollista selvittää myöhemmin. Väärän syykoodin alle merkattu katko johdattaa tutkimusta aina väärään suuntaan, jonka takia se on tärkeää tehdä oikein.

Työn toisena tarkoituksena oli parantaa linjojen välistä kommunikointia, jotta mahdolliset ongelmat saavuttaisivat paperikoneen operaattorit mahdollisimman nopeasti ja vaivattomasti. Kommunikoinnin tulisi tapahtua nopeasti ja helposti, jonka takia ehdotettiin otettavaksi käyttöön Microsoftin ohjelma Teams. Teams:issa voidaan luoda keskusteluja, joihin voidaan lisätä niin monta osallistujaa, kun on tarve ja siellä pystytään lähettämään tekstiä ja kuvia. Ehdotettuun keskusteluun voitaisiin lisätä jalostuskoneen ja paperikoneen käyttäjien lisäksi molempien linjojen käyttösinoörit ja vuoromestarit, jotta ongelmat pysyisivät työnjohdonkin tiedossa. Jalostuslinja voisi lähettää keskusteluun esimerkiksi kuvia rullista, jotka ovat aiheuttaneet ongelmia, jolloin paperikoneen operaattorit voivat käydä linjalla vierailemassa ja reagoida prosessiin nopeammin. Työn tekohetkellä jalostuskoneelta tieto ongelmallisista rullista kulki paperikoneelle huonosti, joko ei ollenkaan tai työnjohdon kautta. Teams keskustelu nopeuttaisi tiedon kulkua huomattavasti.

8 Pohdinta

Työn päätavoitteena oli tutkia mitkä seikat paperissa ja sen valmistusprosessissa aiheuttivat katkoja pehmopaperin jalostuslinjalla ja toissijaisena tavoitteena antaa kehitysehdotus kommunikoinnin parantamisesta linjojen välillä. Ennen työn aloitusta tiedossa oli vain, että tietyt paperilajit aiheuttavat katkoja enemmän kuin toiset ja näin luovat aikahävikkiä, mutta muuten ongelmaan ei oltu perehdytty kovin syvällisesti. Tuloksiksi saatiin yksityiskohtainen selvitys mitkä lajit aiheuttavat minkäkin verran katkoja ja minkälaisia katkoja niissä oli. Työtä aloitettaessa oli myös tarkoitus tutkia juurisyitä paperin ongelmille syvällisemmin, mutta työn alkaessa päätettiin se rajata ulos, sillä muuten työ olisi paisunut liian suureksi. Paperin ongelmien syitä tutkittiin kuitenkin, mutta enemmän pintapuolisesti. Vikojen kartoituksen lisäksi tulokset kappaleeseen listattiin useita parannusehdotuksia niin paperikoneelle kuin jalostuslinjallekin.

Työn edetessä huomattiin, että datamäärä, jota käytettiin työn määrällisessä osuudessa, oli massiivinen ja sen käsittely haastavaa. Mitään valmiita ohjelmistoja prosessiperäisten vikojen selvittämiseen ei ollut vaan kaikki tutkimus piti tehdä käsin ja osata kaivella tuotannonohjaus järjestelmistä ja katkokirjastoista esiin. Osa ohjelmista oli sellaisia, ettei oikein kukaan osannut käyttää niitä, jolloin itseopiskelu vei suhteellisen ison ajan työn tekemisestä. Data ei myöskään ollut täysin luotettavaa, sillä juurisyysanalyysiä tehdessä huomattiin, etteivät esimerkiksi katko- ja vikamäärät pitäneet täysin paikkansa ja eri ohjelmien välillä määrissä oli suuriakin eroja. Vaikkei vikamäärät olekaan absoluuttisen luotettavia, ovat ne kuitenkin suuntaa antavia ja tuloksia voitiin pitää

