



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

JONATHAN KERO
PAPERIKONEEN KRIITTISTEN LAITTEIDEN ANALYSOINTI

Diplomityö

Tarkastaja: Professori Kalevi Huhtala
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Konetekniikan tiedekuntaneuvoston
kokouksessa 7. joulukuuta 2016

TIIVISTELMÄ

JONATHAN KERO: Paperikoneen kriittisten laitteiden analysointi

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 68 sivua, 0 liitesivua

Marraskuu 2016

Konetekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Hydraulikka ja automaatio

Tarkastaja: Professori Kalevi Huhtala

Avainsanat: paperinvalmistus, kriittisyysanalyysi, ennakkohuolto

Pietarsaaren paperitehdas on BillerudKorsnäsän omistama, joka on pakkauspapereihin erikoistunut yritys. Paperikoneeseen luukuu lyhytkierto, perälaatikko, viiraosa, puristiosa, kuivatusosa, kalanteri sekä rullain. Jälkikäsitteilylaitteisiin kuuluu pituusleikkuri, uudelleenrullain, pakkaamo ja varasto.

Lyhyen kierron laitteille laaditaan kriittisyysanalyysi, parannetaan ennakkohuoltoa sekä tehdään yksittäisten laitteiden huolto-ohje. Laitteiden kriittisyys saadaan laskettua erillisen kaavan avulla. Kriittisyyden tunnus merkitään A, B, C tai D. Laitteen kriittisyyteen vaikuttavat korjaus- ja materiaalivahinkojen suuruus, tuotantomenetyksen suuruus, laatu- ja kustannus, turvallisuusriski ja henkilövaara sekä ympäristöriski.

Lyhyen kierron laitteista melkein kaikki ovat kriittisiä, joka tarkoittaa tuotannon pysähtymisen laitteen hajotessa. Tärysihdille saatiin kriittisyydeksi B, joka hajotessaan vaikuttaa paperin laatuun muttei pysäytä tuotantoa. Konekyypin pesurin kriittisyydeksi saatiin D, joka hajotessaan ei pysäytä tuotantoa. Lyhyen kierron laitteilla tärkeimmät varaosat löytyivät varastosta. Pumpuille, vaihteille sekä moottoreille oli koko laite varastossa, joka nopeuttaa hajonneen laitteen vaihtoa tarvittaessa.

Lyhyen kierron laitteille tehdään yksittäisten laitteiden huolto-ohje. Niiden avulla tehdään laitteille perjantaisin tarkistuskierrokset. Perjantaikierrokset ovat osa laitteiden ennakkohuoltoa. Yleisimmät lyhyen kierron laitteet ovat pumppu, vaihde ja moottori. Moottorista mitataan laakerien sekä moottorin lämpötila. Samalla tarkistetaan myös moottorin likaisuus ja putsataan tarvittaessa rivat sekä tuuletin. Moottorit ovat automaattivoiteltuja, joten rasvan määrä tarkistetaan sekä moottorin mahdolliset irtonaiset pultit tarkastetaan. erilaiset äänet ja värinät sekä sähköjohtojen kunto tarkistetaan.

Pumpun laakerien lämpötila mitataan lämpökameralla. Tiivisteveden määrä tarkistetaan sekä kiristetään tiivistepoksia tarvittaessa. Pumpun irtonaiset pultit ja mahdolliset vuodot tarkistetaan. Tunnustellaan pumpun ylimääräiset värinät sekä kuunnellaan pumpun mahdollinen kavitaatio. Pumpun laakerit ovat automaattivoitelulla, joten tarkistetaan rasvan määrä.

Vaihteen öljynmäärä sekä laatu tarkistetaan mittalasisista. Öljyn lämpötila ja paine tarkistetaan lämpökameralla tai lämpömittarista. Vaihde putsataan liasta tarvittaessa sekä tarkistetaan mahdolliset irronneet pultit. Vaihteen vuodot sekä värinät tarkistetaan myös perjantaikierröksellä. Perjantaikierrokset ovat tärkeää ennakkohuollon kannalta, jotta laiteviat havaitaan ajoissa.

ABSTRACT

Jonathan Kero: Critical analysis for paper machine

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 68 pages, 0 Appendix pages

November 2016

Master's Degree Programme in mechanical engineering

Major: Hydraulic and automation

Examiner: Professor Kalevi Huhtala

Keywords: paper machine, critical analysis, preventive maintenance

BillerudKorsnäs is a Swedish packaging paper company. The company produces paper in Sweden, England and Finland. The Finnish BillerudKorsnäs Paper Mill is located in Pietarsaari. Paper machine in Pietarsaari consists of short circulation, headbox, wire section, press section, drying section, calendar and reeler. Winder, re-winder, packing and storage belong to the post-processing.

The plan is to make critical analysis, improve preventive maintenance and to do maintenance manual for every device of the short circulation. The reason for this is to minimize production stops and quality downgrading. A specific formula is used for calculating the criticality of the devices. Criticality grade for the devices is marked with letter A, B, C or D. Criticality is based on the extent of reparation and material damage, loss of production, quality cost, safety risk, individual risk and environmental risk.

Almost all of the devices in short circulation are critical, which means that the production stops, if a device is damaged. A damaged vibration sieve affects the quality of the paper, but does not stop the production. Vibration sieve is classified with criticality grade B. If machine chest washer is damaged, production does not stop, so the criticality grade is D. The most important spare parts for the devices of the short circulation should be stored in the local warehouse. Pumps and motors are stored as complete machineries so they can be quickly replaced when necessary.

The target is to make maintenance manuals for all devices of the short circulation. Weekly inspections are performed as preventive maintenance. The maintenance manuals provide the maintenance personnel with procedures and guidelines for maintaining the devices.

The spare parts of the most critical devices must be available in the local warehouse. Less critical spare parts of the devices can be ordered with a delivery time. Spare parts and their availability will be checked.

ALKUSANAT

Diplomityö on tehty Pietarsaaren BillerudKorsnäsän paperitehtaaseen. Kriittisyysanalyysi on osa tuottavaa kunnossapitoa, joka on tärkeässä roolissa tulevaisuudessa. Diplomityö on melko haastava, mutta samalla todella opettavainen. Työn avulla opin tuntemaan ja ymmärtämään laitteiden toiminnan ja merkityksen paperinvalmistuksessa.

Haluan kiittää kunnossapitopäällikköä Tapio Uusitaloa diplomityön aiheen keksimisessä. Kiitoksia myös paperitehtaan työntekijöille haastatteluista ja avusta kriittisyysanalyysin tekemisessä. Sain hyviä ideoita ja ohjeistusta työn tekemiseen. Haluan kiittää professori Kalevi Huhtalaa ohjeistuksesta ja avusta työn etenemisessä.

Pietarsaassa, 15.11.2016

Jonathan Kero

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
2.	BILLERUDKORSNÄS	5
3.	PAPERIN VALMISTUS	7
3.1	Massankäsittely	7
3.2	Lyhyt kierto	8
3.3	Paperikone	14
3.4	Pituusleikkuri	24
3.5	Uudelleenrullaus.....	27
3.6	Pakkaamo	30
3.7	Varasto	33
4.	KUNNOSSAPITO JA HUOLTO	35
4.1	Kriittisyysanalyysi.....	35
4.2	Tuottava kunnossapito eli TPM	39
4.3	Kunnossapito ja ennakkohuolto	41
4.4	Varaosat.....	44
5.	KRIITTISTEN LAITTEIDEN ANALYSOINTI.....	46
5.1	Perälaatikon syöttöpumppu	46
5.2	Tärysihti	54
5.3	Viiran ohjaustela	57
5.4	Konekyypin pesuri	61
6.	YHTEENVETO	63
	LÄHTEET.....	67

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Diplomityön osa-alueet.....</i>	<i>1</i>
Kuva 2.	<i>Pietarsaaren paperitehtaan sijainti tehdasalueella.....</i>	<i>5</i>
Kuva 3.	<i>Kartiojauhin vasemmalla ja levyjauhin oikealla.....</i>	<i>8</i>
Kuva 4.	<i>Lyhyen kierron rakenne.....</i>	<i>9</i>
Kuva 5.	<i>Ilmanpoistojärjestelmän rakenne.....</i>	<i>11</i>
Kuva 6.	<i>Perivac ilmanpoistojärjestelmä.....</i>	<i>12</i>
Kuva 7.	<i>Perälaatikon syöttöpumppu.....</i>	<i>13</i>
Kuva 8.	<i>Reikätelaperälaatikon rakenne.....</i>	<i>15</i>
Kuva 9.	<i>Hydraulisen perälaatikon rakenne.....</i>	<i>16</i>
Kuva 10.	<i>Tasoviiran rakenne.....</i>	<i>17</i>
Kuva 11.	<i>Modernin kitaformerin rakenne.....</i>	<i>18</i>
Kuva 12.	<i>Nippitapahtuman alueet.....</i>	<i>19</i>
Kuva 13.	<i>Kenkäpuristimen rakenne.....</i>	<i>20</i>
Kuva 14.	<i>Paperikoneen kokonaiskuva.....</i>	<i>20</i>
Kuva 15.	<i>Kuivatussylinterin rakenne.....</i>	<i>21</i>
Kuva 16.	<i>Paperin kalanterointi.....</i>	<i>22</i>
Kuva 17.	<i>Superkalanterin rakenne.....</i>	<i>23</i>
Kuva 18.	<i>Pietarsaaren pituusleikkuri.....</i>	<i>24</i>
Kuva 19.	<i>Pituusleikkurin aukirullaus.....</i>	<i>25</i>
Kuva 20.	<i>Pituusleikkurin leikkausosa.....</i>	<i>26</i>
Kuva 21.	<i>Pituusleikkurin aukirullausosan rakenne.....</i>	<i>27</i>
Kuva 22.	<i>Uudelleenrullain.....</i>	<i>28</i>
Kuva 23.	<i>Uudelleenrullaimen aukirullain.....</i>	<i>29</i>

Kuva 24.	<i>Uudelleenrullaimen leikkausterät.....</i>	<i>30</i>
Kuva 25.	<i>Pakkaamon rakenne.....</i>	<i>31</i>
Kuva 26.	<i>Pakkaamon keskitysasema.....</i>	<i>32</i>
Kuva 27.	<i>Pakkaamon paistilevy.....</i>	<i>33</i>
Kuva 28.	<i>Paperitehtaan varasto.....</i>	<i>34</i>
Kuva 29.	<i>Tuottavan kunnossapidon aiheet.....</i>	<i>40</i>
Kuva 30.	<i>Kunnossapitolajit.....</i>	<i>42</i>
Kuva 31.	<i>Laitteille tehtävät mittausmenetelmät.....</i>	<i>44</i>
Kuva 32.	<i>Yksittäisten laitteiden kunnossapito-ohje.....</i>	<i>48</i>
Kuva 33.	<i>Moottorin mittauksien historia.....</i>	<i>50</i>
Kuva 34.	<i>Moottori 1mittauksien tarkentaminen.....</i>	<i>51</i>
Kuva 35.	<i>Vaihdelaatikon mittauksien historiatiedot.....</i>	<i>51</i>
Kuva 36.	<i>Vaihteen mittauksien tarkentaminen.....</i>	<i>52</i>
Kuva 37.	<i>Pumpun mittauksien historiatiedot.....</i>	<i>53</i>
Kuva 38.	<i>Pumpun mittaukset.....</i>	<i>54</i>
Kuva 39.	<i>Tärysihdin yksittäiset kunnossapito-ohjeet.....</i>	<i>57</i>
Kuva 40.	<i>Viiran ohjaustelan sijainti viiraosalla.....</i>	<i>58</i>
Kuva 41.	<i>Viiran ohjaustelan käyttöpuolen ja hoitopuolen mittaukset.....</i>	<i>58</i>
Kuva 42.	<i>Viiran ohjaustelan trendit.....</i>	<i>59</i>
Kuva 43.	<i>Viiran ohjaustelan mittauksien käyrät.....</i>	<i>60</i>
Kuva 44.	<i>Viiran ohjaustelan spektri 0 – 2000 Hz.....</i>	<i>61</i>
Kuva 45.	<i>Lyhyen kierron laitteiden kriittisyysanalyysin tulokset.....</i>	<i>64</i>
Kuva 46.	<i>Perälaatikon syöttöpumpun yksittäisten laitteiden kunnossapito-ohje.....</i>	<i>66</i>

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1.	<i>Kriittisyysarvon ABC luokitus</i>	35
Taulukko 2.	<i>Vikaantumisvälin T määrittäminen</i>	36
Taulukko 3.	<i>Korjaus- ja materiaalivahinkojen M määrittäminen</i>	37
Taulukko 4.	<i>Tuotantomentyksen K määrittäminen</i>	37
Taulukko 5.	<i>Laatukustannuksen Q määrittäminen</i>	37
Taulukko 6.	<i>Turvallisuusriskin ja henkilövaaran TH määrittäminen</i>	38
Taulukko 7.	<i>Ympäristöriskin E määrittäminen</i>	38
Taulukko 8.	<i>Varalaitteen saatavuuden VL määrittäminen</i>	39
Taulukko 9.	<i>Varaosan saatavuuden VO määrittäminen</i>	39
Taulukko 10.	<i>Kunnossapito-ohjeiden mukaiset toimenpiteiden kirjaustaulukko</i>	48
Taulukko 11.	<i>Perälaatikon syöttöpumpun laitteiden kriittisyysanalyysi</i>	49
Taulukko 12.	<i>Tärysihdin kriittisyysanalyysi</i>	55
Taulukko 13.	<i>Konekyypin pesurin kriittisyysanalyysi</i>	62

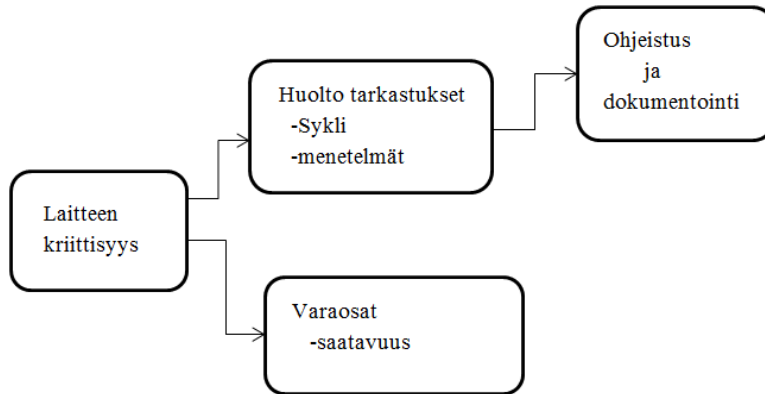
LYHENTEET JA MERKINNÄT

URK	Uudelleenrullain
RFID	Radio-frequency identification
KR	Kriittisyyden arvo
T	Vikaantumisväli
M	Korjaus ja materiaalivahinko
K	Tuotantomenetys
Q	Laatukustannus
TH	Turvallisuusriski ja henkilövaara
E	Ympäristöriski
VL	Varalaitteen saatavuus
VO	Varaosan saatavuus

1. JOHDANTO

Diplomityön aiheena on paperikoneen kriittisten laitteiden analysointi, laitteiden ennakkohuollon parantaminen sekä yksittäisten laitteiden kunnossapito-ohjeen tekeminen. Samalla pyritään keksimään uusia ideoita laitteiden kunnossapidolle. Diplomityö rajataan paperikoneen lyhyeen kiertoon, koska muuten työstä olisi ollut liian laaja. Työn tehtävänä on siis tehdä toimiva ennakkohuoltosuunnitelma lyhyeen kiertoon ja toteutetaan se. Lähdetään liikkeelle paperikoneen yhdestä alueesta eli tässä tapauksessa lyhyestä kierrosta ja toteutetaan sille toimiva kunnossapitokonsepti. Sen jälkeen on helppo lähteä toteuttamaan kriittisyystarkastelua, ennakkohuollon parantamista ja kunnossapito-ohjeita muihin paperitehtaan osakokonaisuuksiin.

Työssä luodaan lyhyen kierron laitteille kriittisyyden ABC-luokitus. Kriittisyys on tärkeä, koska sen avulla luokitellaan laitteet. Kriittisyys kertoo tuotannon kannalta laitteen toimivuuden tärkeyden. Tarkistetaan laitteiden nykyiset huoltotarpeet sekä ennakkohuollot. Ennakkohuollossa on tietty sykli, jonka mukaan laitteita tarkistetaan tai rasvataan. Ennakkohuoltoa kehitettäessä katsotaan esimerkiksi automaattivoitelun lisäämistä. Kriittisyysanalyysiin kuuluu myös varaosien tarkastus. Melkein kaikki lyhyen kierron laitteet ovat kriittisiä, joten myös niiden varaosat ovat kriittisiä. Lyhyen kierron laitteilla on joko koko laite tai ainoastaan varaosat varastossa. Koko laitteen vaihto on tietyissä olosuhteissa nopeampaa, mutta hankalissa paikoissa laitteen kasaaminen varaosien avulla voi olla nopeampaa. Lopuksi tehdään yksittäisille laitteille kunnossapito-ohjeet. Niiden avulla asentajat tekevät tarkistuksia laitteille perjantaikiirroksella. Laitteiden laakerien lämpötiloja mitataan lämpökameran avulla, tarkistetaan laitteen likaisuus, rasvauksen määrä sekä tiivisteveden saanti. Ohjeet on pyritty tekemään yksinkertaisiksi, jotta kunnossapidosta tietämätön ihminen voisi tehdä laitteille samat tarkastukset. Kuva 1 esittää diplomityöhön kuuluvat osa-alueet. Siinä lähdetään liikkeelle kriittisyystarkastelusta, minkä jälkeen tehdään huoltotarkastukset ja lopuksi kunnossapito-ohjeet. Kriittisyyttä määriteltäessä tarkistetaan myös kriittisten laitteiden varaosien tilanne.



Kuva 1. Diplomityön osa-alueet.

Työn tutkimusmenetelminä ovat haastattelut, historiatyötilauksien tarkastus, nykyisten ennakkohuoltotoimenpiteiden tarkastus sekä valmistajan määrittämät ennakkohuoltotoimenpiteet. Alussa haastatellaan koneenhoitajaa, jolla on pitkä kokemus lyhyen kierron laitteista. Haastattelussa pyritään saamaan lisätietoa kokemuksien kautta laitteiden heikkouksista ja yleisistä ongelmista. Laitteiden yleisimmät ongelmat saadaan selville myös tarkistamalla laitteiden historiatyötilauksia. Historiatiedoista ei välttämättä saada selville kaikkia laitteiden ongelmia, joten haastattelut ovat todella tärkeitä. Haastatteluista ja historiatyötilauksista saatujen tietojen perusteella lisätään laitteille parannetut ennakkohuoltotarpeet sekä yksittäisten laitteiden kunnossapito-ohjeet. Ennakkohuollon avulla saadaan laitteet pidettyä pidempään toimintakunnossa ja mahdolliset huoltotoimenpiteet pystytään suunnittelemaan ajoissa. Laitteilla on valmiiksi ennakkohuollon toimenpiteitä, joita pyritään parantamaan tarvittaessa. Parannuksia voidaan tehdä esimerkiksi automaattivoitelun lisäämisellä tai tihentämällä laitteen öljynvaihtoväliä. Valmistajalla on valmiiksi määrättyjä ennakkohuoltotoimenpiteitä, joita verrataan järjestelmässä jo oleviin ennakkohuoltotoimenpiteisiin.

BillerudKorsnäs on ruotsalainen yritys, joka valmistaa erilaisia pakkauspapereita. Sillä on viisi tehdasta Ruotsissa, yksi Englannissa ja yksi Suomessa. Yritys valmistaa pakkauspaperia esimerkiksi elintarviketeollisuudelle. Ihmiset tarvitsevat ruokaa, joten elintarvikkeiden myynti tuskin hidastuu. Tämä tarkoittaa myös sitä, että elintarvikkeiden pakkauspaperille on tulevaisuudessa kysyntää.

Paperitehtaan paperinvalmistuksen osat ovat massankäsittely, lyhytkierto, perälaatikko, viiraosa, puristinosa, kuivatusosa, kalanteri, rullain, pituusleikkuri, uudelleenrullain, pakkaamo sekä varasto. Massankäsittely käsittelee paperitehtaalla syntyvää hylkyä sekä sellumassaa. Massankäsittelyn tehtävänä on massan jauhatus ja hajotus, hylkymassan käsittely ja lisäaineiden käsittely. Jauhatuksessa pyritään synnyttämään riittävä määrä sidoksia, mikä tapahtuu kahden terän välissä. Lyhyen kierron tehtävänä on varastoida viiraosalta tuleva ylimääräinen vesi ja kierrättää se takaisin viirakaivoon. Lyhyessä kierrossa massa lähtee konesäiliöstä viirakaivoon, jossa massa sekoitetaan. Viiraosa jälkeen massa siirtyy pyörrepuhdistuslaitokseen ja ilmanpoistoon. Perälaatikon syöttöpumppu pumppaa massan konesihdin läpi perälaatikkoon. Perälaatikko syöttää massan viiraosal-

le. Viiraosalla muodostuu paperiraina ja ylimääräinen vesi kulkeutuu viiran läpi viirakaivon. Yleisin viiratyyppejä on tasoviira. Paperiraina siirtyy viiraosalta puristinosalle. Puristinosalla paperirainaa puristetaan, jotta vesi saadaan poistettua paperista. Kuivausosalla paperiraina kulkee lämmitettyjen telojen ympärillä kuivattaen paperia. Kuivausosan jälkeen paperi kalanteroidaan ja paperi saa kiiltoa ja sileyttä. Rullaus on paperikoneen viimeinen osa. Valmistunut paperi pyöritetään tampoeritelan ympärille muodostaen ison noin 6 metriä leveän konerullan.

Jälkikäsitteilyn laitteita ovat pituusleikkuri, uudelleenrullain, pakkaamo ja varasto. Pituusleikkurilla leikataan paperikoneelta valmistunut konerulla pienemmiksi ja kapeammiksi asiakasrulliksi. Osa pituusleikkurilta valmistuvista rullista siirretään uudelleenrullaimelle. Uudelleenrullaimella rulla leikataan kapeammiksi kiekkoiksi asiakkaan tilaaman leveyden mukaan. Valmiit rullat siirtyvät kuljettimen kautta pakkaamoon, jossa rullat pakataan. Pakkaamossa rullien ympärille pakataan kääre suojaamaan rullaa kuljetuksen aikana. Pakkaamosta rullat siirtyvät varastoon, jossa rullat joko varastoidaan tai siirretään suoraan junavaunuihin tai kuorma-autoihin.

Kriittisyysanalyysi on tärkeä osa kunnossapitoa. Siinä tehdään ABC-luokitus lyhyen kierron laitteille. Laite on kriittinen, kun sen ABC-tunnus on A. Kriittinen laite pysäyttää tuotannon. Vastaavasti laite ei ole kriittinen, jos sen ABC-tunnus on D eikä se pysäytä tuotantoa. ABC-tunnus on A kriittisyysarvon ollessa yli 899. ABC-tunnus on B, kun kriittisyysarvo on 700 – 899. Kriittisyyden arvo on 400 – 699, kun sen ABC-tunnus on C. Kriittisyyden arvo on 0 – 399, kun sen ABC-tunnus on D. Laitteiden kriittisyyden arvon on saatu laskettua erillisen kaavan avulla. Kriittisyysarvoon vaikuttaa tuotantomenetys, laatuksennus, turvallisuusriski ja henkilövaara sekä ympäristöriski.

Tuottava kunnossapito on melko laaja käsite. Siihen kuulu kriittisyysanalyysi, yksittäisten laitteiden ohjeistus, ennakkohuolto, häviöiden poisto, mittaava kunnossapito sekä suunnitellut seisokit. Kunnossapito voidaan jakaa ehkäisevään ja korjaavaan kunnossapitoon. Paperitehtaalla mitataan esimerkiksi laitteiden laakereita värähtelymittauksien avulla. Mittaukset tapahtuu kannettavalla CSI laitteella tai Sensodecin on-line -mittauksilla. Kriittisten laitteiden varaosat luokitellaan kriittisiksi, joten laitteella on oltava tarvittavat varaosat varastossa. Lyhyen kierron laitteiden koko laite pyritään pitämään varastossa, jotta laitteen rikkoutuessa sen vaihto tapahtuu nopeasti. Laitteiden varaosat voidaan pitää varastossa, jotta laite pystytään koota rikkoutuessaan.

Lyhyen kierron laitteisiin kuulu yleensä pumppu, vaihde ja moottori. Lyhyen kierron laitteet ovat automaattivoiteltuja, joten asentajat ei tarvitse rasvata laitteita käsin. Laitteille tehdään perjantaisin perjantaikierron, jossa laitteet tarkistetaan erillisen kunnossapito-ohjeen mukaisesti. Perälaatikon syöttöpumpun kriittisyyden ABC-tunnus on A. Moottorista mitataan lämpötila, koska niiden yleisin hajoamisen syy on lämpötilan aiheuttamat vahingot. Moottorit putsataan liasta sekä tarkistetaan irronneet osat tai pultit. Automaattivoitelun määrä tarkistetaan ja ylimääräinen rasva putsataan pois moottorin

alta. Moottorin erikoiset äänet sekä vuodot tarkistetaan vielä lopuksi. Vaihteen öljyn taso ja lämpötila mitataan. Tarkistetaan myös vaihteen likaisuus ja putsataan vaihde tarvittaessa liasta. Vaihteen ylimääräiset äänet sekä pultit tarkistetaan. Pumpun laakerit mitataan kummaltakin puolelta. Tarkistetaan tiivisteveden määrä sekä tiivisteiden vuodot. Pumpun ylimääräiset äänet sekä irronneet pultit tarkistetaan. Pumpun kavitaatio tarkistetaan kuuntelemalla sitä. Lyhyen kierron laitteet mitataan kannettavalla CSI laitteella, jonka tulokset analysoidaan. Mittauksissa saadaan selville, mikäli laitteen laakerit ovat huonot, laitteella on irtonaisia osia tai laite ei saa tarpeeksi rasvaa.

Tärysihdin ABC-tunnukseksi saatiin B. Se ei pysäytä tuotantoa, mutta vaikuttaa paperin likaisuuteen ja sitä kautta paperin laatuun. Tärysihdin moottori lämpötila mitataan lämpökameralla. Moottorin rivat ja tuuletusaukon puhtaus tarkistetaan. Laitteen irronneet pultit sekä vesipillien toiminta tarkistetaan. Samalla tarkistetaan värinäytyneiden ja palkeiden vuodot sekä niiden kunto.

Viiran ohjaustela sijaitsee viiraosalla ja sen ABC-tunnukseksi saatiin C. Viiran ohjaustelaa mitataan on-line värähtelymittauksien avulla. Mittaustulokset tulevat Sensodeciin, jossa tuloksia seurataan ja analysoidaan. Järjestelmässä on valmiiksi asetetut vikataajuudet, jotka voidaan kohdistaa mitattuihin arvoihin. Näin ollen saadaan selville esimerkiksi laakerien sisäkehävian.

Konekyypin pesurin ABC-tunnus on D. Sen hajoaminen ei vaikuta tuotantoon eikä laatuun. Pesuri huuhtelee säiliön, jotta kerran kuukaudessa pidettävän pesupäivän työt nopeutuisi. Pesurin toiminta tarkistetaan viikkoa ennen pesuseisokkia.

Diplomityön pohjalta on hyvä jatkaa kriittisyystarkastelua, ennakkohuollon parantamista sekä kunnossapito-ohjeen tekemistä. Kriittisyystarkastelu on tulevaisuuden kannalta todella tärkeää, joten se toteutetaan mahdollisesti kaikille paperitehtaan laitteille.

2. BILLERUDKORSNÄS

BillerudKorsnäs on ruotsalainen osakeyhtiö, joka on erikoistunut erilaisiin pakkauspapereihin. Sen markkinat ja tuotteet voidaan jakaa pakkauspapereihin, kuluttajakartonkeihin ja aaltopahviratkaisuihin. Pakkauspapereihin kuuluvat säkkipaperi ja voimapaperi. Voimapaperin osuus myynnistä on 17 % ja säkkipaperin myyntiosuus on 11 %. Kuluttajakartongiin kuuluvat nestekartongit sekä pakkauskartongit. Pakkauskartonkien myyntiosuus on 4 % ja nestepakkauskartonkien myyntiosuus on 34 %. Aaltopahviratkaisuihin kuuluvat fluting ja laineri. Flutingin myyntiosuus on 12 % ja lainerin 7 %. (BillerudKorsnäs, Producter och marknad)

UPM myi Pietarsaaren paperitehtaan ruotsalaiselle Billerudille 2012 keväällä. Myöhemmin syksyllä ruotsalaisyritykset Billerud ja Korsnäs fuusioituivat, jolloin syntyi BillerudKorsnäs. BillerudKorsnäsillä on viisi tehdasta Ruotsissa, yksi englannissa ja yksi Suomessa. Gävle, Frövi, Skärblacka, Gruvön ja Karlsborg ovat Ruotsissa. Beethamin tehdas sijaitsee englannissa. Suomen tehdas on Pietarsaareissa. Tervasaaren tehdas suljettiin 15.9.2016. Kuva 2 esittää Pietarsaaren UPM:n tehdasalueella sijaitsevan paperitehtaan sijainnin. Ympyröidyllä alueella sijaitsee BillerudKorsnäs. (BillerudKorsnäs, Historia)



Kuva 2. Pietarsaaren paperitehtaan sijainti tehdasalueella (Muokattu lähteestä Votka 2014).

BillerudKorsnäs in pääkonttori sijaitsee Tukholman Solnassa. Beethamin tehdas sijaitsee Englannissa Manchesterin lähetyvillä. Siellä valmistetaan elintarvikkeiden sekä lääkeaineiden pakkauksia. Beethamin tehtaalla valmistetaan myös rasvaa kestävä paperia pikaruokapakkauksiin. Työntekijöitä Beethamissa on noin 140. Frövin tehdas Keski-Ruotsissa työllistää noin 630 henkilöä. Siellä valmistetaan nestepakkauskartonkeja sekä pakkauskartonkeja. Frövisä on myös asiantuntemuskeskus, jossa kehitetään ja tutkitaan pakkausten painatuksia ja pakkausoptimointia. Keski-Ruotsissa sijaitsevassa Gruvönin tehtaassa on noin 880 työntekijää. Se on maailman johtava aaltopahvia valmistava tehdas. Gruvönissä valmistetaan muun muassa nestekartonkeja, säkkipaperia sekä voimapaperia. Gävlessä on massa- ja kartonkitehdas, jossa on kaksi kartonkikonetta, kaksi soodakattilaa sekä kaksi keitintä. Siellä valmistetaan voimapaperia, säkkipaperia sekä nestepakkauskartonkia. Työntekijöitä Gävlessä on noin 900. Karlsborgin tehdas sijaitsee Länsi-Ruotsissa. Tehtaassa on noin 430 työntekijää ja tehdas valmistaa voimapaperia ja valkoista säkkipaperia. Skärblacka kuuluu Norrköpingin kuntaan. Skärblackan tehtaalla työskentelee noin 640 työntekijää. Siellä valmistetaan muun muassa voimapaperia, pakkauskartonkia ja valkoista säkkipaperia. Suomessa Pohjanmaalla sijaitsevassa Pietarsaaren tehtaassa työskentelee noin 100 henkilöä. Pietarsaaren paperitehdas on maailman johtava voimapaperin ja säkkipaperin valmistaja. Lopputuotteet ovat esimerkiksi kantokassit, sokeri- ja jauhopussit sekä erilaiset elintarvikepakkaukset. (Billerud-Korsnäs, Våra produktionsanläggningar)

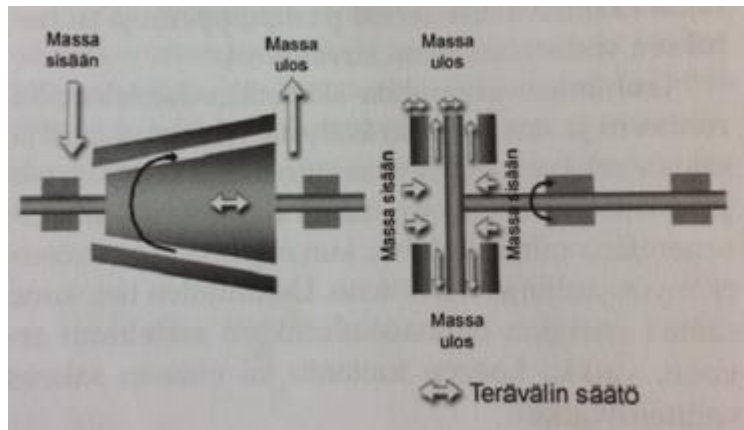
3. PAPERIN VALMISTUS

3.1 Massankäsittely

Massankäsittelyyn kuuluu tuore sellumassa sekä hylkymassa. Massankäsittelyn tehtävänä on hylkymassan käsittely, massan ja lisäaineiden annostelu sekä käsittely, mekaanisen ja kemiallisen massan jauhatus sekä hajotus. Mekaanisella massalla tarkoitetaan puusta hiertämällä tai hiomalla saatua massaa. Kemiallisella massalla taas tarkoitetaan sellua. Paperitehtaalle toimitetaan putkisellua tai paaleja. Putkisellu syötetään putken kautta paperitehtaalle. Paalit pulperoidaan sellupulperissa ennen käyttöä.

Kuiduttimilla ja pulppereilla hajotetaan massa. Pulpperit ovat isoja säiliöitä, joiden pohjassa on roottori. Roottori pyörittää massaa ja hajottaa kuitusulput, jotta massan pumpaaminen varastotorniin onnistuisi. Pulpperi ei aina hajota kaikkia massaflokkeja, joten massan on parasta vielä kuiduttaa ennen jauhatusta. Kuiduttimessa on kaksi terää, joista toinen on pyörivä terä ja toinen pysyy paikoillaan. Niiden välissä kuidut irtoavat toisistaan.

Sellun jauhatuksessa pyritään synnyttämään riittävä määrä sidoksia, jotta paperin ominaisuuksista esimerkiksi lujuudesta saadaan mahdollisimman hyvä. Jauhatus tapahtuu kahden terän välissä, jossa sellun kuitujen sitoutumiskyky saadaan aktivoitua. Toinen teristä pysyy paikoillaan ja toinen pyörii. Painatuksessa ja jälkikäsittelyssä voi mahdollisesti tulla ongelmia, mikäli sellua ei jauheta, koska paperista tulee liian karheaa ja huokoista. Yleisimmät jauhintyyppit ovat kartiojauhin ja levyjauhin. Kartiojauhin on nykyään yleistynyt ja sillä on useita etuja levyjauhimeen verrattuna. Kartiojauhimesta on ainoastaan yksi rako, jota saadaan säädettyä tarkasti. Sillä on myös suuri jauhatuspinta ja näin ollen massa jauhaantuu kauemmin levyjauhimeen verrattuna. Keskipakovoiman suunnan ansiosta kuidut ajautuvat teräväleihin jauhaen massan paremmin. Kuvassa 3 kartiojauhin on oikealla ja levyjauhin vasemmalla. Kuvassa näkyy myös massan virtaussuunta, joka on kartiojauhimesta vasemmalta oikealle ja levyjauhimesta massa tulee jauhimen molemmilta puolilta. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, s.113 – 116)



Kuva 3. Kartiojauhin vasemmalla ja levyjauhin oikealla (Hägglom-Ahnger, Komulainen, s.11).

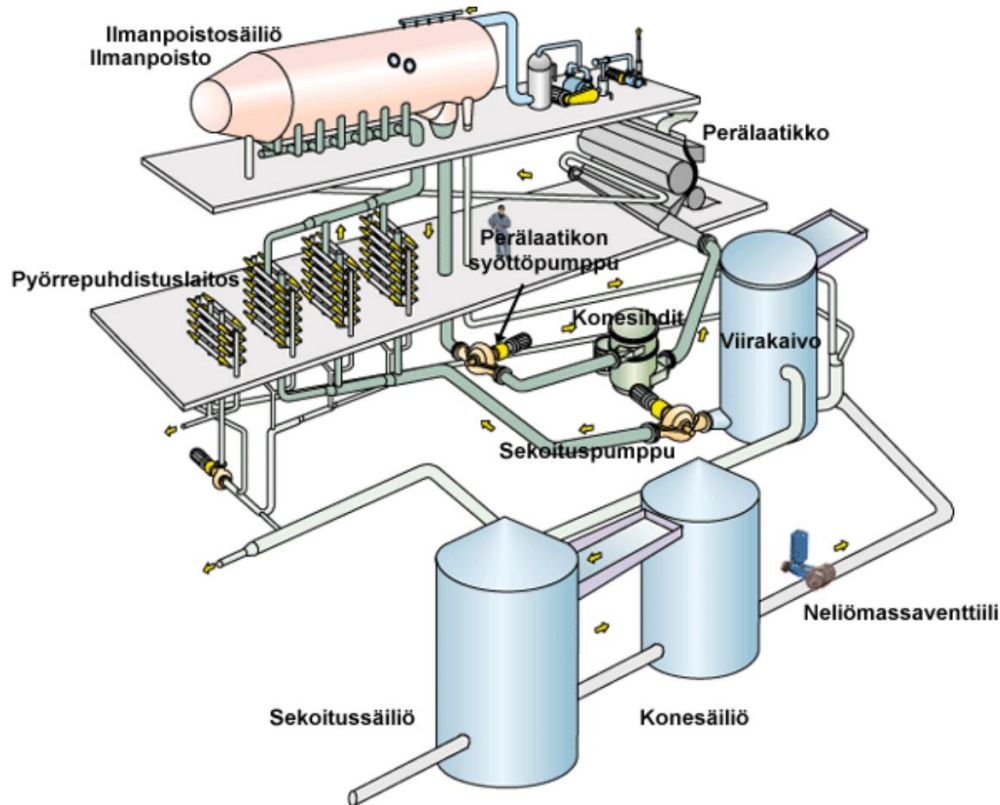
Paperikoneelta sekä jälkikäsittelystä syntyy hylkyä, jota halutaan käyttää uudelleen prosessissa. Hylkyä syntyy useissa paikoissa paperitehtaalla. Paperikoneella katkon yhteydessä syntyy koko koneen leveydeltä hylkyä. Myös viiraosalla reunanauhoista tulee hylkyä. Valmistuneesta konerullasta tulee myös hylkyä sen pinnasta sekä pohjasta. Hylkyä syntyy myös reunanauhoista pituusleikkurilla ja uudelleenrullaimella. Varastossa vaurioituneet rullat luokitellaan myös hylkyksi. Hylkyjärjestelmän tehtävänä on hajottaa hylky sellaiseen muotoon, että se voidaan kierrättää ja käyttää uudelleen. Hylkyjärjestelmässä paperi hajotetaan sellaiseen muotoon, että pumppaaminen onnistuu. Hylkypaperissa voi olla epäpuhtauksia, minkä vuoksi se on puhdistettava erilaisin menetelmin ennen uudelleenkäyttöä. Hylkyjärjestelmä voidaan jakaa kahteen osaan. Märänpään hylkyä voidaan käyttää suoraan ilman puhdistusta. Kuivanpään hylky taas käsitellään normaalina hylkynä, jossa voi olla epäpuhtauksia. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, s.116 – 118)

Massan sekoituksella ja annostelulla on suuri merkitys paperinvalmistuksessa. Tietyillä paperilajeilla ja tiettyjä ominaisuuksia haluttaessa sekoitetaan keskenään mekaanista-, sellu-, hylky- ja kemiallista massaa sekä eri täyteaineita ja kemikaaleja. Annostelu on toteutettu ohjelman avulla, joka helpottaa käyttäjiä. Ohjelmalle on annettu ohjeavot annosteluista eri paperilajeille. Koneenhoitajan pitää kuitenkin seurata annostelun toimivuutta ja tarpeen mukaan tehdä muutoksia niihin. (KnowPap, Massojen annostelu)

3.2 Lyhyt kierto

Lyhyessä kierrossa kerätään viiralta tuleva vesi ja kierrätetään se takaisin prosessiin. Vesi sisältää kuituja sekä muita paperin raaka-aineita, jotka halutaan käyttää uudelleen. Lyhyt kierto on hyvin monimutkainen prosessi ja siinä tehdään massalle eri käsittelyjä ennen massan ohjaamista perälaatikkoon. Seuraavat prosessivaiheet on lueteltu siinä

järjestyksessä, jossa lyhytkierto etenee. Lyhyen kiertoon kuuluu sekoitussäiliö, konesäiliö, neliömassaventtiili, viirakaivo, sekoituspumppu, pyörrepuhdistimet, ilmanpoisto, perälaatikon syöttöpumppu, sihtijärjestelmä ja lopuksi perälaatikko. Kuvasta 4 saa hyvän kokonaiskuvan lyhyen kierron rakenteesta. Siinä on nuolilla merkitty massan kulkusuunta konesäiliöstä perälaatikkoon. (Suomen Paperi-insinöörien yhdistys r.y., s. 525 – 526)



Kuva 4. Lyhyen kierron rakenne (KnowPap, Perinteisen lyhyen kierron rakenne).

Lyhyellä kierrolla on suuri merkitys paperinvalmistuksessa ja sillä on useita tärkeitä tehtäviä. Sen tehtäviin kuuluu ilman ja epäpuhtauksien poistaminen, laimentaa kone-massa perälaatikkosakeuteen, paperirainan hiukkaskokojakauman optimointi, kuitujen ja täyteaineiden parantaminen, sakeus- ja painevaihteluiden minimointi sekä väriaineiden, kemikaalien ja täyteaineiden annostelu ja sekoitus. Paperinvalmistuksessa viiraosalta poistuvat ylimääräiset täyteaineet ja kuidut pyritään kierrättämään takaisin järjestelmään uudelleenkäytettäväksi. Uudelleenkäytön ansiosta voidaan olla kustannustehokkaita. Lyhyessä kierrossa puhdistetaan massaa useaan kertaan eri toimenpiteillä. Tämä on myös erittäin tärkeää, koska massan pitää olla mahdollisimman puhdasta. Näin paperikoneella ei välttämättä tule katkoja ja asiakas saa korkealaatuista paperia. Mitä parempaa paperimassa on, sitä parempi on ajettavuus paperikoneella sekä pituusleikkurilla. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, s. 122 – 125)

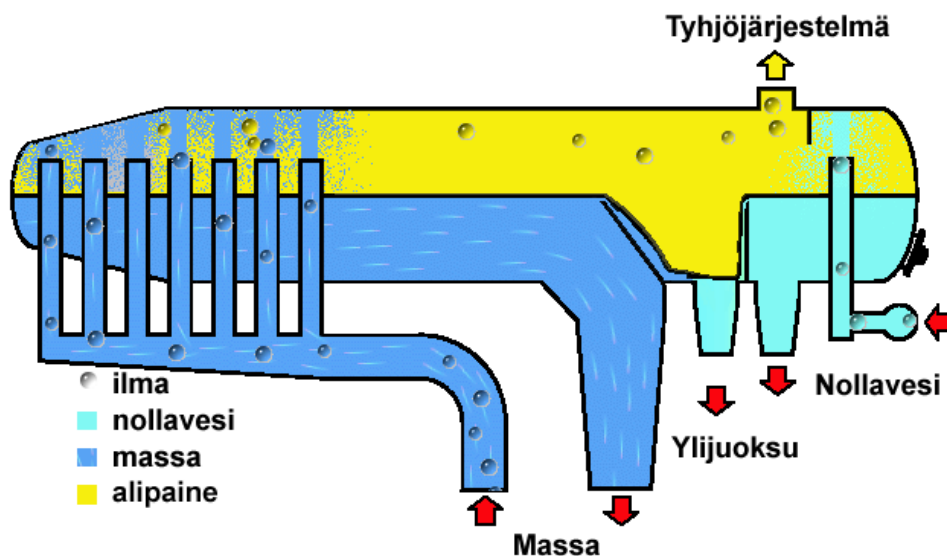
Viirakaivossa poistuu jonkin verran ilmaa ja loput ilmasta poistuu ilmanpoistosäiliössä. Kuituja suuremman epäpuhtaudet poistetaan sihtien avulla. Pyörrepuhdistimessa taas poistetaan kuituja raskaammat epäpuhtaudet. Perälaatikkoon menevä massa yritetään laimentaa samaan sakeuteen huulisuihkun kanssa. Hiukkasjakauman optimoinnissa pyritään pitää muodostuvan rainan hiukkasjakauma lähes samana kuin massaosastolta tuleva massa. Kuitujen ja täyteaineiden talouden parantamisessa pyritään suodattamaan ja kierrättämään uudelleen viiraosalta suotautunut vesi, joka sisältää kuitu- ja täyteaineita. Erilaisia väriaineita ja täyteaineita annostellaan sekä sekoitetaan massan mukaan. Niitä pyritään annostelemaan oikea määrä sekä sekoittamaan tasaisesti massaan eri paperilajien mukaan. Mahdolliset painevaihtelut aiheuttavat häiriötä rainanmuodostuksessa joten niitä pyritään vähentämään. Laimennettu massavirta pyritään syöttämään mahdollisimman tasaisena sakeutena. On myös tärkeää pitää painevaihtelut pieninä. (KnowPap, Lyhyt kierto tehtävät)

Konesäiliön ja viirakaivon välissä on yleensä joko neliömassaventtiili tai massan syöttöpumppu. Niiden avulla säädetään massan syöttöä sekä neliömassaa. Konesäiliössä on jatkuva ylivirtaus sekoitussäiliöön. Voidaan siis ajatella, että massa kiertää jatkuvasti konesäiliön ja sekoitussäiliön välillä. Ylijuoksu on yleensä rakennettu rännistä tai putkesta. Konemassan syöttöpumpulle halutaan saada tasainen imupaine, joten ylijuoksu on erittäin tärkeä tässä prosessissa. (KnowPap, Konesäiliö)

Viirakaivo on yleensä iso avoin säiliö johon viiralta tulevat kuituaineet kerätään. Viiraosalta tulevaa vettä kutsutaan nollavedeksi. Viiraosan tehtävänä on kerätä kuituaineet ja sekoittaa kuituaineet ja massan keskenään. Sen tehtävänä on myös pitää vakio painetaso sekoituspumpuilla sekä pitää vastapaine vakiona viirakaivoon tuleville virtauksille. Viirakaivossa on ylijuoksuputki, josta osa nollavedestä siirtyy pitkään kierto. Viirakaivoon tulee myös ilmanpoistosäiliön, pyörrepuhdistimien ja ilmanpoiston ylijuoksu. Sekoituspumppu on yleensä keskipakopumppu, joka sekoittaa edellä mainitut massat ja imee massan edelleen pyörrepuhdistuslaitokseen. Sekoituspumpun imukartiassa tapahtuu lopullinen sekoittuminen. Se sijaitsee viirakaivon ja pyörrepuhdistuslaitoksen välissä.

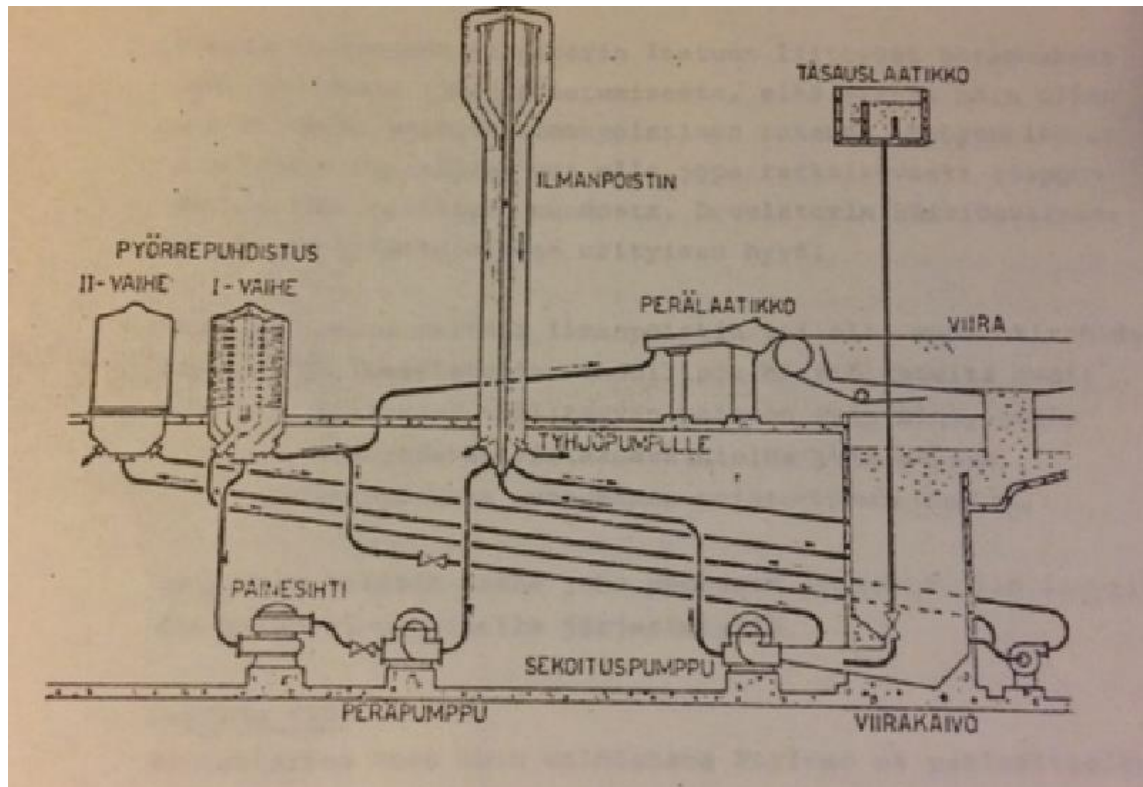
Pyörrepuhdistuslaitos sijaitsee ilmanpoistojärjestelmän ja sekoituspumpun välissä. Pyörrepuhdistimen tehtävänä on poistaa massasta epäpuhtaudet. Pyörrepuhdistusvaiheita voi yleensä olla jopa 5. Epäpuhtauksia voidaan ajatella olevan esimerkiksi betoni tai puunpalaset. Syöttövirta syötetään pyörrepuhdistimeen tangentialisesti, mikä aiheuttaa massaansa pyörteen. Keskipakovoiman ansiosta suuret epäpuhtaudet menevät pyörrepuhdistimen seinämiin. Jokainen vaihe on kytköksissä toiseensa, jossa syntyvä rejekti syötetään edelleen seuraavaan vaiheeseen ja aksepti palautetaan edelliseen vaiheeseen. Ensimmäisen vaiheen aksepti syötetään edelleen kohti ilmanpoistojärjestelmää. Pyörrepuhdistimien syöttöön on yleensä kytketty laimennusvesi, joka otetaan viirakaivon pohjasta. (KnowPap, Pyörrepuhdistuslaitos)

Ilmanpoisto tapahtuu yleisesti alipaineistetussa ilmanpoistosäiliössä. Se sijaitsee pyörrepuhdistuslaitoksen ja perälaatikon syöttöpumpun välissä. Massassa oleva kaasu sekä ilma ovat haitaksi paperin laadulle, joten on tärkeää saada ne pois massasta. Ilma aiheuttaa sakeusvaihtelua, vaahtoamista sekä pulsaatiota. Näin ollen veden poisto huononee viiraosalla ja heikentää samalla paperin formaatiota. Melkein kaikki ilma ja kaasu poistuu massasta ilmanpoistosäiliössä. Ilma sekä kaasut erottuvat massasta hydraulisen iskun, pisaroinnin ja alipaineessa kiehumisen tuloksena. Hydraulinen isku syntyy ruiskuttamalla massaa ilmanpoistosäiliön pintaan. Kiehumisen saadaan aikaan, kun paine massasäiliössä on sama veden höyrynpaineen kanssa kyseisessä lämpötilassa. Siinä ilmakuplat laajenevat ja nousevat nopeasti pintaan. Ilmanpoistosäiliössä saadaan pidettyä tasainen massavirtaus jatkuvan ylijuoksen ansiosta. Ylijuoksusta poistuva massa ohjataan takaisin viirakaivoon. Kuva 5 esittää ilmanpoistojärjestelmää. (KnowPap, Ilmanpoistoprosessi)



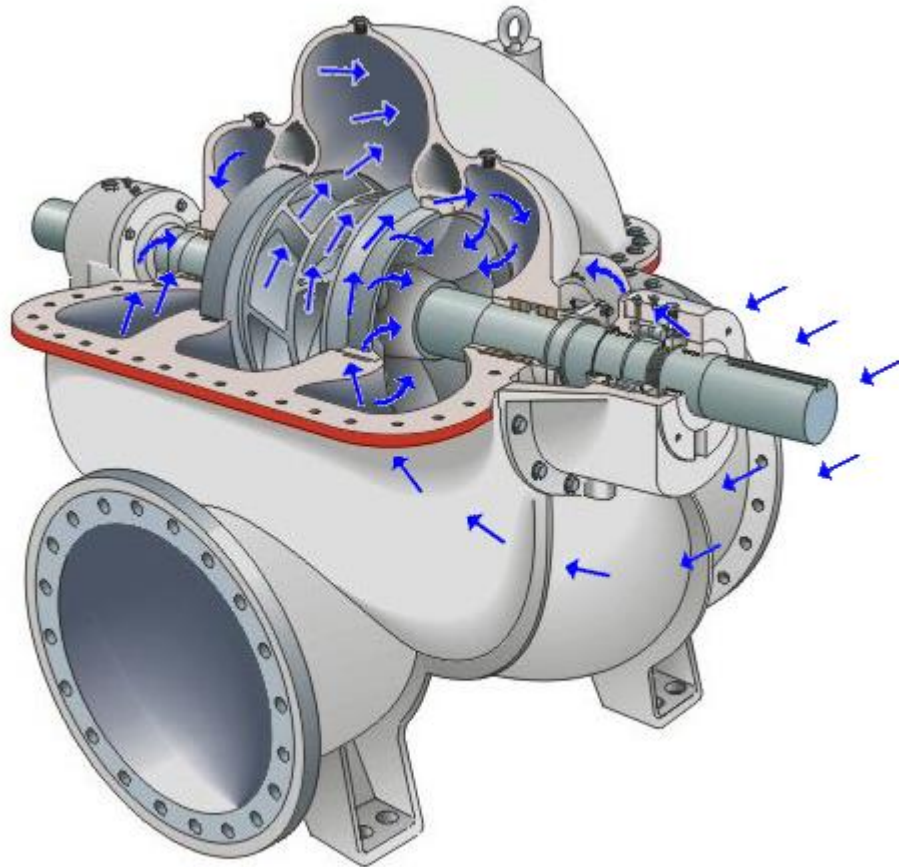
Kuva 5. Ilmanpoistojärjestelmän rakenne (KnowPap, Ilmanpoistoprosessi).

Eräs ilmanpoistojärjestelmä on nimeltään Perivac. Tornin korkeus on noin 15 metriä ja putkiyhteet ovat sen pohjalla. Perivac on helppo asettaa useaan paikkaan ja putkistokustannukset ovat huomattavasti alhaisemmat verrattuna muihin ilmanpoistojärjestelmiin. Pinnankorkeuden säätö voi mahdollisesti tuottaa ongelmia eikä se ole yhtä varmatoiminen muihin järjestelmiin verrattuna. Perivacin keskellä on putki, josta massa syötetään torniin. Massa imetään putkeen ja se törmää tornin kattoon. Törmäyksen jälkeen massa siirtyy takaisin alas tornin seinämää pitkin. Ylhäällä olevat ohjauslevyt saavat aikaan pyörteen massassa. Ilmaton massa poistuu Perivacin pohjasta edelleen perälaatikon syöttöpumpulle. Kuva 6 esittää Perivacin tornia ja siinä virtaavan massan suunnan. (Julkinen, s. 73 – 76)



Kuva 6. Perivac ilmanpoistojärjestelmä (Julkunen, s.75).

Perälaatikon syöttöpumpulla pumpataan massa konesihtien kautta perälaatikkoon. Syöttöpumppu sijaitsee pyörrepuhdistuslaitoksen ja konesihtien välissä. Sen tehtävänä on saada aikaan tasainen virtaus sekä paine perälaatikkoon. Pumpulla pitää olla hyvä hyötysuhde, toimintavarmuus sekä sileää sisäpintaa massan tartunnan estämiseksi. Se tuottaa tasaista virtaa perälaatikolle ja laadun takaamiseksi on erittäin tärkeää sen pulssiton toiminta. Pumpuna toimii kaksipuolisesti imevä keskipakopumppu, jonka pyörimisnopeutta säädetään automaattisesti. Tarkkaan ja hyvällä ammattitaidolla suunnitellut juoksupyörät estävät suuria painevaihteluita pumpussa. Kuvassa 7 on esitetty tyypillinen keskipakopumppu. Nuolet esittävät massankulkusuunnan. (KnowPap, Perälaatikon syöttöpumppu)



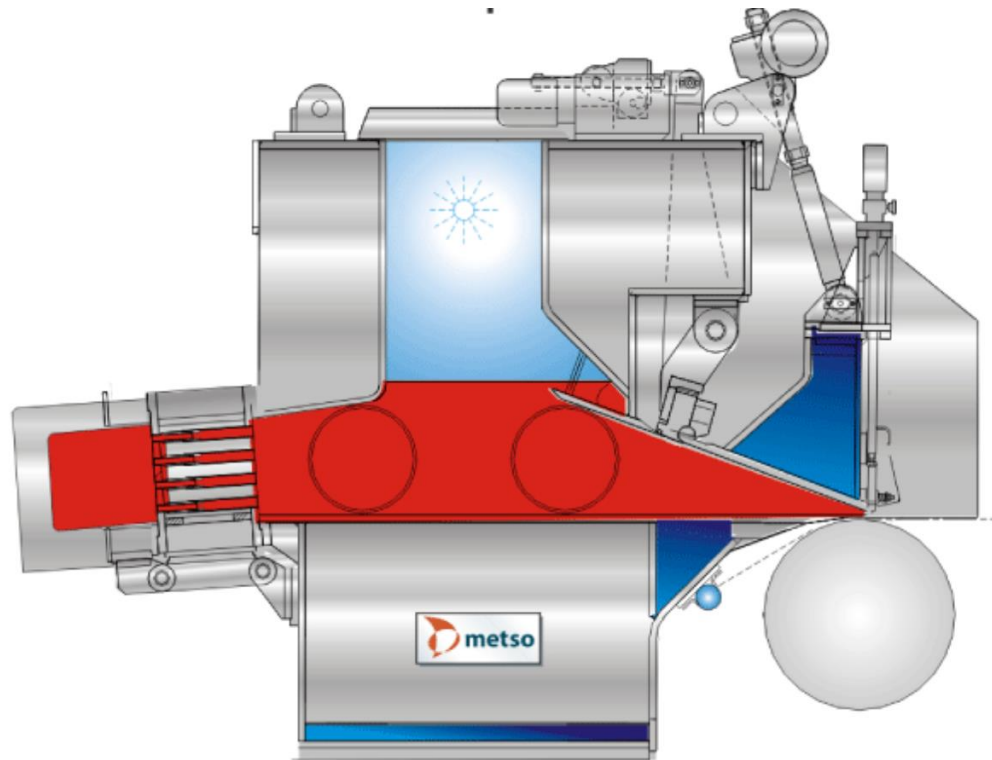
Kuva 7. Perälaatikon syöttöpumppu (KnowPap, Perälaatikon syöttöpumppu).