luotettavina. Datamäärän laajuus aiheutti myös sen, ettei aina voinut tietää mikä tieto oli hyödyllistä ja mikä ei, jolloin turhaa työtä tuli tehtyä jonkin verran. Välillä oli myös hetkiä, jolloin ei vain enää tiennyt mitä pitäisi tehdä seuraavaksi tai miten edetä. Myös työn rajaaminen oli suuri haaste, sillä työstä olisi ollut mahdollista tehdä todella laaja ja uppoutua aina vain syvemmälle ja syvemmälle paperin valmistuksen saloihin. Työstä rajattiin heti pois esimerkiksi paperin valmistukseen liittyvä kemia, sillä se on aiheena niin laaja että siitä saisi yksinään tehtyä useita tutkimuksia.

Kokonaisuutena työ oli kuitenkin onnistunut, vaikka siitä olisikin voinut tehdä laajemman ja syvällisemmän, jos aika olisi riittänyt. Työssä olisi voinut tutkia enemmän kemian vaikutusta paperin valmistukseen, joka on todella laaja osa-alue tai perehtyä enemmän siihen, miksi eri aukirullauspukkien katkot eroavat toisistaan jalostuskoneella. Työn takia tehty juurisyytutkinta pisti liikkeelle useita parannustöitä, jotka tullaan toteuttamaan vuoden 2021 ja 2022 aikana niin paperikoneelle kuin jalostuslinjallekin. Esimerkiksi monelle jalostuslinjalle ja paperikoneelle päivitettiin tai tehtiin uusia työohjeita ja aloitettiin erilaiset kartoitukset siivous ja huoltotarpeille. Työn tuloksia voidaan käyttää tulevaisuudessa pohjana raakapaperin vikojen juurisyiden selvittämiseen tai jalostuskoneen aukirullauspukkien erilaisten katkosyiden selvittämiseen, sillä suuri osa niin sanotusta käsin tehtävästä salapoliisityöstä on tehty. Kehitysideoita nousi juurisyytutkinnassa esiin paljon ja niitä voidaan käyttää hyödyksi muillakin paperikoneilla ja jalostuslinjoilla, sillä ongelmat eivät rajoitu vain työssä esiteltyihin linjoihin.

Lähteet

Abbott, J. C. & Schnabel, K. 1999. Pulp and paper testing. Helsinki: Fabet. Viitattu 6.11.2021

Andersen, B. & Fagerhaug, T. 2006. Root cause analysis: Simplified tools and techniques. Second edition. Wisconsin: ASQ Quality Press. Viitattu 6.11.2021.

Aukirullaus. N.d. Artikkelit KnowPap sivustolla. Vaatii rekisteröinnin. Viitattu 15.11.2021
http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/tissue/5_jalostus/frame.htm

Heikkilä, T. 2014. Tilastollinen tutkimus. Helsinki: Edita. Viitattu 21.11.2021

Isotalo, K. 2004. Puu- ja sellukemia. 3. uud. p. Helsinki: Opetushallitus. Viitattu 6.11.2021

Juurisyyanalyysi. 2020. Ohjeet juurisyyanalyysin tekemiseen Metsä Groupin intra sivustolta. Viitattu 6.11.2021.

Kananen, J. 2017. Laadullinen tutkimus pro graduna ja opinnäytetyönä. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 20.6.2021

Komulainen, P. & Tuomisto, M. 2011. 5.4 Järvenpään tehtaan kalanterit. Puunjalostusinsinöörit verkkosivun artikkeli. Viitattu 2.6.2021. <https://www.puunjalostusinsinoorit.fi/biometsateollisuus/innovaatiot/5-paallystys-ja-jalkikasittely/5.4-jarvenpaan-tehtaan-kalanterit/>

Kreppirynkky. N.d. Artikkelit KnowPap sivustolla. Vaatii rekisteröinnin. Viitattu 2.6.2021
http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/paper_technology/9_ree-ling/5_roll_defects/frame.htm?zoom_highlightsub=rynkky