Konesihtejä on lyhyessä kierrossa yleensä kaksi. Ne sijaitsevat perälaatikon syöttöpumpun ja perälaatikon välissä. Massan mukana saattaa vielä olla kuitukimppuja sekä epäpuhtauksia ja sihtien tehtävänä on poistaa loput epäpuhtaudet massasta. Sihdissä on reikiä ja rakoja, joista massa menee läpi paine-eron avulla. Sihdissä on rumpu, joka pyörii ja siirtää siihen jääneet epäpuhtaudet pois. Näin sihti ei tukkeudu. Sihdit sijaitsevat ennen perälaatikkoa, joten sillä on tärkeä asema massan puhtauden kannalta. Konesihtien tehtävänä on myös akseptin ja rejektin käsittely. Aksepti tarkoittaa hyväksyttävää massaa, joka ohjataan edelleen perälaatikkoon. Rejektiiä on yleensä jopa 7 % massassa. Sitä laimennetaan rejektisäiliössä, josta massa syötetään toiseen sihtiin. Siinä aksepti menee pyörrepuhdistuslaitokseen ja rejekti ohjataan rejektisihdille. (KnowPap, Konesihtijärjestelmä)

3.3 Paperikone

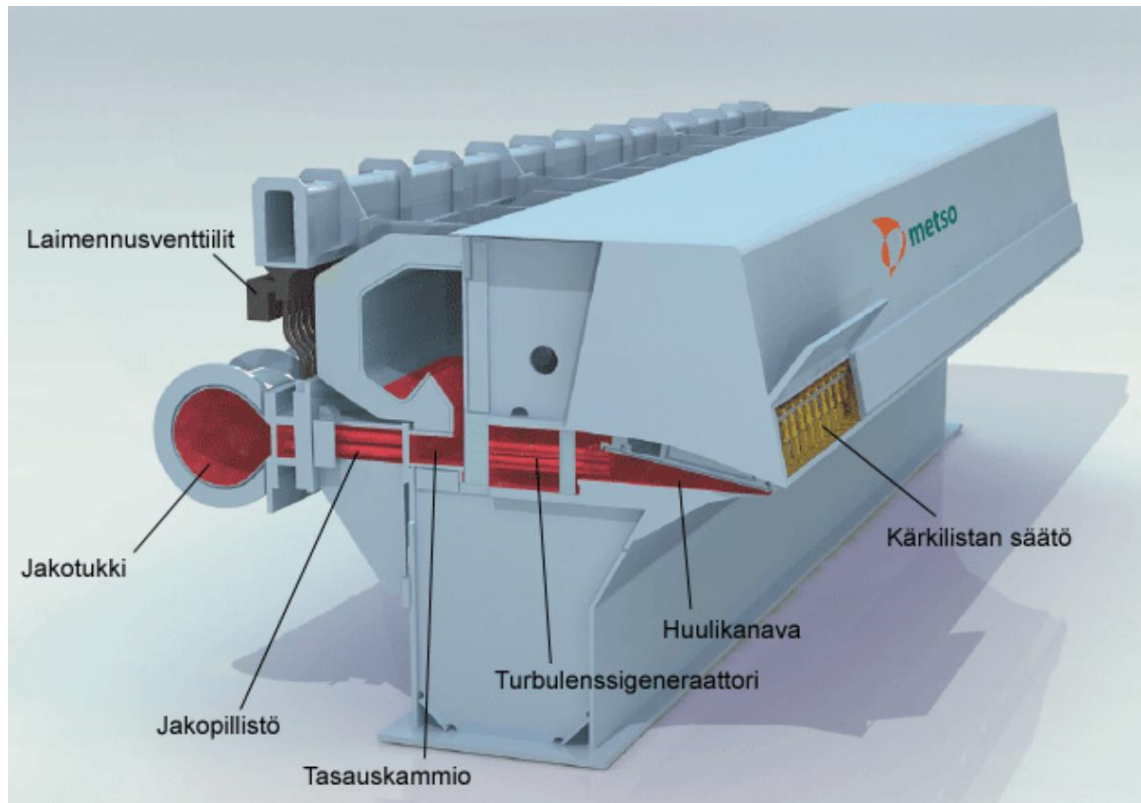
Rainanmuodostusta voidaan pitää paperin valmistuksen lähtökohtana, koska siinä muodostuu koneenlevyinen paperiraina. Se koostuu viiraosasta, perälaatikosta ja sen syöttöputkista. Paperiraina syntyy, kun perälaatikosta suihkuava massa osuu viiraosalle koko koneen leveydeltä. Perälaatikon tehtävänä on tuottaa koko viiraosan leveydeltä tasainen massasuihku ja saada aikaan massalle turbulenssi, jotta kuituflokkit saadaan hajotettua. Paperimassa laimennetaan oikeaksi sakeudeksi ennen sen syöttämistä viiralle. Suihkusuhte ja huuligeometria ovat perälaatikon kaksi tärkeää hallintasuuretta. Suihkusuhteella tarkoitetaan perälaatikon suihkun nopeuden ja viiran nopeuden välistä suhdetta. Tasaperällä ajossa perälaatikon ja viiran nopeus ovat samoja. Tätä ei yleensä käytetä, koska orientaatioprofiili on huono. Yliperällä ajossa perälaatikon nopeus on suurempi kuin viiran nopeus ja aliperällä ajossa viiran nopeus on perälaatikkoa nopeutta suurempi. Rainan formaatio on paras, kun ajetaan yli- tai aliperällä. Yleisin ajotapa tehdään yliperällä. Huuligeometrialla tarkoitetaan perälaatikosta suihkuavan massan kulmaa viiraan verrattuna. Vesi poistuu paremmin rainan muodostuksessa, mikäli massaa suihkuua jyrkässä kulmassa viiraa kohti. Toisaalta suurella kulmalla suihkuttaessa vesi ei pääse poistumaan yhtä tehokkaasti rainanmuodostuksessa. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, s. 131)

Yleisimmät perälaatikkotyypit ovat hydraulinen perälaatikko ja reikätelaperälaatikko. Paperikoneen nopeuden ollessa yli 1000 m/min käytetään hydraulista perälaatikkoa ja hitailla nopeuksilla alle 1000 m/min paperikoneilla käytetään reikätelaperälaatikkoa. Reikäperälaatikon sisällä on kaksi pyörivää reikätelaa, joiden läpi massa kulkeutuu kohti huuliaukkoa. Huuliaukko on perälaatikon osa, jonka kautta massa kulkeutuu viiralle. Reikätelat pyörivät hitaasti massavirrassa, joten telojen väliin ja sisälle muodostuu pyörteitä aiheuttaen virtauksessa häiriöitä. Reikätelaperälaatikon rakenne on esitetty kuvassa 8. Sen keskiosassa näkyy kaksi reikätelaa. Massa kulkeutuu kuvassa vasemmalta oikealle huulen läpi viiralle. Huulen aukkoa säädetään sen päällä olevalla nostosylinterillä. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, s. 131 – 137)



Kuva 8. Reikätelaperälaatikon rakenne (KnowPap, Reikäperälaatikko).

Hydraulisessa perälaatikossa on tasauskammio ennen turbulenssigenaattoria. Tasauskammiossa massan nopeusprofiili tasataan. Turbulenssigenaattori muodostaa turbulenssin, joka hajottaa massan kuituflokkeja. Turbulenssi syntyy hienojakoisten pillien virtauskitkan ansiosta ja pitää kuidut erillään. Kuvassa 9 on esitetty hydraulinen perälaatikko. Siitä nähdään perälaatikon lamellit, jotka ovat yksi sen tärkeimmistä osista. Lamellit ovat ohuita kerroksia, jotka ovat yhtä leveitä perälaatikon kanssa. Levyt kiinnitetään perälaatikon päähän saranakiinnityksellä, jotta ne saavat liikkua vapaasti huulikanavan sisällä virtauksen mukaan. Lamellien ansiosta kuidut saadaan jakautumaan paremmin huulisuihkussa, jotta vetolujuutta ja orientaatiota pystytään parantamaan. (KnowPap, Hydraulinen perälaatikko)

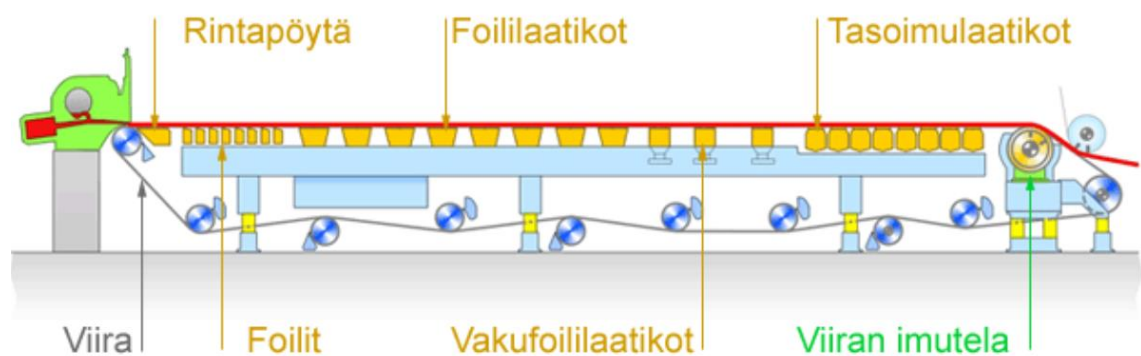


Kuva 9. Hydraulisen perälaatikon rakenne (KnowPap, Hydraulisen perälaatikon virtauskanavisto).

Viiraosa on yksi paperikoneen tärkeimmistä osista, koska siinä määräytyy paperin tärkeät rakenneominaisuudet. Tärkeitä rakenneominaisuuksia ovat neliömassavaihtelu, formaatio ja orientaatio. Viiraosan tehtävänä on siirtää muodostunut paperiraina puristinosalle ja poistaa riittävä määrä vettä massan seasta, jotta paperiraina siirtyisi helposti viiraosalta puristinosalle. Sillä on myös muita tärkeitä tehtäviä kuten esimerkiksi aiheuttaa suuria hydrodynaamisia voimia flokkien hajottamiseksi ja saada tasainen kuituorientaatio. Kuiva-ainepitoisuus viiraosalla on noin 20 %. (KnowPap, Viiraosa)

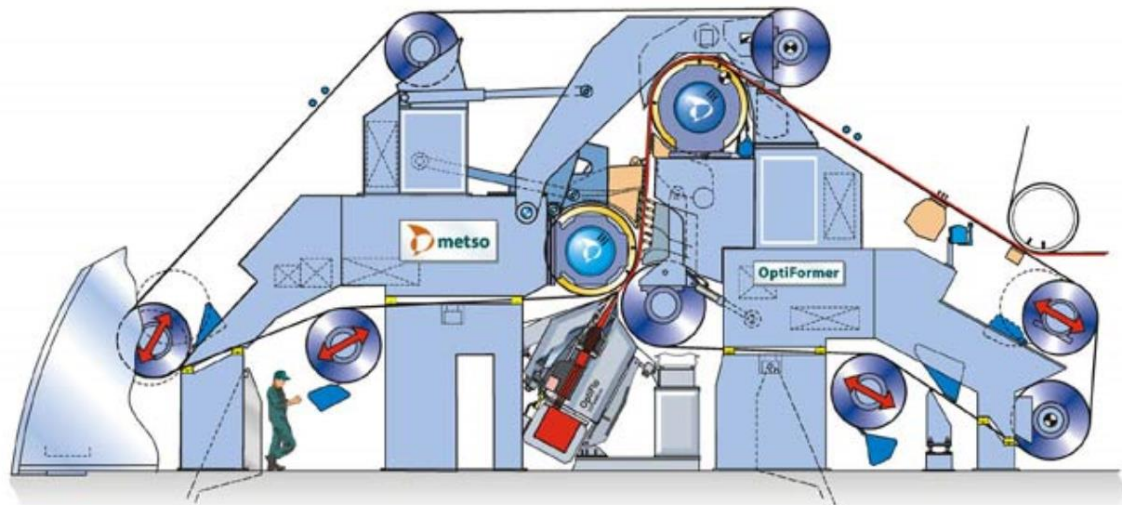
Kaksi yleisintä viiraosatyyppeä ovat tasoviira ja kitaformerit. Tasoviira on vanha viiraosatyyppeä, jota käytetään suurimmassa osassa paperitehtaita. Viira on asetettu rintatelan ja imutelan väliin, jotka ovat viiraosan kaksi suurinta telaa. Viiran muotoa ohjaa pienemmät johto- sekä vetotelat. Tasoviiralla on myös erilaisia vedenpoisto-osia, jotka imevät tai ohjaavat vettä pois paperirainalta. Tasoviirakoneessa veden poiston voidaan ajatella tapahtuvan kolmella tavalla. Vesi poistuu viiraosalta suotautumalla ennen tasoimulaatikoita. Toinen tapa veden poistumiselle on tiivistyminen, jossa laimea sulppukerros häviää ja syntyy tasainen paperiraina. Viimeisellä tavalla vesi poistuu imemällä ilma pois rainan läpi. Tasoviirakoneeseen kuuluu muun muassa rintapöytä, rintatela, rintatelan ravistin, märkäimulaatikot, päästölistat, tasoimulaatikot sekä imutela. Rintapöytä sijaitsee rintatelan jälkeen ja sen tehtävänä on tukea viiraa perälaatikolta suihkuavasta massasta. Rintatelan ravistin ravistaa nimensä mukaan rintatelaa, jotta perälaatikolta tuleva

massa orientoituisi tasaisesti koko viiran leveydeltä. Märkäimulaatikon leveys on noin 500 mm ja se on peitetty lähes kokonaan keraamisella tai muovisella kannella. Laatikon sisällä pidetään alipainetta, jotta vesi poistuisi paperirainasta. Päästolistat sijaitsevat rintatelan jälkeen. Ne voidaan asettaa joko yksittäin tai ryhmissä peräkkäin. Vedenpoistoprosessissa vaihdetaan listojen määriä sekä niiden kulmia. Tasoimulaatikoita taas käytetään juuri ennen puristinosaa. Niillä saadaan aikaan isompi alipaine, koska siinä on pidemmät jalat märkäimulaatikkoon verrattuna. Imutelan avulla imetään rainasta ylimääräinen vesi pois ennen puristinosaa. Telan pinnassa on pieniä reikiä, joista vesi pääsee telan sisälle. Keskipakovoiman avulla vesi sinkoaa pois telasta. Kuva 10 esittää tasoviiran rakennetta. Kuvasta nähdään missä kohtaa mikäkin osa sijaitsee. Paperiraina kulkee kuvassa vasemmalta oikealle. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, s. 137)



Kuva 10. Tasoviiran rakenne (KnowPap, Tasoviira).

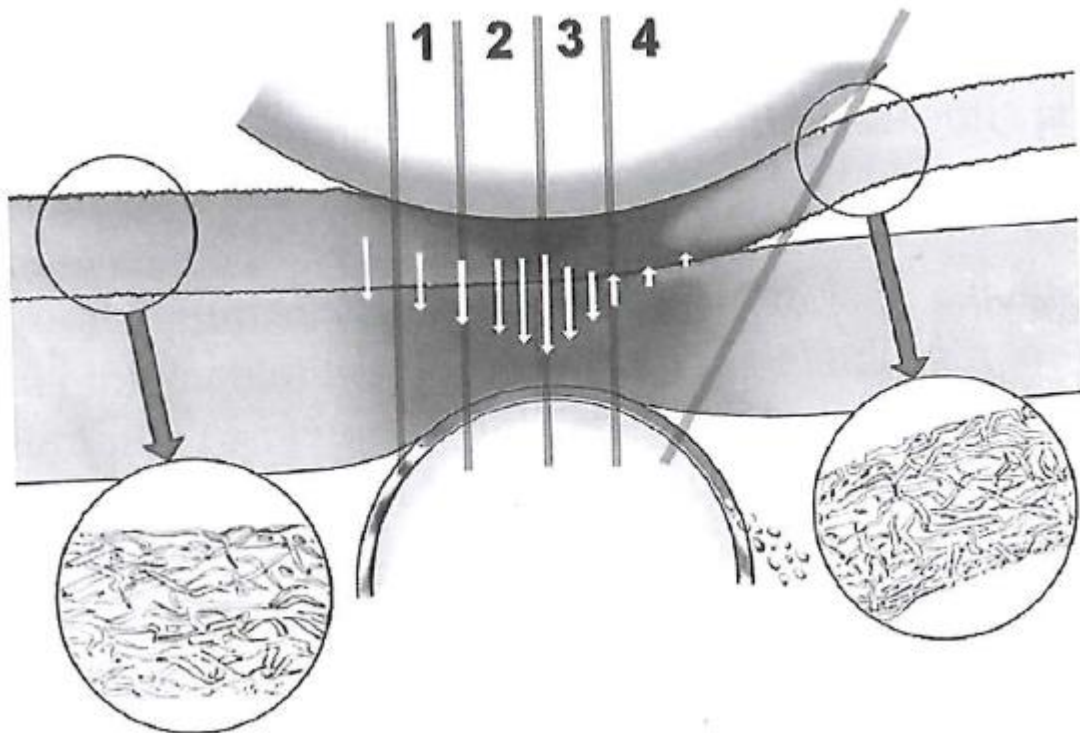
Paperikoneiden nopeutta pyritään kasvattamaan jatkuvasti, minkä seurauksena vedenpoistoa on tehostettava viiraosalla. Vedenpoiston hallinta on todella tärkeää paperin laadun kannalta. Kitaformerissa on kaksi viiraa sekä ylä- että alapuolella. Perälaatikosta syötettävä massa menee suoraan kahden viiran väliin, jolloin vedenpoisto on erittäin tehokasta ja nopeaa. Vesi poistuu paperirainalta sekä ylä- että alakautta. Kuvasta 11 esittää modernin kitaformerin rakennetta. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, s. 140)



Kuva 11. Modernin kitaformerin rakenne (KnowPap, Kitaformeri).

Puristinosana on hyvin monimutkainen kokonaisuus. Jokaisella paperitehtaalla on hieman erilaiset ajotavat, joten puristinosana on muokattu toimimaan parhaalla mahdollisella tavalla kyseisessä paperitehtaassa. Puristinosan tehtävänä on poistaa rainasta vettä sekä puristaa paperia tiiviimmäksi. Vesipitoisuus paperirainassa on puristinosan alussa noin 80 % ja kuiva-ainepitoisuus noin 20 %. Puristinosan jälkeen paperirainan vesipitoisuus on noin 50 % ja kuiva-ainepitoisuus noin 50 %. Puristinosalla pyritään saavuttamaan mahdollisimman suuri kuiva-ainepitoisuus, koska kuivatusosalla kuivatukseen käytettävä höyry on kallista. (KnowPap, Paperikoneen puristinosan tehtävät)

Paperiraina kulkee yleensä kahden huovan välissä. Telan ja huovan rakenne, koneen nopeus, lämpötila sekä viipymäaika nipissä ovat ominaisuuksia, jotka vaikuttavat veden poistumiseen paperirainasta puristinosalla. Nipissä paperirainassa oleva vesi kulkeutuu paineen avulla huovan läpi. Nipillä tarkoitetaan kahden telan välistä kosketuspinta-alaa. Nippitapahtuma muodostuu neljästä alueesta kuvan 12 mukaisesti. Ensimmäisellä alueella paine kasvaa ja paperirainassa oleva ilma poistuu. Toisella alueella paperirainassa on vain vettä, koska ilma on poistunut edellisellä alueella. Paine saavuttaa tällä alueella maksimin, jolloin vesi virtaa huopaan ja sitä kautta telan urien ja reikien välistä pois. Kolmannella alueella paine laskee ja nippi aukenee. Kuitujen puristuminen kuitenkin jatkuu ja paperirainasta tulee tiiviimpi. Kuiva-ainepitoisuus on tässä kohtaa suurimmillaan. Viimeisellä alueella huovassa oleva ylimääräinen vesi imeytyy takaisin paperirainaan. Mitä useampia kuivatusnippejä puristinosalla on, sitä kuivemmaksi paperiraina saadaan. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, s. 155)

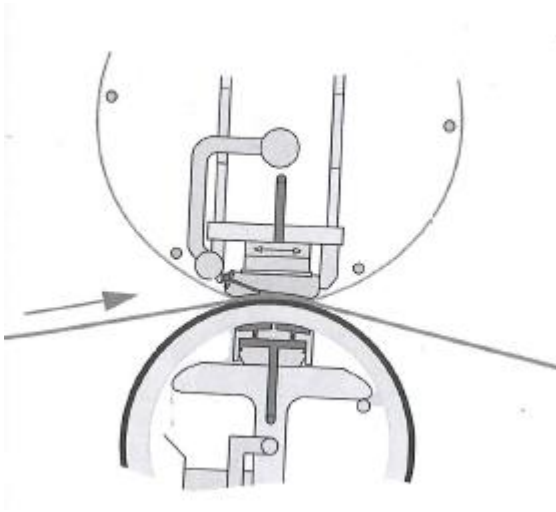


Kuva 12. Nippitapahtuman alueet (Hägglom-Ahnger, Komulainen, s. 156).

Yleensä puristinosalla on kahdesta neljään nippiä peräkkäin. Tutustutaan tarkemmin kahteen puristintyyppiin, jotka ovat imutelapuristin ja suljettu kenkäpuristin. Imutela on nimensä mukaan imevä tela, jonka sisällä on alipaine. Näin ollen alipaine tehostaa veden poistoa. Alipaineen avulla paperiraina saadaan pysymään paremmin huovassa, jolloin paperi ei pääse irtoamaan ennen nippiä. Imutela on yleensä päällystetty polyuretaanilla tai kumilla, mutta nykyään käytetään myös kovapintaisia imuteloja. Imupuristimen hyviä puolia ovat nipin jälkeinen kostumisen vähäisyys, paperirainan pysyminen tiukasti huovassa sekä veden lyhyt virtausmatka telan reikiin. Haittapuolina taas voidaan pitää ylläpitokustannuksia, telan korkeaa hintaa sekä imukammioiden tiivisteiden vaihtoa vuosittain. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, s.156 – 157)

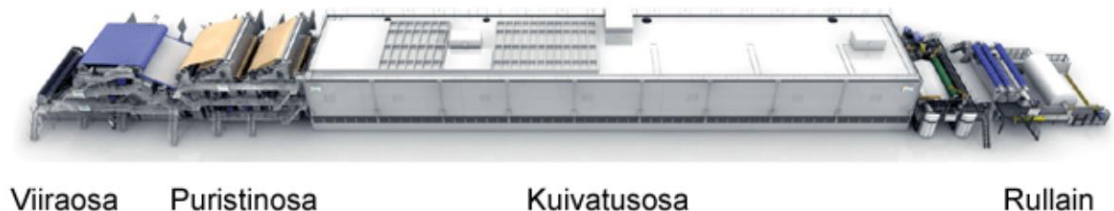
Kenkäpuristimien käyttö on yleistynyt, koska sen avulla saadaan kuiva-ainemäärä jopa kahdeksan prosenttia suuremmaksi normaaliin puristimeen verrattuna. Tulevaisuudessa pyritään nostamaan paperikoneiden tuotantoa, jolloin kuivatuksen tehokkuus kasvaa. Kenkäpuristustapahtuma muodostuu kahdesta telasta. Toinen on vastatela ja toisessa telassa on pinnan mukaan muotoiltu kovera kenkä. Nipin pituus on jopa kymmenen kertaa pidempi verrattuna normaaliin puristustapahtumaan. Suljetun kenkäpuristimen tela koostuu sen ympäri kulkevasta nauhasta ja kenkä on näin ollen rakennettu sen sisään. Tämän ansiosta telan pinnasta saadaan joustava. Mahdollinen öljy ei pääse paperiin, koska kenkä on rakennettu telan sisään. Rakenteensa vuoksi kenkäpuristin on myös varmatoiminen ja kestää pidempään. Kuvasta 13 nähdään kenkäpuristimen rakenne.

Vastatela on alempana ja kenkätela ylempänä. Kuvasta myös nähdään kenkäpuristimen ympärillä oleva ohut vaippa. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, s.158 – 159)



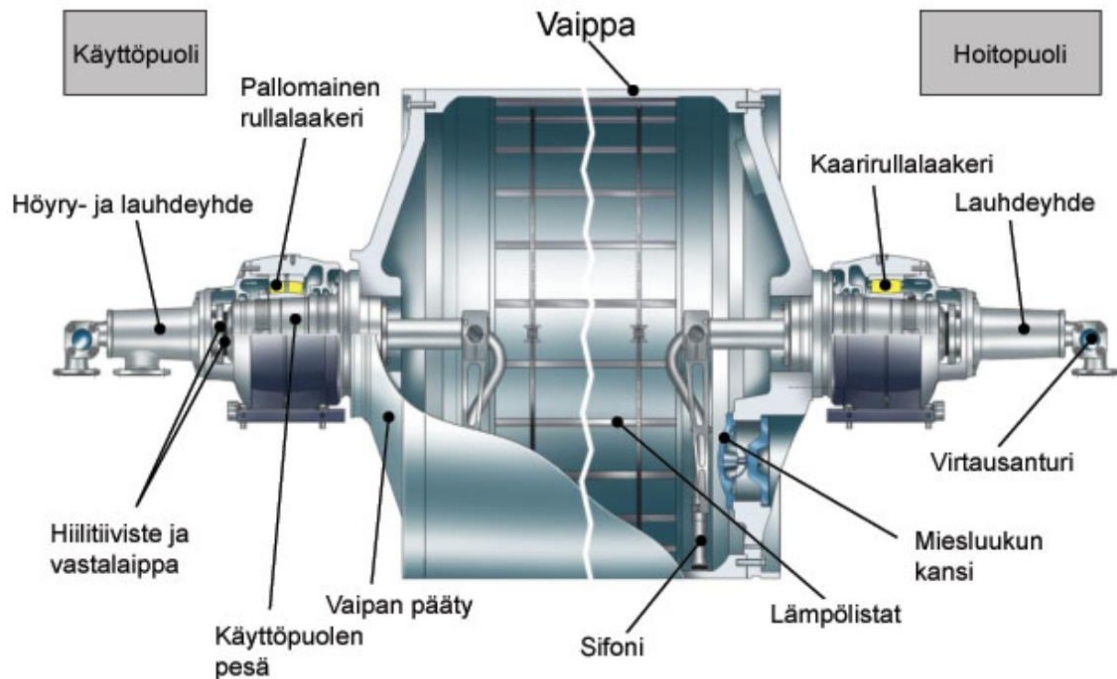
Kuva 13. Kenkäpuristimen rakenne (Hägglom-Ahnger, Komulainen, s. 159)

Kuivatusosa voidaan ajatella olevan pisin osa paperikoneella. Kuivatus tapahtuu ison huuvan sisällä. Huuva on kuivatusosan päällä oleva kotelo. Sylinterikuivatus on yleisimmin käytetty kuivatusmenetelmä. Puhutaan siis monisyylinterikuivatuksesta, joka tarkoittaa useita peräkkäin olevia sylintereitä. Sylinterit ovat höyryllä lämmitettyjä, joka takaa paperin tehokkaan kuivumisen. Kuvasta 14 huomataan kuivatusosan koon muihin paperikoneen osiin verrattuna.



Kuva 14. Paperikoneen kokonaiskuva (KnowPap, Paperikoneen kuivatusosa yleistä).

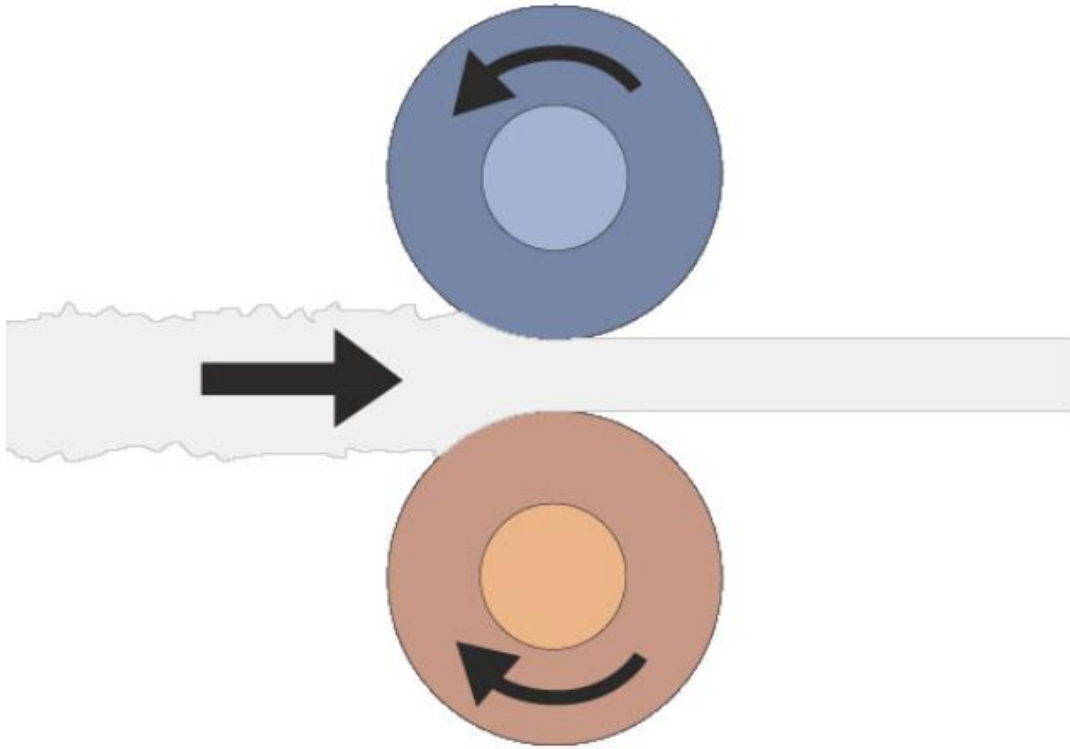
Sylinterin sisällä on lämpölistat ja sitä lämmitetään sisältä syöttämällä sinne höyryä höyrykytkimen kautta. Sylinterin sisällä oleva höyry lauhtuu vedeksi, kun se luovuttaa lämpöä sylinterin pintaan. Sifonien avulla kerätään lauhtunut höyry pois ja siirretään se lauhdekytkimien kautta lauhdejärjestelmään. Kuivatuksen tehokkuuteen voidaan vaikuttaa koneen nopeudella, viirojen kireydellä, taskujen ilman lämpötilalla, paperin kuiva-ainepitoisuudella, neliömassalla sekä paperin lämmitysajalla. Kuva 15 esittää kuivatussylinterin rakennetta. Kuivatussylinteriä ympäröi vaippa ja vaipan pääty sekä sisällä oleva sifoni ja lämpölistat. (KnowPap, Monisyylinterikuivatus)



Kuva 15. Kuivatussylinterin rakenne (KnowPap, Monisylinterikuivatus).

Kuivatusosan tehtävänä on poistaa vesi ja kosteus paperirainasta haihduttamalla. Kuivatuksessa vaikutetaan paperin ominaisuuksiin, jotka ovat vaaleus, kosteuden poikkiprofiili, pintaominaisuudet, pituussuuntainen kosteusprofiili, venymä sekä lujuusominaisuudet. Kuivatusosaan kuuluu myös höyry- ja lauhdejärjestelmä sekä lämmön talteenotto. Höyry- ja lauhdejärjestelmän tehtävänä on poistaa höyry, saada riittävä kuivatusenergia sylinterille, pitää sylinterin pintalämpötila korkeana sekä hallita höyrypaineita. Höyryjärjestelmän tarkoitus on nostattaa sylinterien lämpötilaa ja sitä kautta kuivattaa paperirainaa. Lämmön talteenoton tehtävänä on ottaa kuivatuksessa syntynyt lämpö talteen. Lämpö otetaan yleensä huuven yläosasta. Ilma lämmitetään ensin lämmön talteenoton vallitsevassa lämpötilassa, jonka jälkeen ilma lämmitetään edelleen höyryllä. Lopuksi ilma johdetaan takaisin kuivatusosalle sekä paperitehtaan saliin. Osa ilmasta johdetaan myös huuven alaosaan kuivatussylinterien alapuolelle. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, s. 165 – 171)

Paperin valmistuksessa kalanterointi on prosessin viimeinen vaihe ennen rullausta. Kalanteroinnissa paperirata kulkee kahden telan välistä. Kalanteroinnin tehtävänä on antaa paperille kiiltoa ja sileyttä. Nämä ominaisuudet ovat erittäin tärkeitä paperin jatkokäsittelyä ajatellen esimerkiksi painatuksessa. Kalanterin tehtävänä on myös tehdä paperiradasta mahdollisimman tasainen, jotta ajettavuus ja painettavuus parantuvat. Kuvasta 16 voidaan nähdä paperin pinnan olevan epätasainen ennen kalanteria ja kalanterin jälkeen paperiradasta tulee tasainen. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, s. 204 – 206)

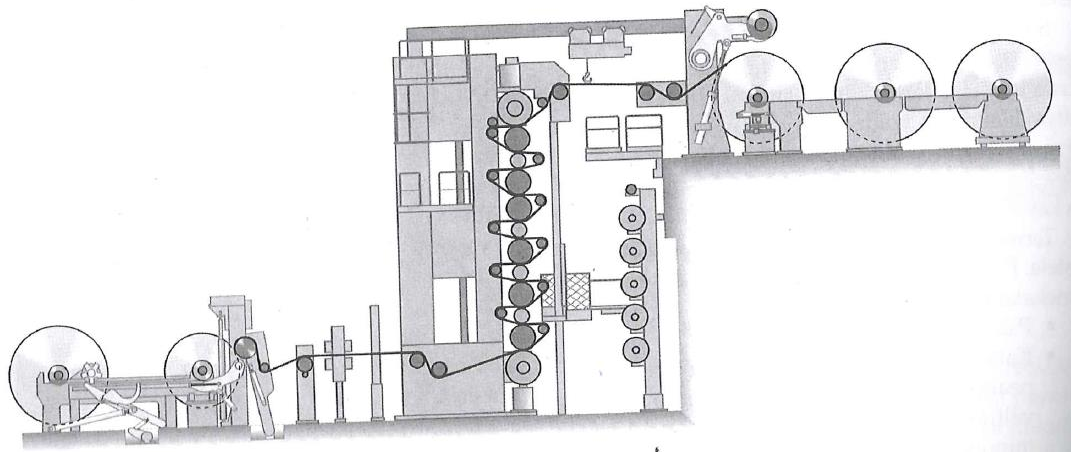


Kuva 16. Paperin kalanterointi (*KnowPap, Kalanterointi*).

Paperin laatuun voidaan vaikuttaa nipissä eri kalanterointimenetelmillä. Kalanterointimenetelmiä ovat puristuminen, kopioituminen, suuntautuminen sekä siirtyminen ja hioutuminen. Puristumisessa epätasaisuudet saadaan tasoitettua, koska paperirata on epätasainen paksuussuunnassa. Puristumisen ansiosta sileys paranee ja paperirata saadaan puristettua tiiviimmäksi. Kopioitumisessa telan pintaan jääneitä epäpuhtauksia tai telan pinnan pilaantuminen aiheuttaa paperin pintaan jäljennystä. Toisaalta taas kovapintainen tela voidaan hiekkapuhaltaa, jolloin paperista saadaan mattapintainen. On erittäin tärkeää, että telan pinta on oikeanlainen eri käyttötarkoituksiin. Suuntautumisessa erilaiset partikkelit suuntautuvat paperin pinnan suuntaisesti. Partikkelien suuntautuminen on erittäin tärkeää sileydelle ja kiillolle. Siirtymisessä ja hioutumisessa paksuussuunnassa aaltomaisesta paperista partikkelit joko irtoavat tai siirtyvät. Osa partikkeleista irtoaa nippi tapahtumassa, kun taas osa partikkeleista painautuu yhteen ja siirtyy tiheämmäksi paperin pintaan. (Häggbloom-Ahnger, Komulainen, s. 205 – 206)

Kaksi yleisintä kalanterityyppiä on softkalanteri ja superkalanteri. Softkalanterissa on yleensä kaksi telaa päällekkäin. Toinen teloista on pehmeäpintainen ja toinen kovapintainen. Softkalanterilla saadaan hyvä tasaisuus sekä sileys. Siinä on vain kaksi telaa, joten se mahtuu pienempään tilaan superkalanteriin verrattuna. Superkalanterilla taas on yleensä 9 – 17 telaa päällekkäin. Välitelosta joka toinen on kovapintainen ja toiset pehmeäpintaisia. Alin ja ylin tela ovat kummatkin kovapintaisia teloja. Näin ollen saadaan aikaan kopioitumista ja puristumista. Superkalanterin huono puoli softkalanteriin verrattuna on paperitelosten lämmöntuottaminen, kun paperirata menee telosten nipin

läpi. Paperin ja telan välinen kitka aiheuttaa lämpöä, jolloin telat lämpenevät. Korkea lämpötila rajoittaa ajonopeutta. Tarvitaan siis useampi superkalanteriyksikkö, jos paperikone on nopea. Kuvasta 17 nähdään superkalanterin rakenne. Paperirata kulkee vasemmalta oikealle. Kuvassa pienemmät telat ovat paperinjohtoteloja, jotka ohjaavat paperiradan nippien läpi. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, s. 213 – 214)



Kuva 17. Superkalanterin rakenne (Hägglom-Ahnger, Komulainen, s. 214)

Rullaus on yksi tärkeimmistä osista paperinvalmistuksessa. Rullauksen tarkoituksena on rullata paperikoneelta valmistunut paperiraina tampuuriraudan ympärille. Rullausosaan kuuluu kiinnirullausosa sekä tampuurin vaihtotapahtuma.

Rullausosalla kireydellä on suuri merkitys. Liian suuri kireys huonontaa paperin joustavuutta ja venyvyyttä. On siis erittäin tärkeää saada juuri oikea kireys. Suurella kireydellä paperi venyy, mikä voi aiheuttaa ratakatkoja rullausosalla tai pituusleikkurilla. Liian löysä rata taas aiheuttaa ryöppyjä ja viiruja pituusleikkurilla. Rullauksessa paperin kireyden on oltava tasainen koko rullauksen ajan. Tampuuriraudan pohja on kriittinen alue paperin rullauksessa. Ensimmäiset 200 metriä pitää saada rullattua juuri oikeaan kireyteen ja tiheyteen. Paperiradan levityksellä on myös tärkeä rooli rullauksessa. Levitystelan täytyy levittää paperirata tasaisesti koko konerullan levyiseksi ilman liikaa venytystä. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, s. 220 – 222)

Yleisesti käytössä oleva rullain on nimeltään pope-rullain. Se koostuu yhdestä isosta telasta, jota pyöritetään moottorin avulla. Tampuurirauta pyörii telaa vasten kitkan avulla. Tampuurin vaihto tapahtuu ”lennosta” eikä paperikonetta tarvitse pysäyttää. Valmistuva konerulla siirtyy eteenpäin, jolloin se ei ole enää kosketuksissa pyörivään telaan. Konerulla alkaa näin ollen hidastua itsestään, jolloin paperirata alkaa löystyä telan ympärille. Tässä vaiheessa tuodaan uusi tampuurirauta kosketuksiin telan kanssa. Paperirata katkeaa, jolloin uusi paperiraina ottaa kiinni uuteen tampuurirautaan ja alkaa pyöriä sen mukana. (Hägglom-Ahnger, Komulainen, s. 220)

3.4 Pituusleikkuri

Pituusleikkuri on hyvin pitkälti automatisoitu laite. Sen tehtävänä on leikata paperikoneelta saapuva noin 6 metriä leveä konerulla pienempiin ja kapeampiin asiakasrulliin. Pituusleikkuri voidaan jakaa aukirullaus-, leikkaus- ja rullausosaan. Kuva 18 esittää Pietarsaaren pituusleikkuria. Kuvassa rullat ovat juuri valmistuneet ja ne siirretään kuvan alareunassa olevan kuljettimen avulla pakkaamoon.



Kuva 18. Pietarsaaren pituusleikkuri.

Aukirullauksessa konerulla nostetaan rullapukkien varaan ja lukitaan se paikoillaan kytkimen ja lukitusvarren avulla. Kytкин on hydraulisesti toimiva laite ja se kytkee käyttömoottorin konerullaan. Lukitusvarsien tehtävänä on ottaa vastaan paikoilleen nostettava konerulla ja lukita se paikoilleen. Konerullan halkaisija asetetaan käyttäjän toimesta ohjelmaan, minkä jälkeen ultraäänianturi mittaa konerullan halkaisijan. Ultraäänianturi mittaa samalla myös tampo-uriraudan etäisyyttä. Tämän avulla varmistetaan konerullan pysyminen paikoillaan. Kuva 19 esittää pituusleikkurin aukirullausosaa. Aukirullaimen ympärillä on turva-aitaus, jotta kukaan ei mene pyörivän aukirullaimen lähelle käynnin aikana. (Metso paper oy, Mekaaninen kunnossapito, s. 47 – 49)



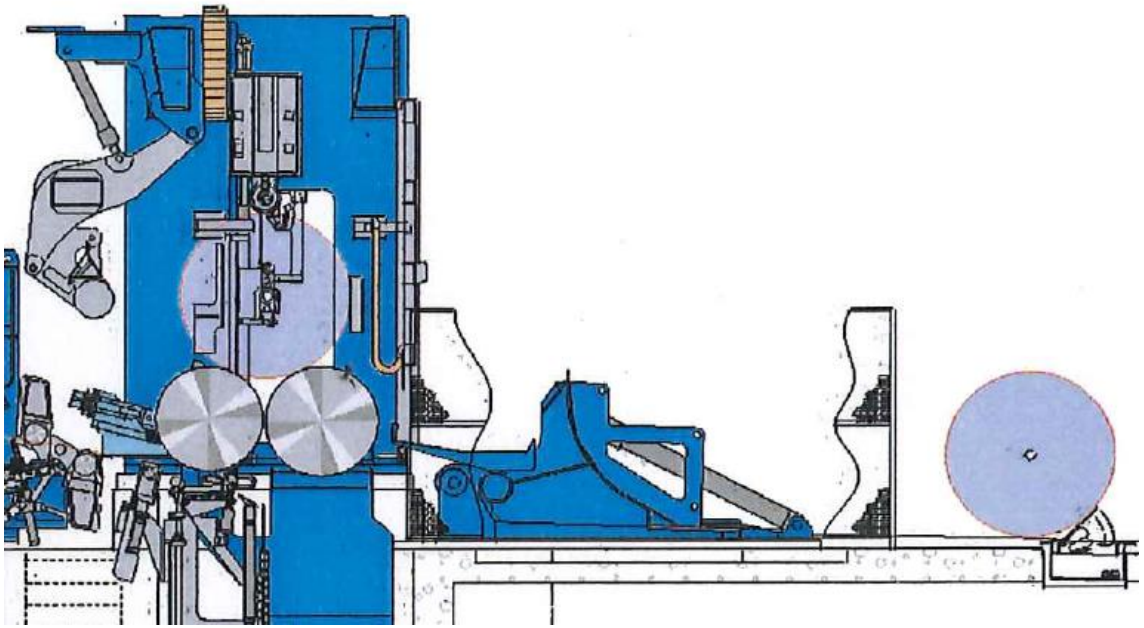
Kuva 19. Pituusleikkurin aukirullaus.

Leikkausosassa konerulla leikataan terien avulla asiakkaan tilaamiin leveyksiin. Leikkausosa koostuu ylä- ja alateristä, teriensiirtolaitteesta sekä terien paikanmittauslaitteesta. Teräpari muodostuu ylä- ja alaterästä. Teräpareja pituusleikkurilla on 20 kappaletta sekä kaksi reunateräparia. Paperin leikkaus tapahtuu ylä- ja alaterän välissä. Koneenhoitaja tekee trimmityksen asiakkaiden tilaamilla leveyksillä. Trimmitys tapahtuu automatisoidusti siirtokelkan avulla. Siirrettävät terät lukittuvat siirtokelkkaan, joka siirtää terät oikeille paikoille. Siirtokelkka on pneumaattisesti toimiva laite ja terien paikanmittauslaite on hydraulisesti toimiva laite. Leikkausosalla on myös paperin kireydenmittauslaite, joka mittaa kireydenmitta-anturin avulla paperiradan kireyden. Kireys on tärkeä paperin laadun kannalta. Liian kireä rata venyttää paperia ja löysäksi jäänyt rata voi aiheuttaa paperin rypistymistä. Kuva 20 esittää pituusleikkurin leikkausosaa. Kuvassa näkyvät terät ovat yläteriä. (Metso paper oy, Mekaaninen kunnossapito, s.110 – 122)



Kuva 20. Pituusleikkurin leikkausosa.

Rullauksessa paperirata rullataan hylsyjen ympärille kantotelojen päällä. Yleisin pituusleikkurin tyyppi on kantotelaleikkuri. Kuva 21 esittää pituusleikkurin rullausosan rakennetta. Valmistuvat rullat rullataan kahden kantotelan päällä. Rullausosaan kuuluu muun muassa hylsynsyöttöjärjestelmä, hylsylukot, hylsyntyönnin, painotela, loppuliimauslaite ja katkaisuterä. Hylsynsyöttöjärjestelmä syöttää hylsyt hylsytahalta pituusleikkurin alle. Hylsynostin nostaa hylsyt kantotelojen väliin, jossa ne pysyvät siihen asti, kunnes kantotelat siirtyvät lähemmäksi toisiaan ja hylsyt jäävät niiden varaan. Painotela painaa paperin tiukasti hylsyihin kiinni, jotta saadaan kireät asiakasrullat. Loppuliimauslaite liimaa paperiradan hännät kiinni, jotta pakkaus olisi helpompaa ja rullat pysyisivät siisteinä. Hylsylukot sijaitsevat pituusleikkurin molemmin puolin ja menevät hylsyjen sisään kiinni pitäen radan paikoillaan. Hylsylukkojen ansiosta paperirata ei pääse siirtymään kantotelojen päällä sivusuunnassa. Katkaisuterä katkaisee valmistuneet rullat. Katkaistu paperi jää kantotelojen väliin, josta se lähtee uusien hylsyjen ympärille koneen käynnistyessä. Valmistuneet asiakasrullat työnnetään hylsyntyöntimen avulla rullakippiin, jolla rullat lasketaan lattialle. Rullat siirretään rullakuljettimiin, josta ne siirtyvät edelleen kohti pakkaamoja tai uudelleenrullainta. (Metso paper oy, hydraulikka, s. 63 – 150)



Kuva 21. Pituusleikkurin aukirullausosan rakenne (Metso paper oy, hydraulikka, s.1).

Koneenhoitajan tehtävänä on valvoa pituusleikkurin toimintaa, tehdä trimmitys sekä valvoa valmistuvien asiakasrullien laatua. Pituusleikkuri on hyvin pitkälti automatisoitu laite ja koneenhoitajan ohjaa sen toimintoja valvomosta. Asiakkailla on eri vaatimuksia asiakasrulliin, esimerkiksi loppuliimaus pitää olla pois päältä tietyillä asiakkailla. Koneenhoitajan täytyy valvoa nopeutta ja reseptejä, jotta paperin jatkokäsittely olisi mahdollisimman helppoa. Pituusleikkurille on asetettu eri reseptiohjelmaa, joista koneenhoitaja valitsee paperilaadun mukaan oikean ohjelman. Rullauskireys, painotelan paino sekä ajonopeudet ovat erilaiset eri resepteillä.

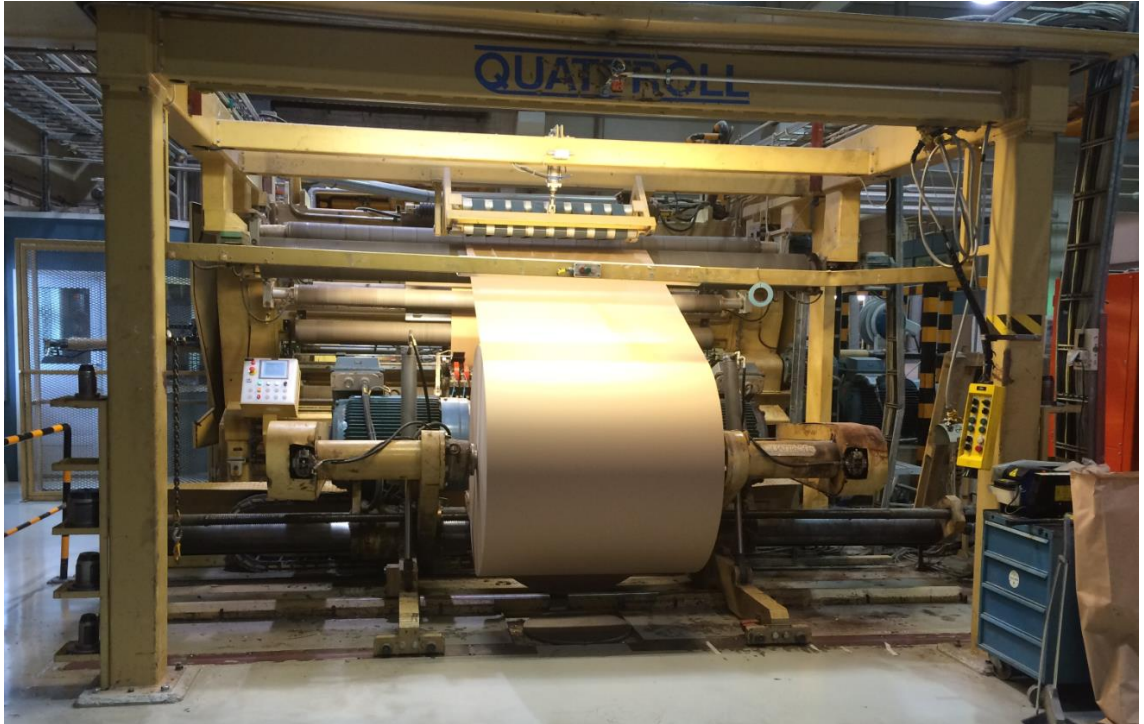
3.5 Uudelleenrullaus

Uudelleenrullauskonetta kutsutaan nimellä URK. Siellä leikataan pituusleikkurilta valmistuvista paperirullista pienempiä ja kapeampia asiakasrullia. Pituusleikkurilta valmistuvista rullista voi myös valmistua väärällä kireydellä olevia rullia tai reikärullia, jotka voidaan tarkistaa uudelleenrullaimella. Näin kyseiset rullat voidaan käydä läpi ja lähettää asiakkaalle. On myös mahdollista, että pituusleikkurilta valmistuvat rullat ovat väärän levyisiä ja niitä joudutaan leikkaamaan kapeammiksi. Uudelleenrullain voidaan jakaa aukirullaus-, leikkaus- ja kiinnirullausosaan. Uudelleenrullauskone on osittain automatisoitu. Koneenhoitajan tehtävänä on valvoa konetta, laittaa raakarulla paikoilleen, tehdä trimmitys, tehdä päälleventti, leikata hylsytyt sekä sitoa valmistuneet rullat kiinni toisiinsa, jotta pakkaaminen onnistuisi. Kuva 22 esittää erästä uudelleenrullauskonetta. Valmiit rullat siirretään kuljettimelle. Kuvassa kippi on ylhäällä, joten uudelleenrullain on käynnissä ja asiakasrullat valmistumassa. (Tampella papertech, s. 173 - 174)



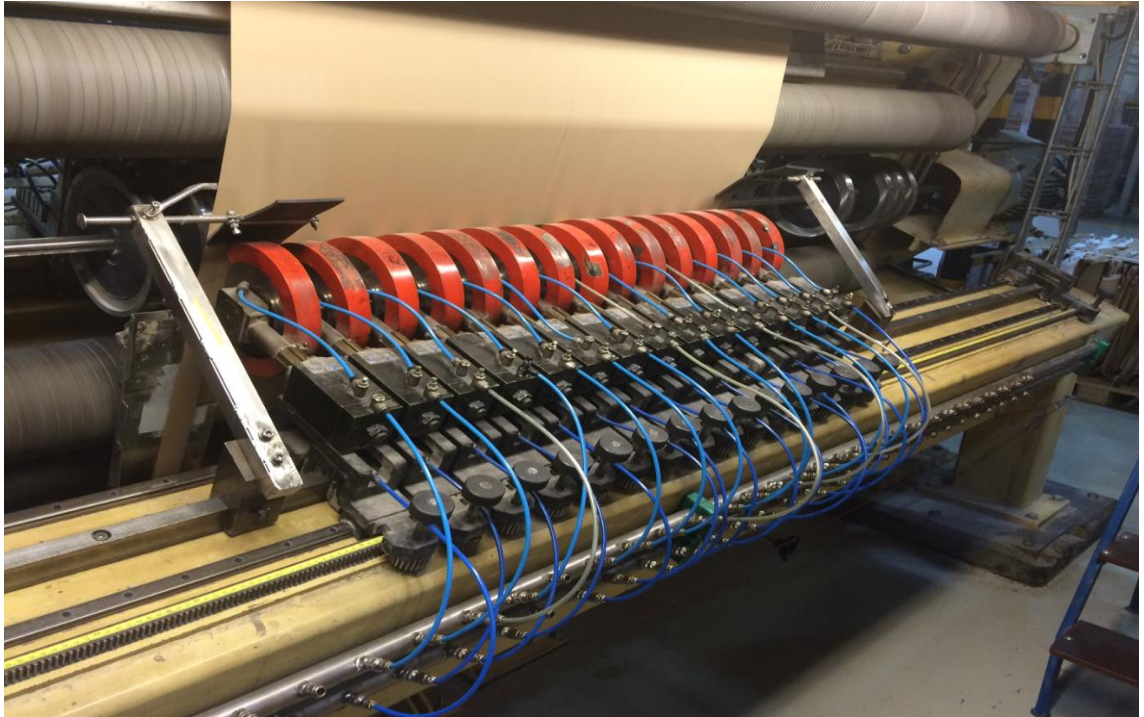
Kuva 22. Uudelleenrullain.

Aukirullauksessa pituusleikkurilta saapuva paperirulla nostetaan kahden rullavarren varaan. Kuva 23 esittää aukirullaimen rakennetta. Rullavarressa olevat hylsylukot kohdistetaan raakarullan keskellä oleviin hylsyihin ja koko rulla nostetaan ilmaan. Raakarullan nosto tapahtuu koneenhoitajan toimesta kahden hydraulisylinlerin avulla. Anturi mittaa rullan halkaisijan asiakasrullan ollessa yläasennossa ja lähettää tiedon järjestelmään. Se mittaa ajon aikana raakarullan halkaisijaa, jotta järjestelmä kykenee pysäyttämään raakarullan ennen sen loppumista. Raakarullaan jätetään aina pohjalle muutama kerros paperia, joka myöhemmin sahataan hylsyringillä pois. (Quatroll Oy, s. 1 – 26)



Kuva 23. Uudelleenrullaimen aukirullain.

Leikkausosassa paperirata leikataan kapeammaksi asiakkaan tilaamaan leveyteen. Valmistuneita kapeita rullia kutsutaan kiekoksi, joiden leveys voi olla esimerkiksi 78 mm. Kuva 24 esittää uudelleenrullauksen leikkausosaa. Leikkausosa koostuu ylä- ja alateristä. Yläterät säädetään käsin paikoilleen kiinnittämällä syöttöletkut pikaliittimillä paineilmaputkeen. Alaterät taas siirtyvät automaattisesti oikeille paikoilleen. Leikkausterät trimmitetään aina tilauksen vaihtuessa. Koneenhoitajan tehtävänä on käydä tarkistamassa, että trimmitys on tapahtunut. Paperiradan leikkaus tapahtuu ylä- ja alaterän välissä. (Quatroll Oy, s. 28 – 32)



Kuva 24. Uudelleenrullaimen leikkausterät.

Kiinnirullauksessa leikattu paperirata ajetaan asiakkaan vaatimusten mukaisille hylsille kahden kantotelan päällä. Rullaus tapahtuu kahden ison kantotelan päällä. Hylsyt pysyvät paikoillaan hylsykukkojen avulla eikä paperirata pääse näin ollen siirtymään sivulle. Painotela painaa valmistuvan asiakasrullan päälle, jotta ne saadaan tiiviiksi. Painotelan paino riippuu ajettavasta paperinlaadusta. Koneenhoitaja leikkaa ajo-ohjelman mukaiset hylsyt hylsysirkkelillä ja asettaa ne kantotelojen päälle. Hän ohjaa hylsylukot yksi puoli kerrallaan hylsyihin kiinni, jotta leikattava asiakasrulla ei pääse siirtymän. Kone pysähtyy itsestään, kun rullalla on asiakkaan tilaama määrä paperia. Leikkausterä nousee koneen alta ja leikkaa paperiradan poikki. Koneenhoitaja teippaa paperiradan hännät kiinni asiakasrulliin, jotta rullat pysyisivät siisteinä. Koneenhoitaja sitoo valmistuneet asiakasrullat kiinni toisiinsa, etteivät ne irtoa toisistaan kuljetuksen aikana. (Quatroll Oy, s. 37 – 47)

3.6 Pakkaamo

Pakkaamossa valmiit asiakasrullien ympärille ja pätyihin kääritään paperi, joka suojaa asiakasrullaa kuljetuksessa. Paperin ympärille käärittävää paperia kutsutaan kääreeksi. Pakkaamo on täysin automatisoitu ja näin ollen robotit hoitavat rullien pakkaamisen. Pakkaamoon tarvitaan ainoastaan yksi koneenhoitaja, joka huolehtii ja tarkkailee pakkaamon toimintaa. Koneiden vikatilanteissa koneenhoitajan on pysäytettävä pakkaamon koneet turvallisesti ja käytävä korjaamassa mahdolliset viat. Hänen on seurattava asiakasrullien oikeita mittoja ja varmistettava kääreiden riittäisyys asiakasrullien suojaamiseksi. Asiakasrullien on oltava siistejä ja kaikki tarvittavat tiedot pitää löytyä kääreen

päälle liimattavasta etiketistä. Pituusleikkurilta valmistuvat asiakasrollat siirretään kuljettimien avulla pakkaamoon pakattavaksi. Kuljetusjärjestelmän on kyettävä siirtämään sekä pieniä että isoja asiakasrollia. Asiakasrollat eivät saa vaurioitua siirtyessään kuljettimelta toiselle. Kuva 25 esittää pakkaamon rakennetta. Pakkaamossa on kaksi päätylappurobottia sekä kaksi kääreasemaa, jossa on erikokoiset kääreet. Koneenhoitajan valvomo näkyy kuvassa vasemmassa yläkulmassa, josta näkee koko pakkaamon toiminnan. (Metso paper oy, Rullapakkauskirja, s.1 – 9)



Kuva 25. Pakkaamon rakenne.