Kuivatusosa ja kreppaus. N.d. Artikkelit KnowPap sivustolla. Vaatii kirjautumisen. Viitattu 20.9.2021
http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/tissue/4_valmistus/frame.htm

Me olemme metsagroup. N.d. Metsa Groupin nettisivuilta. Viitattu 28.5.2021 <https://www.metsagroup.com/fi/yhtio/Pages/default.aspx>

Miettinen, R. & Tuunainen, T. 2010. Perus- ja soveltava tutkimus tiedepolitiikan luokittelukategorioina ja retorisisina resursseina. Tiedepolitiikka 3/2020, 2. artikkeli. Viitattu 20.6.2021

Mäntän tehdas. N.d. Metsä Tissuen nettisivuilta. Viitattu 28.5.2021 <https://www.metsatissue.com/en/AboutUs/Operations-in-Finland/Suomi/Pages/default.aspx>

Märkäviiratyypit. N.d. Artikkelin Knowpap sivustolla. Vaatii kirjautumisen. Viitattu 20.9.2021 http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/maintenance/3_equip-ment/6_f_fabrics/3_wire_types/frame.htm?zoom_highlightsub=viira

Määrällinen tutkimus, 2015. Jyväskylän yliopiston nettisivuilla. Viitattu 21.11.2021 <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/maarallinen-tutkimus>

Okes, D. 2009. Root cause analysis: The core of problem solving and corrective action. Wisconsin: ASQ Quality Press. Viitattu 6.11.2021

Paperikoneet. N.d. Kuva Valmetin sivustolta. Viitattu 20.9.2021 <https://www.valmet.com/fi/media/mediapankki/liiketoiminnat/pehmopaperikoneet/>

Paperirainan viat. N.d. Artikkelin KnowPap sivustolla. Vaatii rekisteröinnin. Viitattu 2.6.2021. http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/automation/9_quality_measurements/13_1_paperweb_fault_diagnosis/frame.htm?zoom_highlightsub=viat

Paulapuro, H. 2000. Paper and board grades. Helsinki: Fabet Oy. Viitattu 21.10.2021.

Pehmopaperikone. N.d. Artikkelin KnowPap sivustolla. Vaatii rekisteröinnin. Viitattu 20.9.2021 http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/tissue/4_valmistus/frame.htm

Pituusleikkaus. N.d. Artikkelin KnowPap sivustolla. Vaatii rekisteröinnin. Viitattu 15.11.2021 http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/paper_technology/00_general_finishing/frame.htm

Puristinosa. N.d. Artikkelin Valmetin sivustolla. Viitattu 20.9.2021 <https://www.valmet.com/fi/sijoittajat/valmet-sijoituskohteena/liiketoimintalinjat/paperit/pehmopaperin-valmistusprosessi/puristinosa/>

Sellun valmistus. N.d. Artikkelin KnowPap sivustolla. Vaatii rekisteröinnin. Viitattu 30.10.2021 http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/raw_materials/3_pulps/3_chem_pulps/3_process/frame.htm

Sironen, R. 2002. Paperimassan valmistus. 2. tark. p. Helsinki: Opetushallitus. Viitattu 14.10.2021.

Vetolujuus. N.d. Artikkelin KnowPap sivustolla. Vaatii rekisteröinnin. Viitattu 2.6.2021 http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/paper_board_properties/4_strength_properties/1_tensile_strength/frame.htm?zoom_highlightsub=vetolujuus

Vianilmaisu ja vikadiagnoosi. N.d. Artikkelin KnowPap sivustolla. Vaatii rekisteröinnin. Viitattu 20.7.2021 http://www.knowpap.com.ezproxy.jamk.fi:2048/extranet/suomi/automation/9_quality_measurements/13_1_paperweb_fault_diagnosis/frame.htm?zoom_highlightsub=vianilmaisu

Vilkka, H. 2007. Tutki ja mittaa: määrällisen tutkimuksen perusteet. Helsinki: Tammi. Viitattu 30.10.2021. <https://janet.finna.fi>, Trepo