Pakkaustapahtumaa voidaan ajatella sekvenssien avulla. Asiakasrolla siirtyy pakkaamoon, jossa sen tiedot luetaan viivakoodista lasertunnistimen avulla. Liikkuvan varren avulla mitataan asiakasrollan halkaisijan. Saapuva asiakasrolla halutaan keskittää siirtovarsien avulla ja samalla lasketaan rullan leveys sekä punnitaan sen painon. Kun rullan mitat pitävät paikkansa järjestelmässä olevien rullan mittojen kanssa asiakasrolla siirtyy eteenpäin. Kuva 26 esittää keskitysasemaa, jossa rullan leveys ja paino mitataan. Keskitysasemassa mitattavat tiedot siirtyvät koneenhoitajan tarkistettavaksi.



Kuva 26. Pakkaamon keskitysasema.

Asiakasrullien päälle kääritän paksusta kartongista oleva kääre valmiin asiakasrullan suojaamista varten. Kaksi robottia hakee sisäpäätylaput ja asettavat ne asiakasrullan kummallekin puolelle. Tämän jälkeen asiakasrullan päälle kääritään kääre suojaamaan asiakasrullaa kosteudelta ja kuljetukselta. Kääre on hieman asiakasrullaa leveämpi joten reunat taitetaan kahden robotin avulla rullan päätyjä vasten samalla, kun kääre pyöräytetään asiakasrullan päälle. Asiakasrullan kummallekin puolelle kiinnitetään vielä ulkopäätylappu suojaamaan taitettua käärettä. Yksi roboteista nostaa imukupeilla ulkopäätylapun ja siirtää sen paistilevyihin, jonka tarkoituksena on sulattaa ulkopäätylapussa oleva liima ja kiinnittää se asiakasrullaan. Kuvassa 27 nähdään paistilevyn rakenne. Paistilevyissä on alipaine, joka pitää päätylaput paikallaan.



Kuva 27. Pakkaamon paistilevy.

Pakattuun asiakasrullaan liimataan robotin avulla etiketti, jossa on rullan tiedot. Tämä helpottaa rullien jatkokäsittelyä asiakkaalla. Pakkaamosta rullat siirtyvät edelleen kuljettimien avulla varastoon. Yleensä varasto on tuotantotasoa alempana, joten asiakasrullat siirretään rullahissin avulla varastoon odottamaan trukkikuskeja.

3.7 Varasto

Pakatut asiakasrullat siirtyvät kuljettimien ja rullahissin avulla varastoon. Asiakasrullat jäävät kuljettimelle odottamaan, että ne siirretään trukeilla oikeille varastopaikoille. Trukkikuski tarkastaa asiakasrullan ja katsoo trukissa olevasta tietokoneesta oikean varastopaikan. Kuva 28 esittää paperitehtaan varastoa. Kuvan oikeassa reunassa valmiit asiakasrullat ovat odottamassa trukkia. Rullien varastopaikat näkyvät kuvan vasemmalla puolella



Kuva 28. Paperitehtaan varasto.

Varastossa asiakasrollat siirretään tarpeen mukaan niille varattuihin paikkoihin. Varastopaikat valitaan siten, että samaan tilaukseen tai samaan paikkaan menevät asiakasrollat siirretään samoihin paikkoihin. Rullia voidaan säilyttää paperivarastossa jopa kuukausia riippuen asiakkaasta.

Asiakasrullia voidaan kuljettaa kuorma-autoilla, laivalla tai junalla. Kuorma-autot lastataan varastossa paperitehtaan työntekijöiden avulla. Kuorma-autot ajavat yleensä Euroopan sisällä. Junalla asiakasrollat siirretään joko tehtaan alueella olevaan satamaan tai ajetaan suoraan asiakkaalle ympäri suomea. Junalla asiakasrollat siirtyvät myös satamaan eri puolille suomea. Laivalla asiakasrollat siirtyvät helposti esimerkiksi Amerikkaan tai Kiinaan.

4. KUNNOSSAPITO JA HUOLTO

4.1 Kriittisyysanalyysi

Kriittisyysanalyysissä tehdään laitteille ABC-luokitus, joka kertoo sen kriittisyydestä. Paperitehtaan laitteille käytetään A, B, C, D luokituksia. Yleisesti ajateltuna laite on kriittinen, jos sen hajoaminen pysäyttää tuotannon. Kriittisen laitteen ABC-tunnus on A. Vastaavasti laite ei ole kriittinen, jos sen hajoaminen ei vaikuta tuotantoon ja sen ABC-tunnus on D. Kriittisyysanalyysin avulla pyritään tarkastamaan laitteiden kriittisyys ja sen perusteella suunnitellaan huollot, kunnossapidon toimet sekä varaosien tarve. (Ramentor oy, 2012)

Teollisuudessa laitteiden kriittisyyden selvittämiseksi käytetään PSK 6800 standardia (Inkeroinen 2011). Kriittisyysarvot on jaettu A-, B-, C- ja D-luokkiin taulukon 1 mukaan. Taulukon arvot on tässä sovitettu sopivaksi paperitehtaan laitteille. Aluksi on tarkasteltu lyhyen kierron kriittistä laitetta ja saatu jokin kriittisyyden arvo. Tämän perusteella on päätetty kriittisyysluokan A arvo. Kriittisyysluokille on asetettu rajat, jotta luokittelu onnistuisi. Laite on kriittinen, mikäli sen kriittisyyden arvo ≥ 900 . Kriittisyys B saadaan kriittisyyden arvon ollessa 700 – 899 sekä kriittisyyteen C päädytään arvoilla 400 – 699. Laite ei ole kriittinen, kun sen kriittisyysarvo on 0 – 399 ja näin ollen ABC-tunnus on D.

Taulukko 1. Kriittisyysarvon ABC luokitus

ABC-tunnus	Kriittisyysarvo
A	900 -
B	700 – 899
C	400 – 699
D	0 – 399

Seuraavaksi on esitetty kriittisyydelle määritetty kaava. Kaavaan on otettu tärkeimmät kriittisyyteen vaikuttavat arvot. Kriittisyyden laskemiseen käytetään korjaus- ja materiaalivahinkojen suuruutta M, tuotantomenetyksen suuruutta K, laatukustannusta Q, turvallisuusriski ja henkilövaaraa TH sekä ympäristöriskiä E. Kaavasta on jätetty pois tapahtuman todennäköisyys T, varalaitteen saatavuus VL ja varaosan saatavuus VO, kos-

ka nämä eivät tuo mielestäni lisäarvoa kriittisyydelle. Varalaitteet ja varaosat ovat kriittisiä, jos laite luokitellaan kriittiseksi. Kaava perustuu Inkeröisen (2011) opinnäytetyössä olevaan kaavaan, mutta sitä on muokattu vastaamaan paperitehtaan tarpeita. Kriittisyyden arvo määritellään

$$KR = (30 * M) + (100 * K) + (100 * Q) + (40 * TH) + (20 * E), \quad (1)$$

jossa M on korjaus- ja materiaalivahinko, K on tuotantomenetys, Q on laatukustannus, TH on turvallisuusriski ja henkilövaara sekä E on ympäristöriski.

Kriittisyyden arviointimenetelmät on kuvattu kahdeksan taulukon avulla. Kriittisyyden arvot ovat tapahtuman todennäköisyys T, korjaus- ja materiaalivahingon M, tuotannonmenetys K, laatumenetys Q, turvallisuusriski ja henkilövaara TH, ympäristöriski E, varalaitteen saatavuus VL ja varaosan saatavuus VO. Kuvauksille on määritelty eri painokertoimet PSK 6800 standardin mukaan. Painoarvo ja kuvaukset, jotka perustuvat Inkeröisen (2011) opinnäytetyöhön, on määritelty sopiviksi paperitehtaalalle. Tuotanto on paperitehtaan kriittisin tekijä ja toinen yhtä tärkeä on tuotettu laatu. Näin ollen tuotantomentyksen ja laatumenetyksen painoarvoiksi on valittu 100.

Taulukko 2 esittää vikaantumisvälin määrittämisen. Vikaantumisväli tarkoittaa laitteen vikaantumisväliä eli kuinka usein laitteessa on vikaa. Yksittäisten laitteiden huolto-ohjetta tehtäessä vikaantumisvälillä on suuri merkitys. Mitä useimmin laite vikaantuu, sitä useimmin ja tarkemmin sitä tarvitsee huoltaa. Vikaantumisvälit vaihtelevat useista kerroista vuodessa jopa yli 4 vuoden vikaantumisväliin. Vikaantumisvälin kertoimet ovat 1 – 5. Kerroin 5 tarkoittaa, että laitteen vikaantuminen tapahtuu 3 kertaa tai useammin kuin 3 kertaa vuodessa. Kerroin on 1, mikäli laite vikaantuu yli 4 vuoden välein.

Taulukko 2. Vikaantumisvälin T määrittäminen.

Vikaantumisvälin T määrittäminen	
T	Kuvaus
5	Laitteen vikaantuminen ≥ 3 kertaa vuodessa
4	Laitteen vikaantuminen 1 - 2 kertaa vuodessa
3	Laitteen vikaantuminen 1- 2 vuoden välein
2	Laitteen vikaantuminen 2 - 4 vuoden välein
1	Laitteen vikaantuminen yli 4 vuotta

Taulukossa 3 on esitetty korjaus- ja materiaalivahinkojen suuruuden määrittäminen. Tällä tarkoitetaan hajonneen laitteen korjauskuluihin sekä korjattavaan laitteeseen meneviä kuluja. Isojen laitteiden korjaus ja materiaalivahingot voivat olla suuret, joten on tärkeää ottaa ne huomioon kriittisyysanalyysiä tehtäessä. Korjaus- ja materiaalivahinkojen kertoimet ovat välillä 1 – 5 ja vahinkojen suuruudet vaihtelevat 1 000 – 50 000 euron välillä. Yli 50 000 euron korjaus- ja materiaalivahingoissa kertoimeksi saadaan 5. Alle 1 000 euroa maksavat vahingot saavat kertoimen 1.

Taulukko 3. Korjaus- ja materiaalihinkojen *M* määrittäminen.*Korjaus- ja materiaalihinkojen suuruuden M määrittäminen:*

M	Kuvaus
5	Korjaus- ja materiaalihinkojen suuruus > 50 000 €
4	Korjaus- ja materiaalihinkojen suuruus 10 000 - 50 000 €
3	Korjaus- ja materiaalihinkojen suuruus 5 000 - 9 999 €
2	Korjaus- ja materiaalihinkojen suuruus 1 000 - 4 999 €
1	Korjaus- ja materiaalihinkojen suuruus < 1 000 €

Taulukko 4 esittää tuotantomenetyksen määrittämisen. Tuotantomenetyks tarkoittaa laitteen hajoamisen yhteydessä paperikoneelle katkoa, joka kestää laitteen korjauksen ajan. Tuotantomenetyksen kertoimet merkitään luvuin 1 – 5 ja tuotantomenetyksen suuruus vaihtelee tunnista jopa yli 24 tuntiin. Kerroin 1 tarkoittaa, ettei tuotantomenetystä synny. Toisaalta kerroin 5 kuvaa yli 24 tunnin tuotantomenetystä.

Taulukko 4. Tuotantomenetyksen *K* määrittäminen.*Tuotantomenetyksen suuruuden K määrittäminen:*

K	Kuvaus
5	Tuotantomenetyksen suuruus yli 24 tuntia
4	Tuotantomenetyksen suuruus 8 - 16 tuntia
3	Tuotantomenetyksen suuruus 3 - 8 tuntia
2	Tuotantomenetyksen suuruus 1 - 3 tuntia
1	Ei tuotantomenetystä

Taulukko 5 esittää laatukustannuksen määrittämistä. Laitteen hajoaminen voi vaikuttaa paperin laatuun ja syntyy hylkyä. Paperin laatu on yksi tärkeimmistä ominaisuuksista myös jatkokäsittelyn kannalta. Laatukustannuksen kertoimet ovat 0 - 4. Laatukustannus kuvataan tuotantomenetyksenä, joka vaihtelee tunnista yli kahdeksaan tuntiin. Kertoimen arvoksi saadaan 0, jos laitteen toimimattomuus ei vaikuta laatukustannuksiin. Laatukustannuksen kertoimen arvoksi saadaan 4, mikäli laitteen toimimattomuus tuottaa yli 8 tunnin laatukustannuksen.

Taulukko 5. Laatukustannuksen *Q* määrittäminen.*Laatukustannuksen Q määrittäminen:*

Q	Kuvaus
4	Laitteen toimimattomuus tuottaa yli 8 tunnin laatukustannuksen
3	Laitteen toimimattomuus tuottaa 3 - 8 tunnin laatukustannuksen
2	Laitteen toimimattomuus tuottaa 1 - 3 tunnin laatukustannuksen
1	Laitteen toimimattomuus tuottaa alle tunnin laatukustannuksen
0	Laitteen toimimattomuus ei vaikuta laatukustannuksiin

Taulukko 6 esittää turvallisuusriskin ja henkilövaaran määrittämisen. Laitteen korjaus tai hajoaminen voi aiheuttaa turvallisuusriskin ja henkilövaaran, joten kriittisyyden kan-

nalta myös tämä on tärkeä asia. Laitteen hajoamisen riskit on tiedettävä ja korjattaessa on turvallisuuteen kiinnitettävä erittäin paljon huomiota. Turvallisuusriskin ja henkilövaaran kertoimet ovat asteikolla 0, 2, 4, 8, 16. Kerroin 0 tarkoittaa, ettei turvallisuusriskiä eikä henkilövaaraa ole. Kerroin 16 taas kertoo vakavasta turvallisuusriskistä tai henkilövaarasta.

Taulukko 6. Turvallisuusriskin ja henkilövaaran TH määrittäminen.

<i>Turvallisuusriskin ja henkilövaaran TH määrittäminen</i>	
TH	Kuvaus
16	Vakava turvallisuusriski tai henkilövaara
8	Merkittävä turvallisuusriski tai henkilövaara
4	Kohtalainen turvallisuusriski tai henkilövaara
2	Vähäinen turvallisuusriski tai henkilövaara
0	Ei turvallisuusriskiä eikä henkilövaaraa

Taulukko 7 esittää ympäristöriskin määrittämisen. Ympäristöriskillä voidaan ajatella tarkoitettavan esimerkiksi laitteen tulipaloa tai laitteen öljyvuotoa. Tämä on myös tärkeä asia kriittisyyden kannalta, koska ympäristöriskin seuraukset voivat olla kohtalokkaita. Ympäristöriskin kertoimet ovat asteikolla 0, 2, 4, 8, 16. Mikäli ympäristöriskiä ei ole, kerroin on 0. Vastaavasti kerroin 16 tarkoittaa vakavaa ympäristöriskiä.

Taulukko 7. Ympäristöriskin E määrittäminen.

<i>Ympäristöriskin E määrittäminen:</i>	
E	Kuvaus
16	Vakava ympäristöriski
8	Merkittävä ympäristöriski
4	Kohtalainen ympäristöriski
2	Vähäinen ympäristöriski
0	Ei ympäristöriskiä

Taulukko 8 esittää varalaitteen saatavuuden määrittämisen. Varalaitteen saatavuudella tarkastellaan, onko varalaite tehtaan varastossa vai onko varalaitta ollenkaan saatavilla. Laitteen vikaantuessa korjaus nopeutuu huomattavasti, mikäli varalaite on tehtaan varastossa. Varalaitteen saatavuuden kertoimet ovat 0 – 5. Kerroin 0 tarkoittaa varalaitteen olemassaoloa varastossa. Vastaavasti varalaitetta ei ole saatavilla, kun kerroin on 5.

Taulukko 8. Varalaitteen saatavuuden VL määrittäminen.

Varalaitteen saatavuuden VL määrittäminen:

VL	Kuvaus
5	Varalaitetta ei saatavilla
4	Varalaite saatavilla useiden viikkojen toimitusajalla
3	Varalaite saatavilla 3 - 5 vuorokauden toimitusajalla
2	Varalaite saatavilla 1-2 vuorokauden toimitusajalla
1	Varalaite Pietarsaareissa saatavissa pienellä viiveellä
0	Varalaite varastossa

Taulukko 9 esittää varaosan saatavuuden määrittämistä. Kriittisillä laitteilla varaosien on löydettävä tehtaan varastosta, jotta laitteen vikaantuessa korjaamisen voi aloittaa välittömästi. Tässä tarkastellaan, riittääkö varaosien saatavuus Pietarsaaren alueella vai kestääkö varaosan toimitus useita päiviä. Laitteen kriittisyys määrittää varaosien kriittisyyden. Varaosan saatavuuden kertoimet ovat 0 – 3. Kerroin 0 tarkoittaa, että varaosat ovat tehtaan varastossa. Vastaavasti 3 tarkoittaa varaosien saatavuutta useiden viikkojen toimitusajalla.

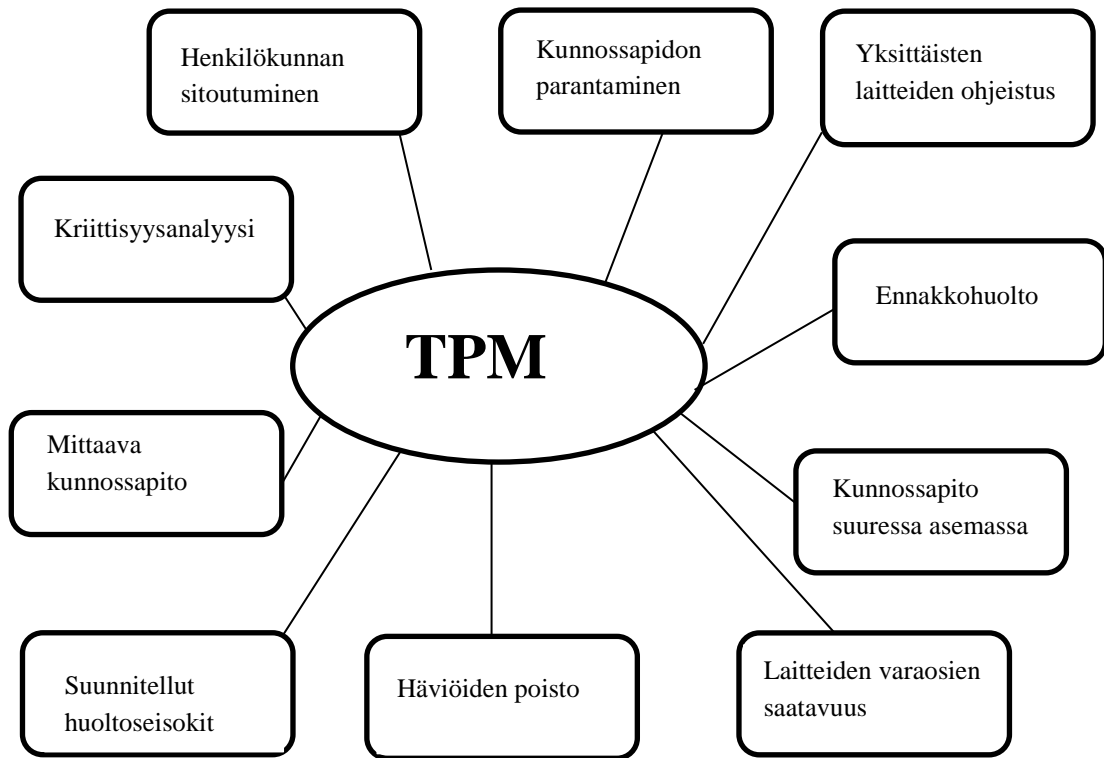
Taulukko 9. Varaosan saatavuuden VO määrittäminen.

Varaosan saatavuuden VO määrittäminen:

VO	Kuvaus
3	Varaosa saatavilla useiden viikkojen toimitusajalla
2	Varaosa saatavilla 3-5 vuorokauden toimitusajalla
1	Varaosa saatavilla 1 vuorokauden toimitusajalla
0	Varaosa varastossa

4.2 Tuottava kunnossapito eli TPM

Kriittisyysanalyysi on osa tuottavaa kunnossapitoa eli TPM:ään. TPM on laaja käsite ja sen tavoitteena on parantaa muun muassa kunnossapidon tehokkuutta. Sen käynnistäminen yrityksessä vaatii sitoutumista sekä johdolta että asentajilta. Täydellisen tuottavan kunnossapidon saavuttaminen voi viedä useita vuosia, koska se vaatii aikaa ja pitkäjännitteistä työtä. Tavoitteena on koko henkilöstön sitoutuminen TPM:ään. Kuva 29 esittää TPM:n keskeiset osat ja siihen kuuluvia aiheita. Kunnossapidon toimintoja kehitetään sekä luodaan yksittäisille laitteille niiden koko käyttöiälle kunnossapitosuunnitelma. Tuottavassa kunnossapidossa pyritään poistamaan tai parantamaan häiriötekijöitä, joita ovat laitteiden vikaantuminen, tuotantoa hidastavat laitteet tai laatuvirheisiin johtavat seikat. (Viismaa, 2008, s. 17 – 22)



Kuva 29. Tuottavan kunnossapidon aiheet.

Tuottavassa kunnossapidossa pyritään viidellä eri tavalla poistamaan suunnittelemtomia huoltoseisokkeja. Nämä viisi tapaa ovat normaalit kunnossapitotoiminnot, pitää kiinni oikeista toimintatavoista, heikkouksien palauttaminen, heikkojen muotoilujen parantaminen sekä toimintojen ja kunnossapitotapojen parantaminen. Normaleilla kunnossapitotoiminnoilla tarkoitetaan esimerkiksi voitelua ja laitteiden puhdistusta. Nämä toiminnot kuuluvat jokapäiväiseen kunnossapitotoimintaan. Laitteiden huollossa on erittäin tärkeää tehdä oikeat toimenpiteet. Väärät toimenpiteet voivat johtaa laitteen ennenaikaiseen rikkoutumiseen. Esimerkiksi mekaanisten tiivisteiden vaihtoon on käytettävä oikeaa toimintatapaa, jotta se ei alkaisi vuotamaan. Erilaisten testausten kautta voidaan seurata ja etsiä laitteiden heikkouksia. Samalla voidaan myös perustaa erilaisia korjaustapoja laitteelle. Huonojen muotoilujen parantamisessa pyritään tunnistamaan laitteiden heikot kohdat ja muuttamaan laitetta kestävämmäksi. Tietyissä käyttökohteissa voidaan mahdollisesti vaihtaa lamellikytkin hammaskytkimeen, mikäli lamellikytkin ei ole kestävä kyseisessä käyttökohteessa. Kunnossapitotapojen ja toimintatapojen parantaminen on tärkeää tulevaisuuden kannalta. Mitä tehokkaampia toimintatapoja löydetään, sen parempaa ja tehokkaampaa huoltaminen on. Parempia toimintatapoja pyritään löytämään jatkuvasti, jotta huoltotoimenpiteet olisivat tehokkaammat. Hyvä esimerkki kunnossapitotoimintatapojen parantamiseen on yksittäisten laitteiden toiminta-ohjeet. (Nakajima, 1988, s. 37 – 44)

TPM:n kehittämisen viisi toimintoa ovat kuuden häviön poistaminen, autonominen kunnossapito-ohjelma, kunnossapidolle aikataulutettu kunnossapito-ohjelma, henkilökunnan taitojen parantaminen ja laitteiden hallintaohjelma. Edellä mainitut toiminnot vaihtelevat yritysten välillä, koska jokaisella yrityksellä on erilaiset ongelmat laitteiden kanssa. Kuusi suurinta häviötä ovat laiteviat, erilaiset säädöt, seisokit, alhainen tuotanto, prosessiviat sekä alennettu tuottavuus. Laiteviat saadaan poistettua ennakkohuollon sekä korjauksien avulla. Erilaiset säädöt vaikuttavat jatkuvasti tuotantoon, joten pyritään löytämään paras mahdollinen arvo, ettei laitetta tarvitse säätää jatkuvasti. Turhia seisokkeja pyritään vähentämään, mikä tarkoittaa suunniteltuihin seisokkeihin siirtymistä. Alhaisen tuotantonopeuden välttämiseksi pyritään parantamaan sekä helpottamaan prosessin tai laitteiden säätömahdollisuuksia. Prosessivikojen poistamiseen voidaan vaikuttaa kouluttamalla henkilökuntaa. Erilaisten analyysien avulla pyritään poistamaan alennettua tuottavuutta. Autonomisella kunnossapito-ohjelmalla tarkoitetaan esimerkiksi laitteiden automaattivoiteluun siirtymistä, Sensodecin on-line -mittauksia sekä analysointityökaluja. Aikataulutetuilla kunnossapito-ohjelmilla tarkoitetaan ehkäisevää kunnossapitoa. Suunnittelemattomista seisokeista tehdään suunnitelmia sekä parannetaan laitteen muotoilua, jotta laitteen kestoikä saadaan pidennettyä. Tunnistetaan laitteiden heikkoudet ja tehdään laitteille koko eliniän pituiset huolto-ohjeet. Henkilökunnalle pidetään erilaisia kunnossapidon koulutuksia, jotta he pystyvät tehostamaan ja parantamaan omia työtapojaan. Laitteiden hallinta-ohjelmia suunnitellaan pienissä ryhmissä, jotta saadaan omalle tehtaalle sopiva ohjelma. Suunnittelussa analysoidaan laitteita sekä mietitään, mikä olisi kyseiselle laitteelle soveltuva ohjelma. (Nakajima, 1988, s. 49 – 52)

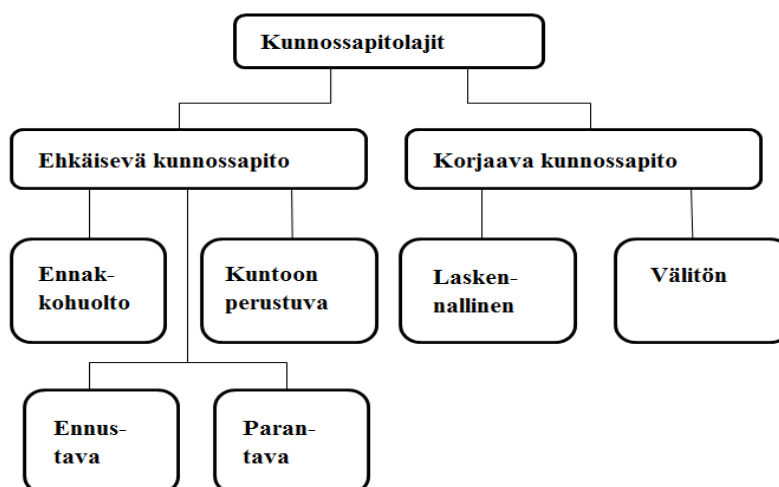
4.3 Kunnossapito ja ennakkohuolto

Kunnossapito ja ennakkohuolto ovat erittäin laajoja käsitteitä. Jokaisessa yrityksessä tarvitaan tavalla tai toisella kunnossapitoa. Tietyissä yrityksissä on tarve omalle kunnossapitoryhmälle ja osalla yrityksistä kunnossapito on ulkoistettu. Kunnossapidon tarkoituksena on huoltaa laitteita, koneita sekä rakennuksia. Kunnossapito on tärkeä osa pape-ritehdasta, jotta tuotanto pysyy käynnissä sekä asiakkaalle toimitettava tuote on vaatimusten mukainen. Tuotannollisessa kunnossapidossa tehdään esimerkiksi määrittelyjä huoltoja, korjaustoimenpiteitä ja uudistuksia laitteille tai koneille sekä suoritetaan kunnan valvontaa. Kunnossapidolla varmistetaan myös laitteen tai koneen toimintakyvyn säilyminen. (Opetushallitus)

Kunnossapito voidaan jakaa kahteen osaan eli ehkäisevään ja korjaavaan kunnossapitoon. Ehkäisevä kunnossapito jakautuu edelleen ennalta määrättyyn, kuntoon perustuvaan, ennustavaan sekä parantavaan kunnossapitoon. Korjaava kunnossapito taas jakautuu laskennalliseen ja välittömään kunnossapitoon. Ehkäisevässä kunnossapidossa työtehtävät tehdään ennalta määrättyin väliajoin, minkä avulla pyritään vähentämään laitteen ennenaikaista rikkoutumista. Ennalta määrättyssä kunnossapidossa suoritukset teh-

dään tietyin väliajoin. Esimerkkinä mainittakoon paperitehtaalla kerran viikossa tehtävät huoltokierrokset. Suoritettavia toimenpiteitä ovat muun muassa laitteiden puhdistus, korjaus tai voitelu. Kuntoon perustuvassa kunnossapidossa laitteiden kunto tarkastetaan tietyin väliajoin tai tarvittaessa. Laitetta seurataan esimerkiksi on-line -mittauksilla, joiden perusteella tehdään tarvittavat korjaustoimenpiteet. Ennustava kunnossapito tarkoittaa toimenpiteiden tekemistä analyysin ja arvioinnin jälkeen. Myös on-line -mittaukset voidaan ajatella kuuluvan ennustavaan kunnossapitoon. Yksittäisen laitteen kunto analysoidaan mittaustuloksien perusteella, minkä jälkeen tehdään päätös toimenpiteistä. Parantava kunnossapito tehdään myös analyysin, arvioinnin sekä omien kokemusten perusteella. Laitteita pyritään parantamaan, mutta niiden toimintaa ei muuteta. Parannuksella tarkoitetaan esimerkiksi huoltoon tarkoitettujen työkalujen tai toimintatapojen parantamista. Parantavaa kunnossapitoa on myös laitteen heikon kohdan tunnistaminen tai löytäminen ja sen kohdan parantaminen. Parannustoimenpiteiden ansiosta laitteen rikkoutuminen voidaan mahdollisesti estää ja samalla nostetaan laitteen kestoikää. (SSG standard solution group, 2011)

Korjaavassa kunnossapidossa korjaus tapahtuu laitteen rikkoutumisen jälkeen. Korjaava kunnossapito jakautuu laskennalliseen ja välittömään kunnossapitoon. Laskennallisessa kunnossapidossa laitteiden korjauksia ei suoriteta välittömästi, kun ongelma havaitaan, vaan suunnitellaan korjaukselle sopiva ajankohta. Näin voidaan tehdä, mikäli laite ei ole tuotannon kannalta kriittinen. Välitön korjaus tehdään heti, kun laitteen rikkoutuminen havaitaan. Laitteen rikkoutuminen saattaa vaikuttaa tuotantoon, joten laite pitää korjata välittömästi. Laite voidaan joko vaihtaa tai korjata väliaikaisesti, jotta tuotanto saadaan jatkumaan. Kuva 30 esittää eri kunnossapitolajit. Kuva havainnollistaa kunnossapitolajien jakautumisen ehkäisevään ja korjaavaan kunnossapitoon. Korjaava kunnossapito jakautuu edelleen laskennalliseen ja välittömään kunnossapitoon. Ehkäisevä kunnossapito jakautuu vastaavasti ennakkohuoltoon, kuntoon perustuvaan, ennustavaan ja parantavaan kunnossapitoon. (SSG standard solution group, 2011)

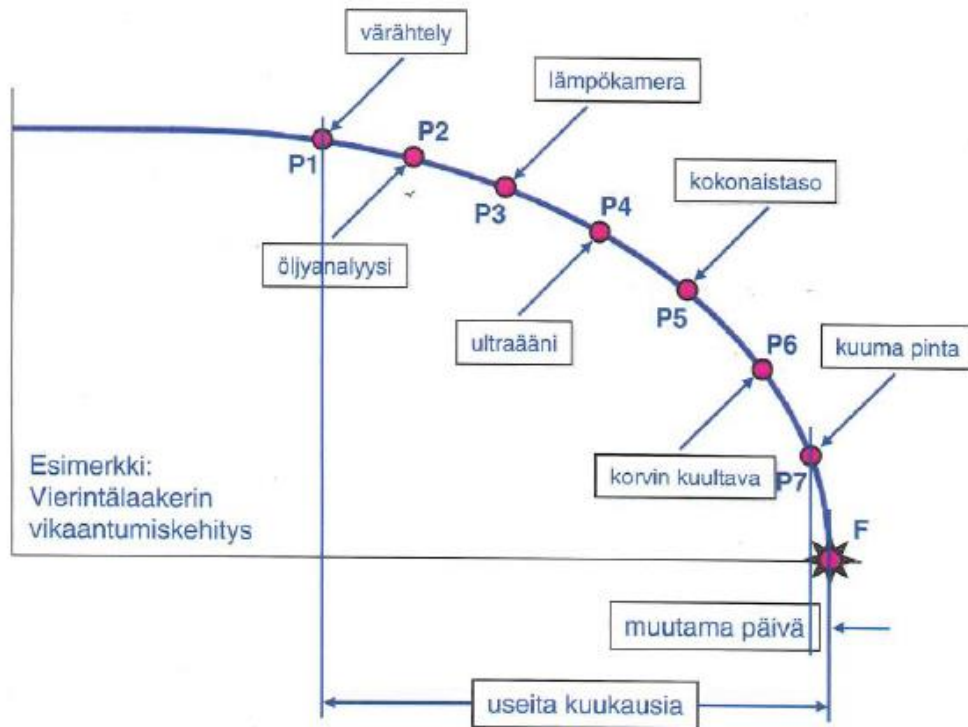


Kuva 30. Kunnossapitolajit.

Huoltotyöt pyritään ennakoivassa kunnossapidossa tekemään suunnitellusti ja aikataulutetusti. Ennakkohuoltoa täytyy jatkuvasti suunnitella ja parantaa sekä miettiä käytettäviä resursseja. Ennakkohuolto vaatii resursseja, koska laitteiden tarkastus vie oman aikansa. Laitteille tehdään suunniteltuja toimenpiteitä niiden toimivuuden takaamiseksi. Ennakkohuollon avulla löydetään laitteen viat sekä ennaltaehkäistään laitteiden rikkoutumisen aiheuttamat tuotantokatkokset. Laitteen alkavat vikaantumiset pystytään havaitsemaan ennakkohuollon avulla hyvissä ajoin ennen laitteen rikkoutumista. (Kuitunen, 2015, s. 17 – 18)

Pietarsaaren paperitehtaalla asentajat tekevät perjantaisin perjantaikierroksen, jonka tarkoituksena on tarkkailla laitteita ja tehdä mahdolliset toimenpiteet ohjeiden mukaisesti. Perjantaikierrokset ovat ennakkohuoltoa, jonka avulla ennaltaehkäistään laitteen ennen aikaista hajoamista ja pidennetään samalla laitteen elinikää. Kullekin laitteelle tehdään yksittäiset ennakkohuoltosuunnitelmat sekä toimintaohjeet laitteen tarkastukselle. Ohjeet tehdään hyvin yksinkertaisiksi, jotta ne olisivat helposti ymmärrettävissä.

Paperitehtaalla on käytössä on-line -mittausjärjestelmä Sensodec, CSI:n kannettava mittalaite ja mittalaitteen datan analysointiohjelma. Sensodec mittaa värähtelyanturilla laitteiden eri taajuuksia. Kannettavalla mittalaitteella käydään läpi laitteelle ennalta määrätty reitti. Reittiin kuuluvat vaihdelaatikot, pumput sekä moottorit. Mittauksien jälkeen tiedot ladataan tietokoneelle, jossa mitatut tiedot analysoidaan. Mittauksien avulla saadaan selville laitteen mahdolliset viat eikä laite näin ollen pääse hajoamaan äkillisesti. Kuva 31 esittää erilaisia mittausmenetelmiä, joita laitteille voidaan tehdä. Yleisimpiä mittausmenetelmiä on värähtely, öljyanalyysi, lämpökamera, korviin kuuluva ääni sekä pinnan kuumuuden tarkistus. Värähtelymittaus on eniten käytetty menetelmä, koska sen avulla laitteen vikaantuminen voidaan havaita useita kuukausia etukäteen. Värähtelymittaus on käytössä Pietarsaaren paperitehtaalla. Laitteen kuuma pinta voidaan havaita helposti, mutta siinä vaiheessa laitteen korjaaminen voi olla jo liian myöhäistä. Öljyanalyysin tekeminen on myös melko yleinen tapa mitata laitteen kuntoa. Öljystä otetaan näyte, joka lähetetään esimerkiksi Nesteelle analysoitavaksi. Analyysissä saadaan selville, mikäli öljyn seassa on vettä, partikkeleita tai muita epäpuhtauksia. Analyysin perusteella tehdään päätös öljyn vaihtamisesta. (Nohynek, 2007, s. 23 – 29)



Kuva 31. Laitteille tehtävät mittaussuunnitelmat (Nohynek, 2007, s, 23).

Kunnossapidossa tekniikka kehittyi koko ajan. Eri huoltotoimintojen ulkoistaminen on yleistynyt monissa yrityksissä. Laitteiden informaation etsimiseen ja saamiseen käytetään nykyään paljon langatonta tekniikkaa sekä pilvipalveluita. Nämä tarvitsevat jatkuvaa kehitystä. Erilaisen tiedon hankinta nopeutuu ja tietoa on saatavilla joka paikassa esimerkiksi kännykän kautta. Laitteiden vikaantuminen on helpommin havaittavissa erilaisten tekniikoiden avulla. Huoltotoimenpiteiden suunnittelu on näin ollen helpompi toteuttaa, eivätkä laitteet hajoa äkillisesti. Henkilöstön koulutukseen on myös panostettava tulevaisuudessa tekniikan kehittyessä. Henkilöstön on osattava käyttää ja hyödyntää uusia kunnossapidon järjestelmiä, jotta työnteko on tehokasta. (Putkiranta, 2014)

4.4 Varaosat

Varaosien kriittisyys perustuu laitteiden kriittisyyteen. Tämä tarkoittaa sitä, että laitteen ollessa kriittinen, myös sen varaosat ovat kriittisiä. Varastossa voi olla joko koko laite tai laitteen varaosat laitteen kriittisyydestä riippuen. Kriittisen laitteen varalaitte on oltava varastossa, koska sen vaihto pitää tapahtua mahdollisimman pikaisesti laitteen hajoessa. On myös mahdollista pitää laitteen varaosia varastossa. Esimerkiksi lyhyen kierroksen pumpulla pitää olla kaikki tarvittavat varaosat varastossa, jotta se voidaan tarvittaessa koota. Toinen vaihtoehto on pitää kokonainen pumppu varastossa.

Laitteiden tunnistamiseen voidaan käyttää monia eri järjestelmiä kuten esimerkiksi RFID (Radio-frequency identification) ja viivakoodi. Viivakoodi on jo pitkään käytössä ollut tunnistustapa. RFID on radiotaajuudella lähetettävä signaali, jonka kautta esimerkiksi laitteen tiedot saadaan selville. Viivakoodilla ja RFID:llä on kummallakin oma koodinsa, joka identifioi laitteen. RFID on etäluettava, joten se nopeuttaa tietojen saantia. Kyseinen tunnistin asetetaan laitteen kylkeen, josta tieto on helposti luettavissa. Laitteen tiedot voidaan lukea esimerkiksi tabletilta. Tabletille pitäisi saada näkyviin laitteen perustiedot, varaosat, piirustukset sekä yksittäiset huolto-ohjeet. Tämän avulla tiedon saanti nopeutuisi ja aikaa säästyisi huomattavasti. Nykyään laitteiden tiedot joudutaan lukemaan tietokoneelta. Siirtyminen laitteelta korjaamon tietokoneelle, josta laitteen tiedot etsitään, vie paljon aikaa, joten nopeampi tapa olisi lukea tiedot tabletilta laitteen vieressä. Varastossa RFID lukulaite olisi todella tehokas. Varaosassa olisi kiinni tunnistin ja varaston ovien vieressä olisi lukulaite. Lukulaiteen avulla saataisiin luettua varaosan tiedot ja saldomuutoksen. Ilmoitus haetusta varaosasta ja sen tiedoista menisi suoraan järjestelmän kautta työjohtajalle. (Kuitunen, 2015, s. 52 – 53)

BillerudKorsnäsillä on käytössä IFS-kunnossapitojärjestelmä, jonka avulla voidaan etsiä laitteiden varaosat, niiden varastopaikat, piirustukset, laitteille tehdyt vikailmoitukset sekä laitteiden muut tiedot. Paperitehtaan jokaisella laitteella on oma nimikenumerosa, joka identifioi kyseisen laitteen. Laitteiden perustiedoista päästään myös näkemään niiden kriittisyyden ABC-luokitus. Jokaisella laitteella on oma varaosalista, josta nähdään tarvittavat varaosat. Varaosan alta löytyy myös varastopaikka, joka kertoo keskusvarastossa sijaitsevan varastopaikan varaosalle. Ennen kuin varaosa haetaan varastosta, sille pitää tehdä ostotilaus. Varaosan nimike laitetaan työtilaukseen, mikä vähentää samalla varastosaldoa.

Osa paperitehtaan tarvitsemista varaosista on valmiiksi omassa varastossa tehdasalueella, osa on UPM:n omistuksessa tehdasalueen varastossa, osa Pietarsaaren varaosamyymyjillä ja osa muilla jälleenmyyjillä Suomessa tai ulkomailla. Varaosien hallinta ei ole yksinkertainen asia, koska varaosia on todella paljon. Varaosat luokitellaan laitteiden kriittisyyksien mukaan. Kriittisimpien laitteiden varaosat pitää olla tehdasalueen varastossa, jotta ne saadaan nopeasti paperitehtaalte laitteen hajoamisen yhteydessä. Varastossa on oltava esimerkiksi sellaisten laitteiden varaosat, jotka hajoavat useasti tai varaosien toimitusaika on pitkä. Osalle laitteista on myös oltava koko laite varalla, esimerkiksi mainittakoon lyhyen kierron vaihteistot. Laitteiden korjaamista saadaan nopeutettua huomattavasti, kun koko laite on varalla. Myös tietyt varaosat, jotka löytyvät varaosamyymyjiltä Pietarsaaren alueelta, voidaan saada paperitehtaalte pienellä viiveellä. Esimerkiksi osa laakereista saadaan lyhyellä varoitusajalla paikalliselta Toolsilta, joten niitä ei tarvitse välttämättä pitää varastossa. Erikoiset varaosat voivat olla valmistajilla ulkomailla. Nämä varaosat saadaan paperitehtaalte esimerkiksi parin päivän toimitusajalla. Osaa tarvittavista varaosista ei löydy valmiina. Ne joudutaan tilaamaan erikseen ja niiden toimitusaika voi olla useampia viikkoja.

5. KRIITTISTEN LAITTEIDEN ANALYSOINTI

5.1 Perälaatikon syöttöpumppu

Perälaatikon syöttöpumppu on yksi tärkeimmistä laitteista lyhyessä kierrossa. Pumppu pumppaa massan putkia pitkin perälaatikkoon, josta massa siirtyy edelleen viiraosalle. Perälaatikko koostuu pumpusta, vaihteesta, vaihteen voitelupumpusta ja kahdesta moottorista.

Haastattelussa kävi ilmi, että perälaatikon syöttöpumpun laitteet ovat kriittisiä ja viimeaikoina ne ovat toimineet hyvin. Historiatiedoistakaan ei ilmennyt suurempia korjaustoimenpiteitä tai vikailmoituksia. Pumpun voitelurasvan annostelu on tarkistettu ja säädetty vuonna 2014. Vaihde on tarkastettu ja vaihdettu vuonna 2010. Vaihteen voitelupumpun jäähdytin on putsattu ja öljynsuodatin vaihdettu vuonna 2014. Moottorissa 1 ei ole ollut historiatietojen perusteella vikaa, mutta moottori 2 puolestaan on korjattu 2010 ja vaihdettu ulkokehävian vuoksi vuonna 2015.

Ennakkohuollon avulla laite on saatu pidettyä pitkään toimintakunnossa. Molempien moottorien sekä pumpun laakerien voitelu on toteutettu automaattivoitelulla. Laitteille menevän rasvan määrä on oltava juuri oikea. Liika rasva kuumentaa laakereita ja vastaavasti liian pieni rasvan määrä vaurioittaa laakerin. Automaattivoitelun toiminta tarkistetaan kerran vuodessa. Tarkastusväliä pitäisi tihentää ja tarkistukset pitäisi tehdä puolen vuoden välein. Automaattivoitelun ansiosta rasvausta ei tarvitse tehdä käsin. Laitteiden rasvaus käsin veisi paljon aikaa, jolloin tarvittaisiin lisää resursseja. Vaihteen öljy ja suodatin vaihdetaan vuoden välein. Samalla vaihdetaan myös vaihteen huohotin. Öljynvaihdon yhteydessä pitäisi putsata tai vaihtaa mittalasi, koska on tärkeää nähdä silmämääräisesti öljyn laatu sekä öljyn taso. Taajuusmuuntajat huolletaan säännöllisesti 260 viikon välein. Vaihteen öljyjäähdyttimien putsaus on ennakkohuoltomielessä tärkeää ja se putsataan nykyään vain tarvittaessa. Kesäisin sisälämpötila on korkea, joten öljyjäähdyttimen putsaus pitäisi toteuttaa keväisin kevätseisokissa. Moottorin ja pumpun laakerien lämpötilamittaus on myös erittäin tärkeää, koska laakeri voi mahdollisesti vaurioitua korkeassa lämpötilassa. Moottori voi myös vikaantua käydessään liian kuumana. Moottorin lämpötilaa ei mitata, joten se tullaan toteuttamaan perjantaikierroksien tehtäessä erillisen kunnossapito-ohjeen mukaan.

Diplomityöhön kuuluu perjantaikierroksien kunnossapito-ohjeistuksen tekeminen. Sitä kutsutaan myös yksittäisten laitteiden kunnossapito-ohjeeksi. Perjantaisin tehdään ohjeen mukainen tarkastus kyseiselle laitteelle. Sähköasentajat tekevät moottoreille tarkastukset, koska he tietävät miten sähkömoottori pitää huoltaa ja mitä moottorin osia täytyy

varoa. Mekaanisen kunnossapidon asentajat tekevät vastaavasti tarkistukset vaihteelle ja pumpulle. Perälaatikon syöttöpumpulla on kaksi moottoria. Moottoreista mitataan lämpötila kolmesta kohdasta lämpökameralla. Laakerit löytyvät moottorin kummaltakin puolelta, joista lämpötila mitataan. Moottorin lämpötila mitataan myös sen keskeltä, koska siitä voidaan huomata, mikäli moottori on ylikuormittunut. Moottorin lämpötila on korkea, mikäli moottori on ylikuormitettu. Moottorin keskiosalta etsitään kuumin kohta ja saatu tulos kirjataan mittapöytäkirjaan. Samalla tarkistetaan myös moottoreiden tuuletusritilöiden ja ripojen puhtaus. Likakerros toimii lämpöeristeenä moottorille eikä lämpö pääse poistumaan moottorista. Vaihteen lämpötila mitataan lämpökameran avulla aina samasta paikasta. Samalla tarkistetaan myös vaihteen öljyn määrä. Vaihteeseen lisätään tarvittaessa öljyä. Vaihteen öljypumpun ritilät putsataan tarvittaessa liasta ja tarkistetaan jäähdetytyn öljyn lämpötila sekä paine. Saadut arvot kirjataan Exceliin, jossa muutoksia voidaan helposti seurata.

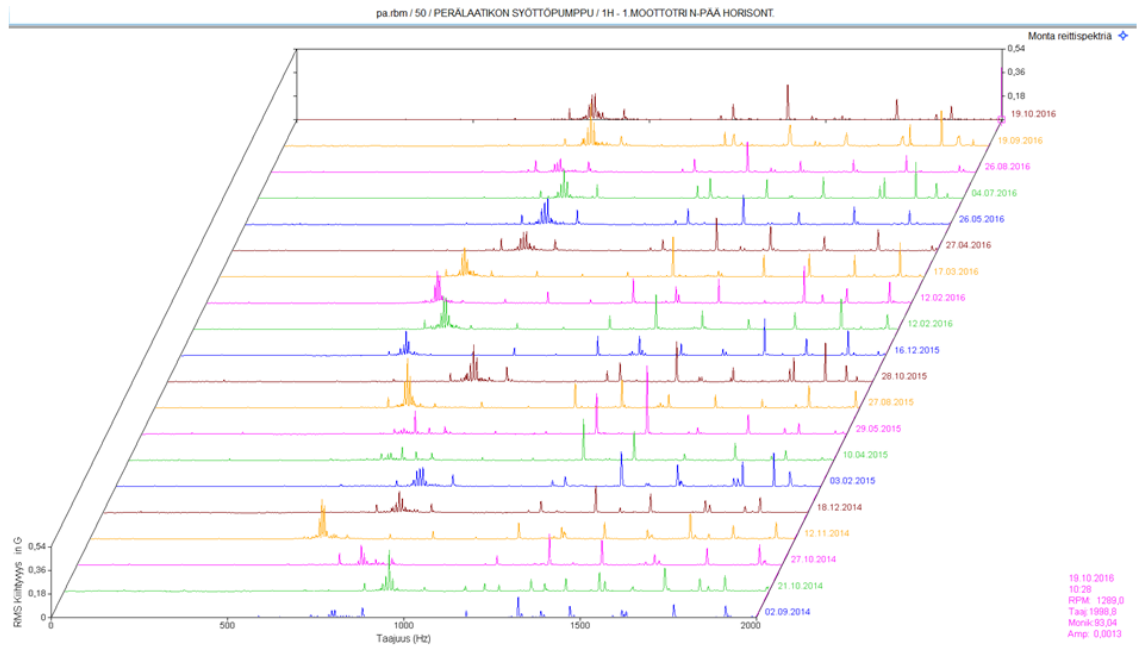
Pumpulla on kaksi laakeria molemmin puolin. Laakereiden lämpötila tarkistetaan lämpökameran avulla. Mitatut lämpötilat voivat kertoa esimerkiksi laakerien rasvan puutteesta. Myös tiivisteveden määrä sekä tiivistevesialtaan vedenpoisto tarkistetaan. Liian suuri tiivistevesimäärä voi aiheuttaa laakerin vaurioitumisen, jos vesi pääsee leviämään laakeriin. Tiivistevesialtaan tukkiutuessa vesi voi nousta akselin tasolle, jolloin vesi pääsee laakeriin. Vesi voi näin ollen vaurioittaa laakerin. Pumpun kavitaatio tarkistetaan kuuntelemalla. Kavitaatio kuulostaa siltä, että pumpussa pyörii hiekkaa tai kiviä. Laitteiden putket ja letkut tarkistetaan vuotojen varalta. Laitteiden ylimääräisiä värinöitä voidaan tunnistella käden avulla. Laitteiden irtonaiset tai puuttuvat pultit tarkistetaan silmämääräisesti. Edellä mainitut tarkistukset vievät aikaa, mutta tulos tullaan näkemään pitkällä aikavälillä laitteiden kestävyudessa. Kuva 32 esittää pientä osaa kunnossapito-ohjeesta yksittäisille laitteille. Kuvassa on ohjeet perälaatikon syöttöpumpun kummallekin moottoreille sekä vaihteelle. Kunnossapito-ohjeen mukaiset toimenpiteet pidentävät laitteen ikää sekä mahdollistavat laitteiden vikojen löytämisen.

joaminen pysäyttää tuotannon, joten laatumenetys on kuitenkin suuri. Öljyn kuumeneminen voi pahimmassa tapauksessa hajottaa vaihteen osat. Turvallisuus- ja henkilövaara on kohtalainen pumpussa ja moottoreissa, koska siellä on liikkuvia akseleita. Vaihteessa ja voitelupumpussa taas on alhainen turvallisuus- ja henkilövaara, koska niiden pyörivät osat on suojattu. Ympäristövaara on kohtalainen, koska laitteessa on öljyä, laakerit voi kuumentua ja syttyä pahimmassa tapauksessa palamaan. Vaihde sekä moottori ovat varastossa, mutta voitelupumppua ja syöttöpumppua ei varastosta löydy. Laitteen hajotesa niiden vaihtaminen voidaan aloittaa heti. Syöttöpumpulle ja vaihteelle löytyy varaosia varastosta, jotta ne saadaan koottua tarvittaessa. Moottoreihin ei löydy varaosia, mutta kokonainen moottori on varastossa. Laitteen hajoamiseen reagoidaan eri tavalla kriittisyydestä riippuen. Perälaatikon syöttöpumpun laitteet ovat kriittisiä, joten laitteiden korjaaminen aloitetaan heti. Korjaamiseen soitetaan ylitöihin asentajia, mikäli laitteen korjaamiseen tarvitaan apuja. Tuotanto on pysähtynyt korjaamisen ajaksi, joten on tärkeää saada laite korjattua mahdollisimman nopeasti.

Taulukko 11. Perälaatikon syöttöpumpun laitteiden kriittisyysanalyysi.

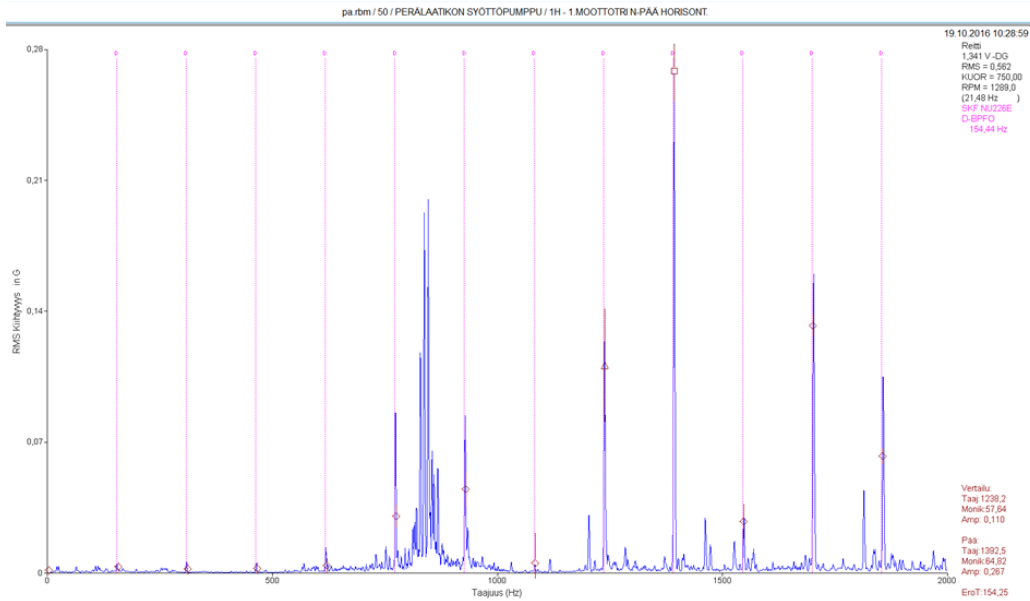
Laitte	Painokerroin -> Vikaantumisväli T(1-5)	30		100		40		20		Kriittisyys K	ABC- tunnus
		Korjaus ja materiaali kustannus M (1-5)	Tuotantomenetys P (0-4)	Laatukustannus Q (0-4)	Turvallisuus ja henkilövaara D (0-16)	Ympäristövaara E (0-16)	Varalaitteen saatavuus VL (0-5)	Varaosan saatavuus VO (0-3)			
Perälaatikon syöttöpumppu	1	4	5	4	4	4	4	4	0	1260	A
Vaihde	1	4	4	4	4	2	2	2	0	1040	A
Voitelupumppu	1	3	3	4	4	2	2	4	0	910	A
Moottori 1	1	4	4	4	4	4	4	0	3	1160	A
Moottori 2	1	4	4	4	4	4	4	0	3	1160	A

Moottoreita, vaihdetta ja pumppua mitataan kannettavalla CSI mittalaitteella. Tulokset analysoidaan tietokoneella ja verrataan mitattuja arvoja edellisiin. Kuvassa 33 on moottorin 1 kahden vuoden takaiset mittaukset. Mittauksista voidaan todeta, että joitakin signaaliampplitudeja on havaittavissa. Ilman tarkempaa analysointia ei voida todeta laitteen vikaa. Joudutaan katsomaan tarkemmin viimeisintä mittausta. Signaaliampplitudit huomataan olevan melkein samalla tasolla, mutta niiden paikat ovat siirtyneet hieman mittauksissa. Jokainen laite värähtelee aina hieman, mutta kyseisistä mittaustuloksista ei voida suoraan todeta laitteen vikaantuminen.



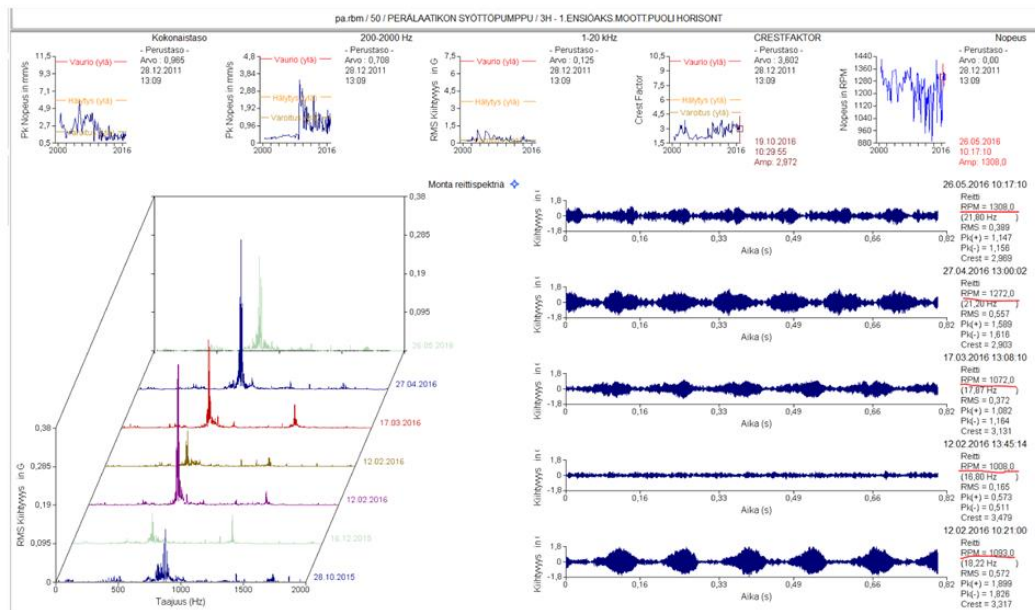
Kuva 33. Moottorin mittauksien historia.

Viimeisin mittaustulos on avattu, jotta analysointi onnistuisi paremmin. Mittaukset on esitetty 0 – 2000 Hz alueelta. Ohjelmaan on tallennettu valmiiksi eri vikataajuudet. Eri vikataajuudet täytyy kohdistaa mitattuihin arvoihin. Kuvassa 34 on esitetty moottorin 1 mittauksien signaalit. Punaiset pystysuuntaiset viivat esittävät tiettyä vikataajuutta. Voidaan todeta, että kyseinen vikataajuus sopii mitattuihin signaaleihin, koska ne ovat signaalien amplitudien kohdalla. Vikataajuus kertoo moottorissa olevan ulkokehävika. Amplitudit eivät ole vielä kovin suuret, joten moottoria voidaan vielä käyttää. Mittauksia on kuitenkin jatkettava, jotta laakerin ulkokehävika ei pahene. Mittauksien analysoinnissa on hankalaa määrittää vian suuruuden. Haastavaa on päättää, koska laitetta ei kannata enää käyttää sekä kuinka nopeasti vika täytyy korjata.



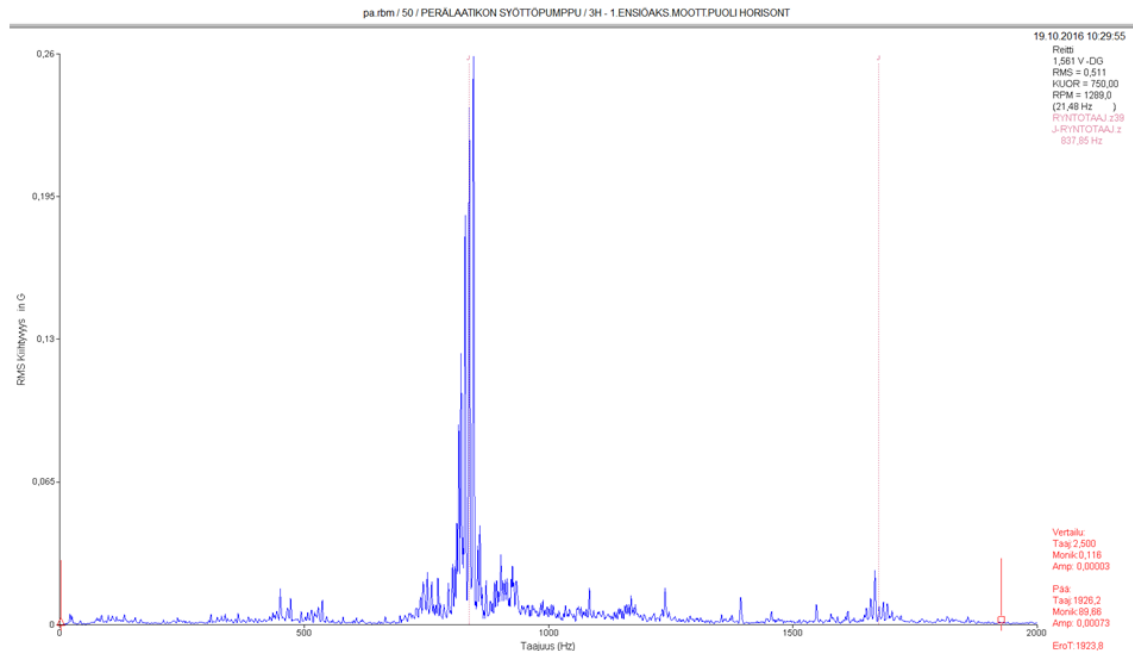
Kuva 34. Moottori 1mittauksien tarkentaminen.

Kuva 35 esittää perälaatikon syöttöpumpun vaihteen mittausten historiatiedot viimeisen vuoden aikana. Kuvan mittauksista voidaan nähdä korkeat taajuusamplitudit. Osalla mittauksista huomataan amplitudien olevan matalia ja osalla amplitudit ovat korkeita. Tarkasteltaessa mittausten tietoja voidaan huomata moottorin nopeuden muuttuminen eri mittauskerroilla. Taajuusamplitudit ovat korkeita, kun moottorin nopeus on korkea. Noin 1 000 RPM nopeuksilla vaihde toimii tasaisesti eikä suuria värähtelyjä havaita. Vaihde voi vahingoittua, jos ajetaan pitkään korkealla nopeudella. Vaihteen kestoikä olisi mahdollisesti pidempi, mikäli sen nopeus pidettäisiin noin 1 000 RPM.



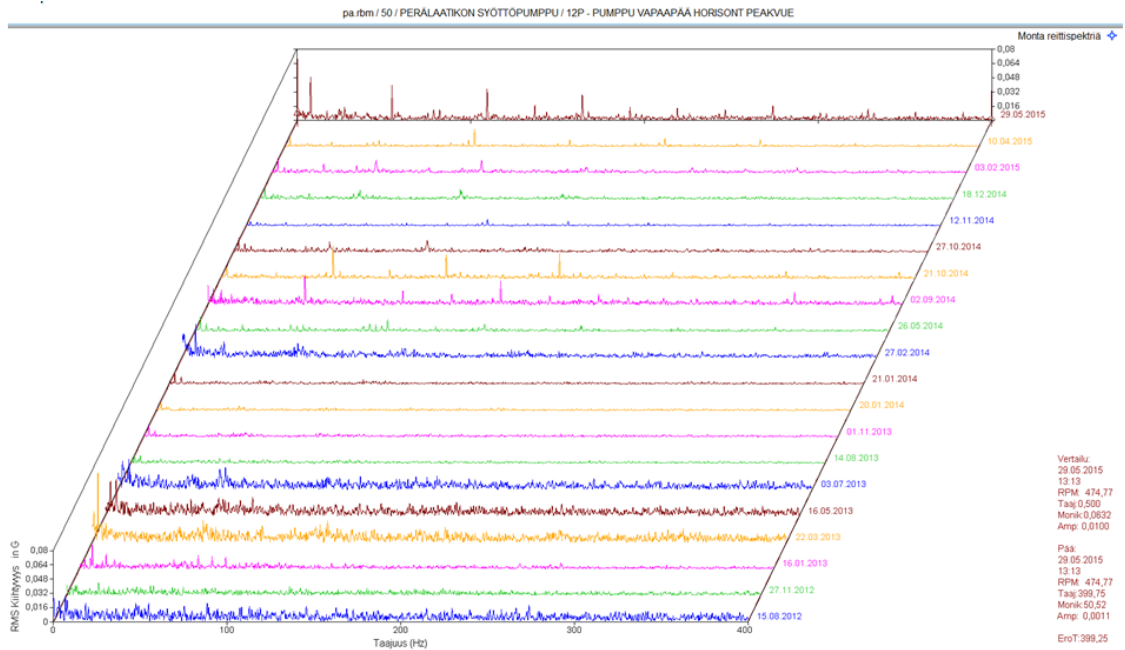
Kuva 35. Vaihdelaatikon mittausten historiatiedot.

Kuva 36 esittää tarkempia mittauksia vaihteelle. Järjestelmästä valittiin eri vikataajuudet ja tarkastetaan, mikäli ne saadaan kohdistettua mitattuihin signaaleihin. Suurimpiin amplitudeihin kohdistuu kaksi pystyviivaa. Ryntötaajuuden vikataajuudet huomataan kohdistuvan mitattuihin arvoihin. Muita vikataajuuksia ei saatu kohdistettua mitattuihin arvoihin. Ryntötaajuus ei ole vakava ongelma, joten korjaustoimenpiteitä ei tarvita. Moottorien nopeudet pitäisi pitää noin 1 000 RPM, jotta vaihteessa ei syntyisi ryntötaajuutta. Laitteen mittauksia joudutaan kuitenkin vielä tarkkailemaan, etteivät mittausravot pahene.



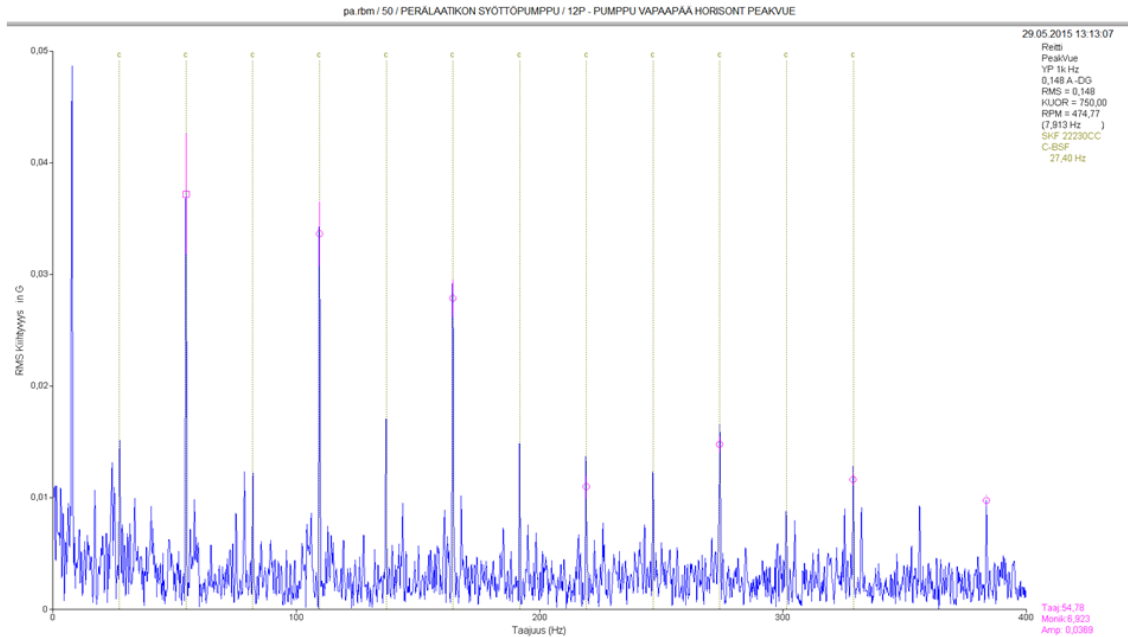
Kuva 36. Vaihteen mittauksien tarkentaminen.

Kuva 37 esittää pumpun mittauksien historiatietoja. Voidaan todeta, että suuria muutoksia mittauksien välillä ei ole. Mittauksissa huomataan paljonkin heilahteluja 3.7.2013. Siitä seuraavat mittaukset ovat melko tasaisia. Tämä tarkoittaa, että laitteen vika on saatu korjattua. Vika on voinut olla esimerkiksi liian pieni tai suuri laakerien rasvamäärä. Vika on korjattu, minkä jälkeen huomataan mittaussignaalien tasaantuneen. Keväällä 2015 huomataan mittauksissa jälleen eroja verrattuna edellisiin mittauksiin. Tähän on reagoitava, joten avataan mittaus tarkempaa analysointia varten.



Kuva 37. Pumpun mittauksien historiatiedot.

Edellisen kuvan 37 viimeisin mittaus on avattu tarkempaa analysointia varten. Kuva 38 esittää tarkemmat tulokset pumpun mittauksista. Jälleen kerran on järjestelmästä etsitty eri vikataajuuksia ja yritetty kohdistaa ne mitattuihin arvoihin. Lopulta löydettiin vikataajuus, joka sopii mitattuihin arvoihin. Mittauksen amplitudit osuvat himmeällä pystysuunnassa oleviin viivoihin. Voidaan siis todeta, että pumpussa on havaittavissa rullaviikaa. Laakerin rullassa voi mahdollisesti olla särö, joka osuu sekä sisä- että ulkokehään pyöriessään. Muita vikataajuuksia ei saatu kohdistettua mittausarvoihin. Nyt olemme tietoisia rullaviasta, joten voimme joko seurata tilannetta tai suunnitella laakerin vaihtoa seuraavaan pesuseisokkiin. Laakerit kannattaa vaihtaa ajoissa, ettei laite hajoa kokonaan.



Kuva 38. Pumpun mittaukset.

Värähtelymittaukset ovat todella tärkeä ennakkohuollon kannalta. Laitteiden hajoamista ei voitaisi muuten havaita ajoissa, mikäli mittauksia ei tehtäisi. Mittauksien luotettavuuden kannalta on tärkeää, että mittaukset suorittavat sama henkilö jokaisella kerralla. Näin ollen hän osaa pistää mittausanturin aina samaan paikkaan. Mittausarvot voivat poiketa toisistaan todella paljon, mikäli mittausanturi ei ole aina samassa paikassa.

5.2 Tärysihti

Tärysihti on yksi paperiprosessin lyhyen kierron laitteista. Massa syötetään tärysihtiin, jossa siitä puhdistetaan epäpuhtaudet. Ylimääräinen lika jää sihdin pinnalle, josta lika on helppo poistaa. Tärysihdin voidaan ajatella koostuvan kahdesta osasta, joita ovat tärysihti sekä sihti. Tärysihtiin kuuluu moottori ja vaihde, sihtiin taas kuuluu runko ja sihti.

Paperitehtaalla koneenhoitajille tehdyissä haastatteluissa kävi ilmi, ettei tärysihti ole kriittinen laite. Tuotanto ei pysähdy, jos laite hajoaa. Laitteen hajoamisella on vaikutusta paperin laatuun, joten se on korjattava mahdollisimman nopeasti. Historiatietojen perusteella tärysihdin moottori on hajonnut useasti, joten rikkoutumisen estämiseksi joudutaan miettimään uusia kunnossapitotoimenpiteitä. Sihdin kumipalkeet on vaihdettu vuonna 2010, tulokankaan vaihto vuonna 2010 ja 2013 sekä sihtilevy on vaihdettu vuosina 2012 ja 2013.

Taulukko 11 esittää tärysihdin kriittisyysanalyysiä. Tärysihdin kriittisyydeksi saatiin laskelmilla 860 ja sihdin kriittisyydeksi 830. Nämä kriittisyydet tarkoittavat ABC-tunnusta B. Tärysihdin vikaantumisväli on 4, joka tarkoittaa laitteen vikaantuvan 1 - 2

kertaa vuodessa. Korjaus- ja materiaalikustannukset ovat melko suuret, koska varaosat ovat kalliita. Laitteen hajoaminen voi pysäyttää tuotannon pahimmassa tapauksessa jopa kolmeksi tunniksi. Tuotanto voidaan joutua pysäyttämään, mikäli tuotannossa on puhtauden suhteen erittäin kriittinen paperilaatu. Laitteen hajoaminen voi tuottaa jopa 8 tunnin laatukustannuksen. Paperin laatu voi huonontua, jos tärysihti on rikki, joten paperin laadun heikkeneminen saattaa aiheuttaa hylkyä. Laadun kannalta tärysihdin toimiminen on tärkeää joten se on oltava toiminnassa koko ajan. Ympäristövaara on olemassa, koska tärysihdin moottorissa on öljyä, joka voi vuotaa massan sekaan. Moottori voi pahimmassa tapauksessa syttyä jopa palamaan ja aiheuttaa ympäristövaaran. Turvallisuus- ja henkilövaara on myös olemassa, koska massa on kuumaa ja sihdin pinnat ovat lämpöisiä ja ne voivat aiheuttaa palovammoja. Varalaite on saatavilla useiden viikkojen toimitusajalla. Korjaukseen vaativat varaosat löytyvät kuitenkin omasta varastosta, joten korjaustoimenpiteet päästään aloittamaan nopeasti.

Sihti vikaantuu harvoin, joten vikaantumisväliksi saatiin 4 vuotta ja sen korjauskustannukset ovat myös alhaiset. Tuotantomenetykset ja laatukustannus voi kuitenkin olla jopa 8 tuntia, koska sihdin hajoaminen tai vikaantuminen vaikuttaa paperin laatuun ja näin ollen syntyy mahdollisesti hylkyä. Myös sihdin vikaantuessa turvallisuus- ja henkilövaara on olemassa, koska massa on kuumaa ja voi aiheuttaa palovamman. Ympäristövaara on kuitenkin hyvin pieni, koska sihti ei vuoda esimerkiksi öljyä. Varalaite on saatavilla mahdollisesti useiden viikkojen toimitusajalla. Tarvittavat varaosat löytyvät kuitenkin varastosta, joiden avulla vikaantunut laite saadaan korjattua.

Taulukko 12. Tärysihdin kriittisyysanalyysi.

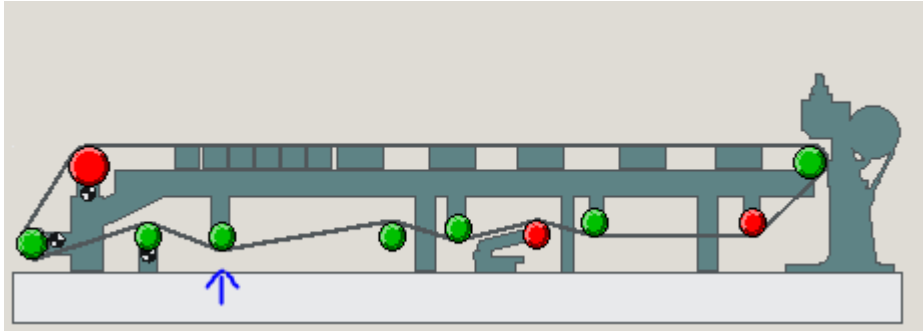
	Painokerroin ->	30	100	100	40	20					
Laite	Vikaantumisväli T(1-5)	Korjaus ja materiaali kustannus M (1-5)	Tuotantomenetykset P (0-4)	Laatukustannus Q (0-4)	Turvallisuus ja henkilövaara D (0-16)	Ympäristövaara E (0-16)	Varalaitteen saatavuus VL (0-5)	Varaosan saatavuus VO (0-3)	Kriittisyys K	ABC-tunnus	
TÄRYSIHTI	4	4	2	3	4	4	4	0	860	B	
SIHTI	2	1	3	3	4	2	4	0	830	B	

Ennakkohuoltona tärysihdille tehdään vaihteen öljynvaihto 12 viikon välein. Öljynvaihdon yhteyteen lisätään tärysihdin tarkistus. Nykyään tarkistus tehdään tarvittaessa eli tarkistukselle ei ole tehty erillistä työtilausta. Tarkistuksessa käydään läpi mm. kiinnitykset, värinäkemien kunto, verkkojen kiinnitykset, tulokankaan ja sihtilevyn kunto. Tarkistukset on tärkeitä, koska tärysihdissä on ollut usein ongelmia. Tärysihdin kanssa on ollut ongelmia viimeaikoina, koska se tärisee ja vaihteen öljyn sekaan pääsee mahdollisesti vettä. Näin ollen on erittäin tärkeää tehdä öljynvaihto 12 viikon välein.

Laitteita käsitellään eri tavalla hajoamisen yhteydessä kriittisyydestä riippuen. Koska tärysihdin kriittisyysluokka on B, hajonneen laitteen korjaaminen aloitetaan mahdollisimman nopeasti, kun rikkoutuminen oin havaittu. Tuotanto ei välttämättä pysähdy, joten laitteen korjaamiseen varataan yksi työpari eli kaksi asentajaa. Vuorossa oleva

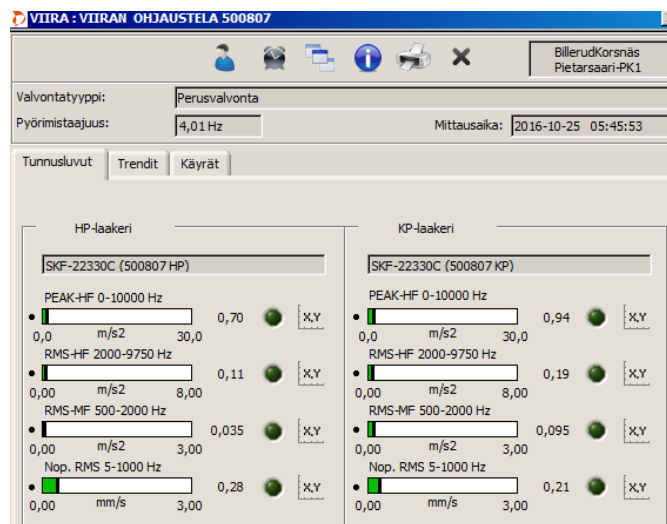
asentaja voi aloittaa korjaustyöt itsenäisesti, mikäli laite hajoaa yövuoron tai viikonloppun aikana. Ylitöihin ei näin ollen tarvitse ottaa asentajia.

Perjantaisin tehdään perjantaikierros, jossa tärysihti tarkistetaan erillisen kunnossapito-ohjeen mukaisesti. Moottorin tarkistukset tekevät sähköasentajat, koska tietävät mitä sähkömoottoreissa pitää varoa. Mekaanisen kunnossapidon asentajat tarkistavat loput laitteista. Moottorin rivat ja tuuletusaukko tarkastetaan ja puhdistetaan tarvittaessa. Moottorin puhtaus on tärkeää sen kestävyuden kannalta. Moottorin rivoissa oleva pöly toimii eristeenä eikä lämpö pääse siirtymään pois. Moottorin lämpötila mitataan kolmesta kohdasta. Mittaukset tehdään moottorin kummallakin puolella sijaitsevasta laakerista sekä moottorin keskeltä. Laakerien lämpötilaa on tärkeä seurata, koska laakerin korkea lämpötila voi vahingoittaa laakerit. Moottorin keskeltä voidaan havaita moottorin kuormitus. Moottori voidaan havaita ylikuormittuvan, mikäli moottorin lämpötila nousee liian korkeaksi. Moottorin keskeltä tarkastetaan sen lämpimin kohta, joka asetetaan mittauspöytäkirjaan. Tärysihdissä on neljä värinäkumia, jotka on tarkistettava silmä määräisesti. Värinäkumien hajotessa, metallirungot voivat osua yhteen ja rikkoa rakenteen. Myös kumipalkeen kunto tarkistetaan ja se voidaan vaihtaa uuteen, mikäli vuotoja havaitaan. Sihdille ruiskutetaan vettä usean pillin kautta. Veden tulo tarkistetaan jokaisesta pillistä ja tukkiutuneet pillit korjataan tarvittaessa. Perjantaikierroksella kuunnellaan laitteen mahdollisia ylimääräisiä ääniä sekä tarkistetaan vuotavat toimilaitteet ja putket. Edellä mainitut tarkistukset ovat erittäin tärkeitä laitteen jatkuvan toimivuuden kannalta. Hyvällä ennakkohuollolla voidaan ennaltaehkäistä laitteen äkillisen hajoamisen ja samalla pidentää laitteen käyttöikä. Kuva 39 esittää perjantaikierroksen kunnossapito-ohjeet tärysihdille. Kuvien avulla pyritään havainnollistamaan tarkastavalla henkilölle tarkistuksien ja mittauksien kohdat.



Kuva 40. Viiran ohjaustelan sijainti viiraosalla.

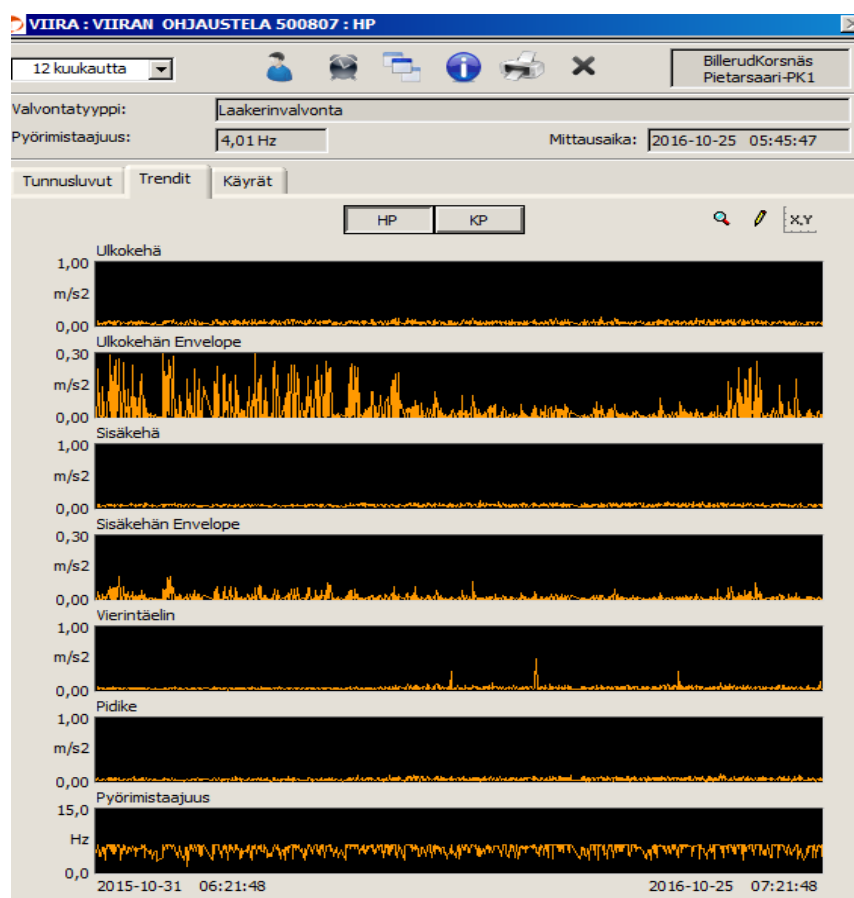
Viiran ohjaustelaa mittaukset tapahtuvat ainoastaan Sensodecin on-line mittauksien avulla. Tähän ei käytetä CSI:n kannettavaa mittalaitetta. Edellisen kuvan 40 perusteella viiran ohjaustelalla ei ole hälytyksiä, joten hälytyksiä ei nähdä avattaessa Sensodecissa viiran ohjaustelan tunnusluvut. Mittauksia ei näin ollen tarvitse avata. Tunnuksista nähdään kyseisen laitteen kaikkien mittauksien olevan vihreällä, joten viiran ohjaustela on mittauksien perusteella kunnossa. Jokin tunnusluku olisi punaisella, mikäli viiran ohjaustelalla olisi hälytys. Mittauksien neljä tunnuslukua ovat korkeat taajuudet 0 – 10 000 Hz, pyörimisnopeuden korkeat taajuudet 2 000 – 9 750 Hz, pyörimisnopeuden keskitäajuuudet 500 – 2 000 Hz sekä pyörimisnopeuden alhaiset taajuudet 5 – 1 000 Hz. Mittaukset tehdään sekä hoitupuolen, että käyttöpuolen laakereille. Kuva 41 esittää viiran ohjaustelan hoitupuolen ja käyttöpuolen laakerien mittauksia. Kuvassa mittaukset ovat vihreällä, joka tarkoittaa viiran ohjaustelan mittauksien olevan kunnossa kyseisellä mittaushetkellä. Näin ollen mittauksia ei tarvitse avata syvällisempää analyysiä varten.



Kuva 41. Viiran ohjaustelan käyttöpuolen ja hoitupuolen mittaukset.

Kuva 42 esittää viiran ohjaustelan hoitupuolen mittauksien trendejä viimeisen 12 kuukauden aikana. Ulkokehän signaali on melko tasainen, joten voidaan todeta sen olevan hyväksyttävällä tasolla. Hälytyksiä ei myöskään ole, joten ulkokehän mittaus ei tarvitse syvällisempää analysointia tällä hetkellä. Ulkokehän Envelope mittauksissa havaitaan

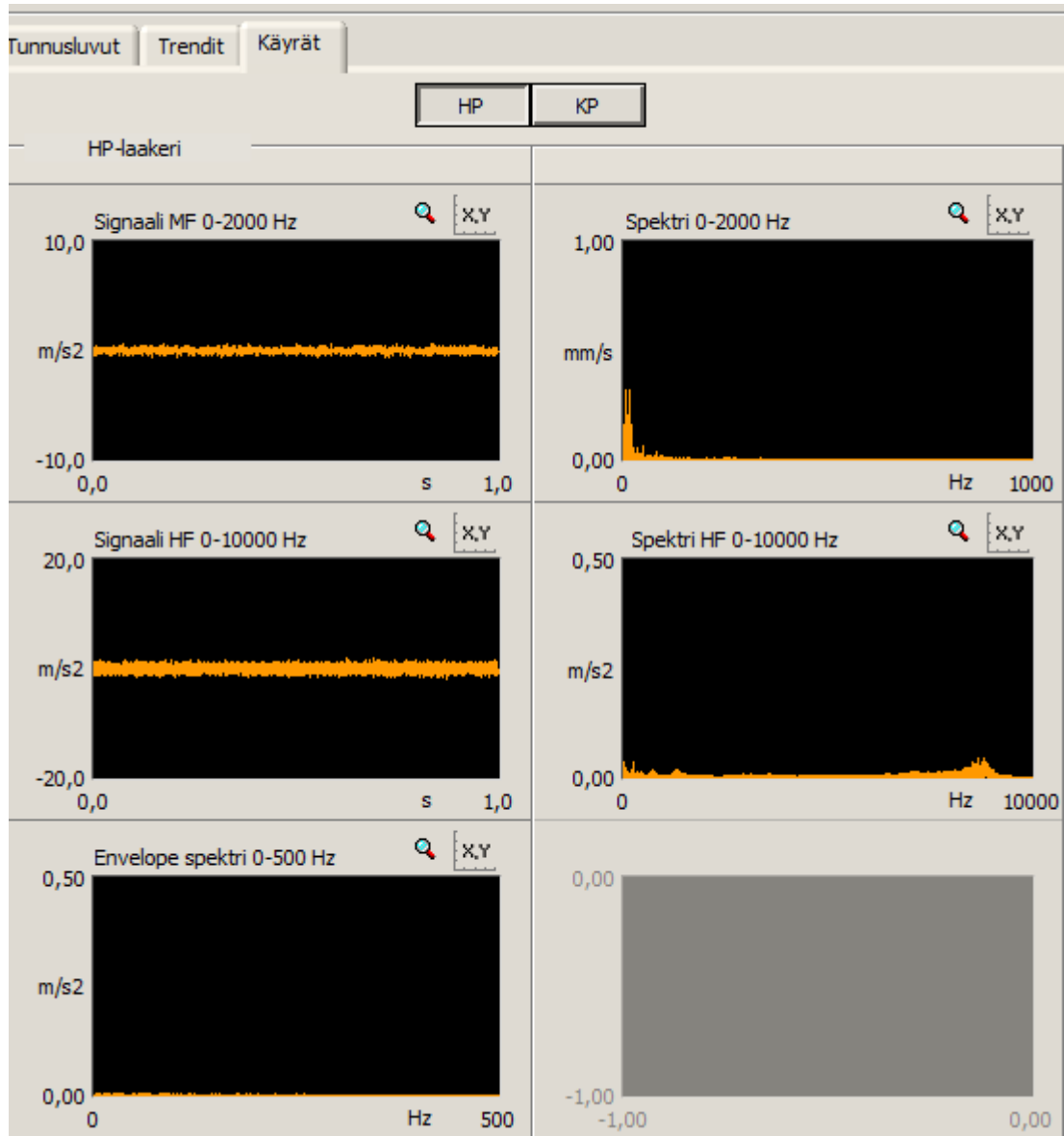
suurempia amplitudeja. Envelope mittaus on ottanut ulkokehän mittauksesta korkeimmat resonoinnit. Hälytyksiä ei kuitenkaan ole, joten mittauksien seuranta jatkuu. Tämä voi kuitenkin kertoa alkavasta ulkokehäviasta, mutta mittaukset pysyvät vielä hälytysrajojen alapuolella. Sisäkehän mittaukset ovat hyvin tasaisia, joten voidaan todeta sen olevan kunnossa. Sisäkehän Envelope mittauksen arvot pysyvät myös tasaisina, joten syvempää analysointia ei tarvita näiden mittauksien perusteella. Vierintäelimen mittauksissa on pari korkeaa amplitudia, jotka voi mahdollisesti olla häiriösignaaleita. Tämäkään ei vaadi tarkempaa analysointia. Pidikkeen mittaukset ovat hyvin tasaiset, joten voidaan todeta sen olevan kunnossa. Pyörimistaajuuden mittaukset ovat tasaisia, joten se ei myöskään tarvitse tarkempaa analysointia. Pyörimistaajuuden mittauksissa huomataan signaalin heilahtelevan välillä alaspäin. Nämä tarkoittavat todennäköisesti pesupäiviä tai tuotantokatkoja, jolloin tela ei pyöri.



Kuva 42. Viiran ohjaustelan trendit.

Kuva 43 esittää viiran ohjaustelan mittauksien käyriä. Mittaukset esittävät laakerien keskitaajuuudet 0 – 2 000 Hz, korkeataajuiset 0 – 10 000 Hz, envelope spektri 0 – 500 Hz sekä keski- ja korkeataajuuksien spektrit. Signaalin arvo nähdään kuvan perusteella liikkuvan nollatason kummallakin puolella. Mittausarvojen havaitaan pysyvän melko tasaisena. Mittauksien spektrissä on peilattu nollatason alapuolelle jääneet signaalit nollatason yläpuolelle. Envelope mittaus esittää vain tietyt taajuuudet eli tässä tapauksessa

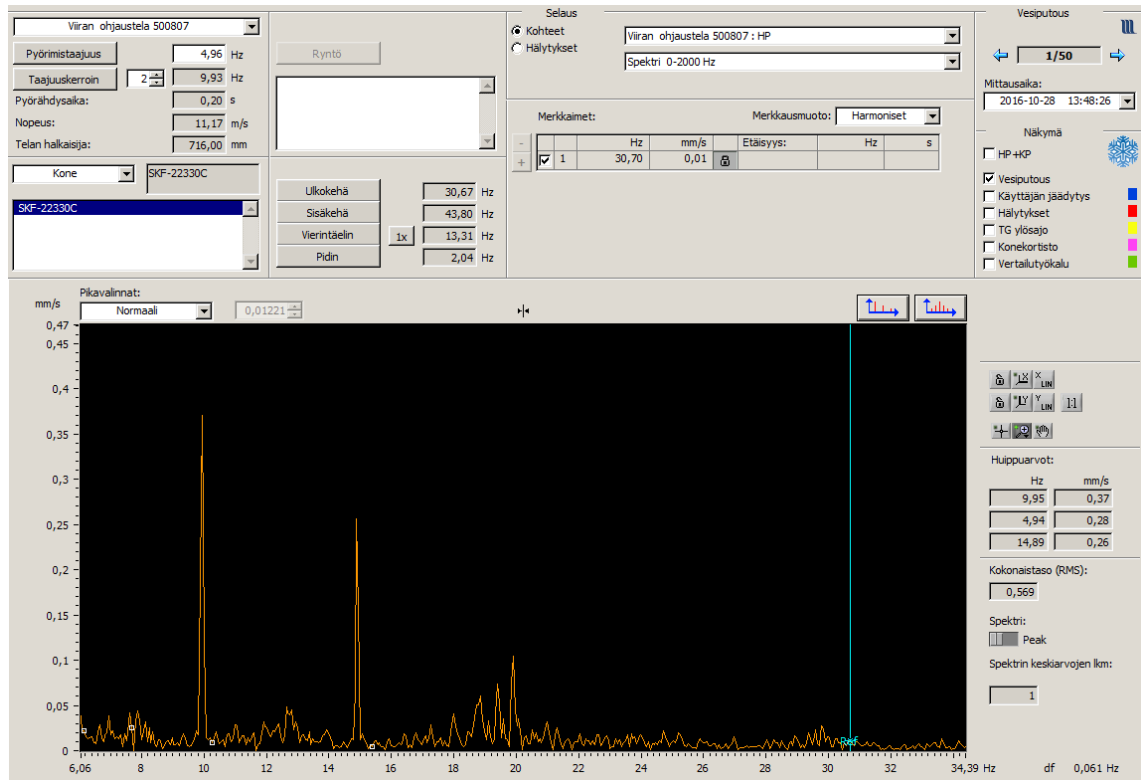
korkeat taajuudet. Mittauksia pitäisi analysoida tarkemmin, jos epäillä laitteen viikaantumisen tai mittaukset hälyttäisivät. Hälytyksiä ei ollut, joten nämäkään eivät vaadi tarkempaa analysointia.



Kuva 43. Viiran ohjaustelan mittauksien käyrät.

Varmuuden vuoksi voidaan tarkistaa esimerkiksi keskitaajuudella näyttävät mittaukset, jotta voidaan varmistua laitteen olevan kunnossa mittauksien perusteella. Kuva 44 esittää viiran ohjaustelan mitattua spektriä 0 – 2 000 Hz. Tarkistetaan ohjelmaan valmiiksi asetettujen vikataajuuksien sopiminen mitattuihin arvoihin. Ohjelmaan on asetettu ulkokehän, sisäkehän, vierintäelimen sekä pitimen vikataajuudet. Kuvassa 44 olevat pienet valkoiset neliöt tarkoittavat ulkokehän vikataajuuksia. Mikään näistä neliöistä ei ole mittauksien signaalihuippujen kohdalla. Näin ollen voidaan todeta, että viiran imutelan laakereilla ei ole ulkokehävikaa. Laitteessa havaittaisiin ulkokehävika, mikäli valkoiset

neliöt olisivat mitattujen signaalihiippujen kohdalla. Kuvan 44 mittauksissa on kaksi huippuarvoa, jotka johtuvat mahdollisesti häiriöistä.



Kuva 44. Viiran ohjaustelan spektri 0 – 2000 Hz.

Viiran ohjaustelan mittauksista ei löydetty hälyttäviä vikoja, joten mittauksien päivittäinen seuraaminen jatkuu. Mittauksia ei välttämättä tarvitse analysoida tarkemmin päivittäin, mikäli Sensodecin alunäytössä kaikki mittaukset näyttävät vihreää.

5.4 Konekyypin pesuri

Konekyypin pesuri on laite, jolla huuhdellaan konekyypin ennen pesuseisokkia. Huuhdelun ansiosta pesupäivän pesut nopeutuvat. Konekyypin pesuri on säiliö, jossa on paperimassaa. Paperitehtaalla tehdään valkoista ja ruskeaa paperia, joten paperitehtaan säiliöt pestään kerran kuukaudessa. Pesupäivä on yhden päivän mittainen ja silloin pestään paperitehtaan säiliöt ruskeasta massasta, ennen kuin siirrytään valmistamaan valkoista paperia. Pesurin puuttuminen pidentää säiliön pesua. Pesuri pistetään päälle tuotannon pysähtymisen jälkeen, jotta paperimassa ei ehdi kuivumaan seiniin. Pesut eivät välttämättä aloiteta konekyypistä, joten paperimassa voi ehtiä kuivua konekyypin seinämiin. Näin ollen konekyypin pesu letkulla voi kestää hieman kauemmin verrattuna pesurillisen säiliön pesemiseen.

Konekyypin pesurissa ei ole historiatietojen perusteella ollut mitään ongelmia. Taulukko 12 esittää konekyypin pesurien kriittisyyden. Pesurin hajoaminen ei pysäytä tuotantoa eivätkä korjauskulut ole korkeat. Pesuria käytetään ainoastaan säiliön pesun nopeuttamiseen, joten sen hajoaminen ei vaikuta tuotantoon. Sillä on vähäinen vaikutus laatu- kustannuksiin, koska pesurin toimimattomuus voi jättää ruskeaa massaa säiliön seinämiin. Ruskeaa massaa voi siirtyä seinämistä valkoiseen massaan, joten pesurin toimimattomuus vaikuttaa vain hieman paperin laatuun. Pesuri, jossa on pyörivät siivet, on asennettu säiliön päälle. Pyörivät siivet aiheuttavan näin ollen vähäisen turvallisuus- ja henkilövaaran. Pesemiseen käytetään vain vettä, joten ympäristövaaraa ei ole. Laite ei ole kriittinen, joten varalaitetta tai varaosia ei tarvitse pitää valmiina varastossa. Pesurin kriittisyydeksi saatiin 210, joten sen ABC-tunnus on D.

Taulukko 13. Konekyypin pesurin kriittisyysanalyysi.

Laite	Painokerroin -> Vikaantumisväli T(1-5)	30	100	100	40	20				
		Korjaus ja materiaali kustannus M (1-5)	Tuotantomenetys P (0-4)	Laatukustannus Q (0-4)	Turvallisuus ja henkilövaara D (0-16)	Ympäristövaara E (0-16)	Varalaitteen saatavuus VL (0-5)	Varaosan saatavuus VO (0-3)	Kriittisyys K	ABC-tunnus
Konekyypin pesuri	1	1	0	1	2	0	5	3	210	D

Pesurin rikkoutuminen ei vaikuta tuotantoon, joten suurta resurssitarvetta sen korjaamiseen ei tarvita. Korjaus voidaan tehdä, kun muut tärkeämmät asiat on hoidettu. Pesurin pitäisi kuitenkin olla toimintakunnossa jokaisessa pesuseisokissa. Pesurilla ei ole ennakko- huoltotoimenpiteitä. Ennakkohuoltona pesurin toimintaa tullaan kokeilemaan viikkoa ennen pesuseisokkia. Tämä tarkoittaa ennakkohuollon tekemistä kerran kuukaudessa. Näin ollen korjaus ehditään tehdä, mikäli se on epäkunnossa. Ennakkohuoltomielessä mittaustoimenpiteitä ei pesurille tehdä, koska se ei ole kriittinen laite.

6. YHTEENVETO

Kriittisyysanalyysi on todella tärkeä paperitehtaalle suunnittelemattomien seisokkien välttämiseksi. Ennakkohuollon avulla pyritään huoltamaan laitetta, jotta se ei vaurioituisi suunnittelemattomasti. Ennakkohuollon ja laitteiden tarkistuksien avulla pystytään havaitsemaan laitteen vioittuminen ajoissa. Korjaamisajankohta voidaan näin ollen suunnitella ajoissa.

Lyhytkierto on yksi paperinvalmistuksen tärkeimmistä osakokonaisuuksista. Kriittisyysanalyysin tunnuksien A, B, C ja D. ABC-tunnukseksi saadaan A, kun kriittisyysarvo on yli 899. ABC-tunnukseksi saadaan B, kun kriittisyysarvo on välillä 700 – 899. ABC-tunnus C saadaan kriittisyysarvon ollessa 400 – 699. ABC-tunnukseksi saadaan D, kun kriittisyysarvo on välillä 0 – 399. Melkein kaikki lyhyen kierron laitteet ovat kriittisiä eli niiden ABC-tunnus on A. Tämä tarkoittaa sitä, että laitteen hajoessa tuotanto pysähtyy. Laitteen korjaaminen aloitetaan heti ja tarvittaessa hankitaan lisää työvoimaa nopeuttamaan laitteen korjaamista. Tärysihdin ABC-tunnukseksi saatiin B, joten laitteen hajoaminen ei pysäytä tuotantoa. Sen hajoaminen vaikuttaa kuitenkin osittain laatuun, joten korjaustoimenpiteet on aloitettava mahdollisimman nopeasti. Konekyypin pesurin ABC-tunnukseksi saatiin D eli sen hajoaminen ei vaikuta tuotantoon. Pesuria käytetään ainoastaan ennen pesupäiviä helpottamaan säiliön pesemistä. Lyhyessä kierrossa ei ollut kriittisyydellä C olevia laitteita. Kuva 45 esittää tulokset laitteiden kriittisyydestä. Kuvassa on esitetty vain osa lyhyen kierron laitteiden kriittisyyksistä.

Laite	Kertoimet->	30	100	100	40	20						
	Vikaantumisväli T(1-5)	Korjaus ja materiaalikustannus M (1-5)	Tuotantomenetyks	Laatukustannus Q (0-4)	Turvallisuus ja henkilövaara D (0-16)	Ympäristövaara E (0-16)	Varalaitteen saatavuus VL (0-5)	Varaosan saatavuus VO (0-3)	Kriittisyys K	ABC-tunnus		
KYYPI	1	3	4	4	2	2	5	3	1010	A		
KONEKYYPIN PESURI	1	0	0	1	2	0	5	3	210	D		
AC-MOOTTORI 11/750	1	3	4	4	4	4	5	0	1130	A		
SEKOITIN	1	1	4	4	2	2	5	0	950	A		
KONEKYYPIN PESURI	1	1	0	1	2	0	5	3	210	D		
MOOTTORI 690V 110KW	1	3	4	4	4	4	0	3	1130	A		
VAIHTOSUUNTAAJA	1	1	3	3	2	4	3	0	790	B		
PUMPPU	1	2	4	4	2	2	0	0	980	A		
PUMPPU	1	4	4	4	4	4	4	0	1160	A		
VAIHDE	1	2	3	4	4	4	5	0	1000	A		
PYÖRREPUHDISTIMEN 1-	1	2	2	4	4	4	0	3	900	A		
OIKOSULKUMOOTTORI 6	1	4	4	4	4	4	0	3	1160	A		
TÄRYSIHTI	4	4	2	3	4	4	4	0	860	B		
SIHTI	2	1	3	3	4	2	4	0	830	B		
PYÖRREPUHDISTIN	3	3	3	4	4	2	4	0	990	A		
PYÖRREPUHDISTIN	3	3	3	4	4	2	4	0	990	A		
PYÖRREPUHDISTIN	1	3	3	4	4	2	4	0	990	A		
PUMPPU	1	2	3	4	4	4	4	0	1000	A		
MOOTTORI 380 90 1000 E	1	4	3	4	4	4	0	3	1060	A		
REJEKTISYKLONI	1	3	3	4	4	2	4	3	990	A		
PYÖRREPUHDISTIN	1	2	3	4	4	4	4	0	1000	A		
PUMPPU	2	3	3	4	4	4	4	0	1030	A		
PYÖRREPUHDISTIMEN 3-	1	4	2	4	4	4	0	3	960	A		
TORNI	2	3	3	4	4	2	4	3	990	A		
PUMPPU	3	3	3	4	4	2	4	0	990	A		
VAIHDE	1	3	3	4	2	4	0	0	950	A		
PERIVAC ILMANPOISTOT	1	3	3	4	2	4	4	3	950	A		
MOOTTORI 690 600 1500	2	4	3	4	2	4	0	3	980	A		
VAIHTOSUUNTAAJA	1	2	2	4	4	4	3	2	900	A		
PUMPPU	1	4	3	4	2	4	0	0	980	A		
VAIHDE	1	4	3	4	2	4	0	0	980	A		
PAISUNTASYKLONI	1	3	3	4	4	2	4	3	990	A		
MOOTTORI 690V 200KW	1	3	3	4	4	4	0	3	1030	A		
PUMPPU	1	4	4	4	4	4	4	0	1160	A		
INVERTTERI ACS600	1	2	3	4	4	4	0	0	1000	A		
EJEKTORI	1	2	3	4	4	4	4	2	1000	A		
SÄILIÖ	1	4	3	4	2	2	4	3	940	A		
PUMPPU	1	4	3	4	4	4	0	0	1060	A		
RADICLON VASTAVESIPU	1	4	3	4	4	4	0	3	1060	A		
PUMPPU	1	4	5	4	4	4	4	0	1260	A		
VAIHDE SANTA 2D1CCH5	1	4	4	4	2	2	0	0	1040	A		
PERÄLAATIKON SYÖTTÖP	1	3	3	4	2	2	4	0	910	A		
MOOTTORI 690 960 1500	1	4	4	4	4	4	0	3	1160	A		
VAIHTOSUUNTAAJA	1	2	3	3	4	4	4	3	900	A		
MOOTTORI 690 960 1500	1	4	3	4	4	4	0	3	1060	A		
VAIHTOSUUNTAAJA	1	2	3	3	4	4	4	3	900	A		
VAIHDE	1	2	3	4	2	4	0	0	920	A		
MOOTTORI 380 132 1500	1	3	3	4	4	4	0	2	1030	A		
SIHTI	1	4	3	4	2	2	4	0	940	A		
PUMPPU	3	3	3	4	2	4	4	0	950	A		
MOOTTORI 380 90 1500 E	1	3	2	4	4	4	0	3	930	A		
VAIHDE	1	3	2	4	4	4	0	0	930	A		

Kuva 45. Lyhyen kierron laitteiden kriittisyysanalyysin tulokset.

RFID on tunnistelaite, joka voitaisiin asentaa paperitehtaan jokaiseen laitteeseen. Sen avulla luetaan laitteen tiedot. Nykyään laitteiden tiedot haetaan tietokoneelta, mutta RFID:n avulla tiedot saataisiin nopeasti esille esimerkiksi tablettiin. RFID laitteen avulla pitäisi saada esille laitteen perustiedot, piirustukset, varaosien tiedot ja kunnossapito-ohjeet. RFID laite ei ole vielä käytössä paperitehtaalla, mutta se voidaan mahdollisesti ottaa tulevaisuudessa käyttöön.

Työhön kuuluu myös yksittäisten laitteiden kunnossapito-ohjeen luominen lyhyen kierron laitteille. Perjantaisin asentajat tekevät perjantaikierrokset, jolloin laitteet tarkistetaan kunnossapito-ohjeiden mukaan. Perjantaikierrokset ovat osa ennakkohuoltoa, minä avulla voidaan estää laitteiden äkillisiä hajoamisia. Yleisimmät lyhyen kierron laitteet, joita perjantaikierrokset koskevat, ovat pumppu, vaihe sekä moottori.

Moottorien laakereiden lämpötila mitataan moottorin kummastakin päästä. Lämpötilan mittaaminen on tärkeää, koska laakerit voivat vaurioitua korkeassa lämpötilassa. Läm-


pötilä mitataan myös moottorin keskeltä. Tämän avulla pystytään havaitsemaan, mikäli moottori ylikuormittuu. Moottorin kuormitus ja ympäristön lämpötila vaikuttavat mitattuihin arvoihin. Moottorin kuormitus tarkistetaan ennen lämpötilamittauksia tietokoneelta. Ympäristön lämpötila mitataan samalla, kun moottorin lämpötila mitataan. Saatut tulokset kirjataan Excelillä tehtyyn taulukkoon, josta mahdolliset muutokset on helpposti nähtävissä. Moottorin rivat sekä tuuletin putsataan liasta tai pölystä tarvittaessa. Lika toimii lämpöeristeenä, joten moottorin rakenteisiin syntyvä lämpö ei näin ollen pääse poistumaan. Tämä aiheuttaa moottorin lämpenemisen. Lyhyen kierron moottorit ovat automaattivoitelulla toimivia, joten rasvan määrä on tarkistettava. Ylimääräinen rasva tippuu moottorityypistä riippuen tuulettimen koppaan tai moottorin alustalle. Ylimääräinen rasva pyyhitään pois. Moottorin mahdolliset irronneet pultit tai muut osat on tarkistettava perjantaikierroksella. Tarkistetaan silmämääräisesti, mikäli moottorista huomataan puuttuvan pultteja tai löydetään lattialta irronnut pultti. Perjantaikierroksella tarkistetaan myös moottorin mahdolliset vuodot. Vuoto voi esimerkiksi olla katolta moottorin päälle tippuva vesi. Samalla tarkistetaan myös moottorin ylimääräiset äänet. Moottoreita mitataan värähtelymittauksen avulla kerran kuukaudessa. Mittauksista saadaan selville esimerkiksi mahdolliset irronneet osat, laakeriviat sekä moottorin liiallinen tai liian pieni rasvan saanti.

Vaihteen lämpötila tarkistetaan lämpökameralla, ettei öljyn lämpötila nouse liikaa. Vaihteen kyljessä on mittalasi, josta tarkistetaan öljyn määrä. Samalla tarkistetaan silmämääräisesti öljyn väri. Öljyn seassa on vettä, mikäli se on maidon väristä. Vaihteen irronneet pultit tai muut irronneet osat tarkistetaan silmämääräisesti. Irronneet osat voivat pahimmassa tapauksessa rikkoa koko laitteen. Värähtelymittauksista pystytään havaitsemaan, mikäli vaihteen sisällä on irronneita osia. Vaihteen mahdolliset öljyvuodot tarkistetaan sekä samalla tunnustellaan ylimääräiset värinät sekä äänet. Ylimääräiset äänet voivat johtua mekaanisesta välyksestä tai kuluneista laakereista. Jäähdytetyn öljyn lämpötila sekä öljyn paine tarkistetaan mittarista.

Lyhyen kierron pumpun laakerit ovat automaattivoiteltuja, joten rasvan määrää on tarkkailtava. Ylimääräinen rasva valuu joko tiivistevesialtaaseen tai pumpun alustalle. Liika rasva pyyhitään pois. Pumpun molemmilta puolilta mitataan lämpökameralla laakereiden lämpötila. Laakereiden korkea lämpötila voi rikkoa laakerit ja näin ollen aiheuttaa suunnittelemattoman seisokin. Laakereiden lämpötilan nousu voi johtua esimerkiksi rasvan määrästä, kuluneesta akselistä tai laakeriviasta. Pumpun akselistä mahdollisesti valuva tiivisteveden määrä on tarkastettava. Mekaanisessa tiivisteessä tiivistevesi menee sen sisään ja poistuu sieltä. Punostiivisteessä taas vesi valuu akselin läpi. On tarkistettava, valuuko tiivisteestä riittävä määrä vettä sekä tiivisteveden poistuminen tiivistevesialtaasta. Tiivisteveden tulo voidaan tarkastaa rotametrien avulla sekä tunnustella tiivistevesiputken kylmyyttä. Silmämääräisestä tarkistetaan pumpun mahdolliset irronneet pultit tai muut osat. Irronneet pultit voi löytyä pumpun lähistöltä. Kavitaatio pystytään havaitsemaan pumpun äänestä. Kavitaatio kuulostaa siltä, että pumpussa vir-

taa hiekkaa. Pumpun ylimääräiset äänet ja värinät tunnustellaan kädellä eri paikoista. Tarkistetaan myös pumpun mahdolliset vuodot. Värähtelymittauksien avulla pystytään havaitsemaan pumpun laakeriviat sekä irronneet osat. Mittaukset suoritetaan kerran kuukaudessa. Kuva 46 esittää perälaatikon syöttöpumpun yksittäisten laitteiden huolto-ohjetta. Kuvassa on esitetty vain yksi sivu kunnossapito-ohjeesta, mutta siitä saa hyvän yleiskuvan ohjeesta.

0500625 PERÄLAATIKON SYÖTTÖPUMPPU

Laite	Turvallisuus	Mitä tehdään	Kuvaus	Miksi tehdään
Moottori 1 ja 2 Paikka: +5,10 D-G/10-11 APK	Moottorin mahdolliset kuumat pinnat, pyörivä akseli	Lämpötilan mittaus. Raportoi viat/puutteet Exceliin	Katso Alcontista moottorin kuormitus. Lämpötila voi vaihdella riippuen kuormituksesta. Mittaa lämpökameralla kohtien 1, 2 ja 3 lämpötila. On tärkeää mitata aina samasta kohdasta, jotta mittaustulokset ovat luotettavia. Kirjaa saadut arvot Exceliin 1. Laakeri 2. Moottorin keskikohta 3. Laakeri. Mittaa moottorin päädyistä mahdollisimman lähellä laakeria Mittaa myös ympäristön lämpötila. 	Laakerien korkea lämpötila voi johtua liian suuresta tai pienestä rasvamäärästä, epätasapainosta Moottorin keskiosan korkea lämpötila kertoo moottorin käyvän korkealla kapasiteetilla tai moottorin käämi on vioittunut. 10 asteen lämpötilan nousu vähentää 50 % moottorin käyttöikää Ympäristön lämpötila vaikuttaa moottorin lämpötilaan
Moottori 1 ja 2 APK	Moottorin mahdolliset kuumat pinnat, pyörivä akseli, tuuletin. Älä käytä tuuletusaukon putsamiseen ruuvimeisseliä! Ruuvimeisseli voi osua tuulettimeen. Varo takometriä!	Moottorin 1 ja 2 ripojen ja tuuletusritilän putsaminen. Raportoi viat/puutteet Exceliin.	Putsataan moottorin päällä olevat rivat liasta/pölystä. <u>Käytä sientä tai lyhytharjaisista harjia.</u> Tuuletusaukon ritilät putsataan liasta. ÄLÄ PUTSAA RUUVIMEISSELILLÄ TAI PITKÄHARJAISELLA HARJALLA, KOSKA SE VOI OSUA TUULETTIMEEN JA RIKKOA SEN SIIVET. VARO MOOTTORIN PÄÄSSÄ OLEVAA TAKOMETRIÄ! SE ON HERKKÄ LAITE, JOTEN SIIHEN EI SAA KOSKEA! AIHEUTTAA KATKON, JOS HAJOAA!	Pöly/liakkerros toimii lämpöeristeenä eikä lämpö pääse siirtymään pois moottorista. Näin ollen aiheuttaa moottorin lämpiämisen.

Kuva 46. Perälaatikon syöttöpumpun yksittäisten laitteiden kunnossapito-ohje.

Työn valmistuttua saadaan tehtyä hyvä pohja kriittisyysanalyysille sekä yksittäisten laitteiden kunnossapito-ohjeille. Tästä on hyvä jatkaa kriittisyystarkastelua ja yksittäisten laitteiden kunnossapito-ohjeiden tekoa koko paperitehtaan laitteistolle. Nämä asiat Kriittisyysanalyysi, ennakkohuollot ja kunnossapito-ohjeet ovat hyvin tärkeitä laitteiden toimivuuden sekä paperikoneen tuotannon ja kunnossapidon kannalta.

LÄHTEET

- A. Kuitunen, Opinnäytetyö, Kunnossapidon toiminnanohjauksen kehittäminen, 2015, 106 s.
- A. Putkiranta, Kunnossapidon trendit muuttuvat ajan mukaan, Promaint, 2014. Saatavissa (viitattu 28.10.2016): <http://promaintlehti.fi/Tuotantotehokkuuden-kehittaminen/Kunnossapidon-trendit-muuttuvat-ajan-mukana>
- E. Inkeroinen, Kriittisyysanalyysin ja ennakkohuoltosuunnitelman laatiminen pehmopaperin jalostuslinjalle, 2011
- Historia, BillerudKorsnäs. Saatavissa (viitattu 18.5.2016): <http://billerudkorsnas.se/Om-oss/Historia/>
- J. Viismaa, Kaluston kunnossapitovalmiuden kehittäminen, 2008. Saatavissa (viitattu 25.8.2016): https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/1154/Viismaa_Jussi.pdf?sequence=1
- KnowPap, KnowPap – paperitekniiikan ja tehtaan automaation oppimisympäristö. Saatavissa: <http://www.knowpap.com/suomi/>
- Mitä on kunnossapito, Opetushallitus. Saatavissa (viitattu 12.9.2016): http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_1-1_mita_on_kunnossapito.html
- Paperikoneet yleistä, Yhtyneet paperitehtaat Oy, Tampella papertech, 245 s.
- P. Nohynek, Kunnonvalvonnan perusteet, GE, 2007, 29 s.
- Produkter och marknad, BillerudKorsnäs. Saatavissa (viitattu 14.5.2016): <http://billerudkorsnas.se/Om-oss/Produkter-och-marknad/>
- Ramentor Oy, Elmas 4 laitteiden kriittisyysluokittelu, 2012, 10 s.
- Rullapakkauskirja, mekaniikka, Metso paper oy, 2002, 180 s.
- S. Nakajima, Total Productive Maintenance, 1988, 129 s.
- SSG standard solution group, Maintenance efficiency, terminology and key figures, 2011, 14 s.
- Suomen Paperi-insinöörien yhdistys r.y., Paperin valmistus, 1983, 724 s.

S. Vatka, Eight-year bat project completed, UPM Biofore, 11/2014. Saatavissa (viitattu 2.7.2016): <https://www.upmbiofore.com/eight-year-bat-project-completed-upm-actively-involved-in-defining-new-emission-levels-for-eu-2/>

T. Julkunen, Paperikoneen lyhytkierto, Oulun yliopisto, 1979, 109 s.

U. Häggblom-Ahnger, P. Komulainen, Paperin ja kartongin valmistus, Kemiallinen metsäteollisuus 2, Jyväskylä, 2006, 279 s.

Uudelleenrullaimen toimintaselostus ja käyttöohje, Quatroll Oy, 1994, 96 s.

Våra produktionsanläggningar, BillerudKorsnäs. Saatavissa (viitattu 1.6.2016): <http://billerudkorsnas.se/Om-oss/Vara-produktionsanlaggningar/>

Windrumpro pituusleikkurikirja, hydraulikka, Metso paper oy, 2003, 171 s.

Windrumpro pituusleikkurikirja, Mekaaninen kunnossapito, Metso Paper oy, Leikkausosa, 2003, 215 s.