

Paperikoneen kuivatusosan huoltotöiden turvallisuuden ja tehokkuuden kehittäminen

Tuomas Rönkkö

Opinnäytetyö
Toukokuu 2017
Tekniikan ja liikenteen ala
Insinööri (AMK), Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma
Kunnossapito

Tekijä(t) Rönkkö, Tuomas	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 17.05.2017
	Sivumäärä 65	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Paperikoneen kuivatusosan huoltotöiden turvallisuuden ja tehokkuuden kehittäminen		
Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Tuukkanen Harri, Luosma Petri		
Toimeksiantaja(t) Valmet Technologies Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Valmet Technologiesin kuivatusosan suunnitteluyksikkö. Yritys on maailman johtava paperi-, sellu- ja energiateollisuuden automaation, teknologian, sekä palveluiden kehittäjä ja toimittaja.</p> <p>Toimeksiantajalla oli tarve opinnäytetyölle, koska toimeksiantaja tarvitsi yksityiskohtaisemmat ohjeet siitä, miten kuivatusosan eri laitteiden huoltotyöt kuuluisi suorittaa turvallisesti. Globaalissa kilpailussa laitevalmistajalle ei enää riitä vain laadukkaiden laitteiden valmistaminen ja suunnittelu, vaan yhä enemmän on myös kiinnitettävä huomiota laitteen huollettavuuteen ja turvallisuuteen.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää kuivatusosan eri laitteiden huolto-ohjeita niin, että kunnossapitotöiden turvallisuus ja tehokkuus paperikoneen kuivatusosalla paranee. Lisäksi tavoitteena oli tarkastella, että mitä asioita aiempia huolto-ohjeita tehdessä on jäänyt huomioimatta.</p> <p>Opinnäytetyö suoritettiin laadullisena tutkimuksena. Ohjeita tehtiin 3D-ympäristössä CATIA V5-ohjelman avulla. Tietoja hankittiin havainnoimalla ja haastattelemalla toimeksiantajan asiantuntijoita.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena syntyi selkeät ja havainnollistavat huolto-ohjeet, joiden avulla Valmet pystyy näyttämään asiakkaalle, että kuinka helposti työt ovat suoritettavissa. Ohjeiden avulla Valmet voi myös kouluttaa henkilöstöään kyseisten töiden suorittamisessa.</p>		
<p>Avainsanat (asiasanat)</p> <p>Turvallisuus, huollettavuus, luoksepäästävyys, kuivatusosa, viiranjohtotela, kuivatussylinteri, VacRoll-alipainetela, tappivaihde</p>		
Muut tiedot		

Author(s) Rönkkö, Tuomas	Type of publication Bachelor's thesis	Date 17.05.2017 Language of publication:
	Number of pages 65	Permission for web publication: x
Title of publication Developing the safety and efficiency of maintenance work on the drying section of a paper machine		
Degree programme Degree Programme in Mechanical and Production Engineering		
Supervisor(s) Tuukkanen Harri, Luosma Petri		
Assigned by Valmet Technologies Oy		
Abstract <p>This thesis was assigned by the dryer section engineering department of Valmet Technologies. Valmet is the leading global developer and supplier of technologies, automation and services for the pulp, paper and energy industries.</p> <p>The assignor had a need for the thesis because they needed detailed instructions on how to perform the maintenance work for the various drainage parts safely. In a global competition, manufacturing and designing of high-quality equipment is no longer sufficient for an equipment manufacturer, but more attention has to be paid to the reliability and safety of the equipment.</p> <p>The goal of this thesis was to develop the maintenance instructions in the drying section so that the safety and efficiency of the maintenance work is improved. Another goal was to explore what important points had been left without attention in previous maintenance instructions.</p> <p>This thesis was conducted as a qualitative research. The instructions were made in the 3D environment using the CATIA V5 program. The information was acquired through observation and interviewing the assignor's experts.</p> <p>The result of the thesis was clear and illustrative maintenance instructions that enable Valmet to show the customer how easily the maintenance work can be done. With the help of instructions Valmet can also train its staff in the future.</p>		
Keywords/tags (subjects) Safety, serviceability, accessibility, dryer section, lead roll, dryer cylinder, vac-roll, shaft mounted gear reducer		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto.....	6
1.1	Opinnäytetyön tausta.....	6
1.2	Tavoitteet	7
1.3	Tiedonhankinta ja tutkimusmenetelmät.....	7
1.4	Valmet Technologies Oy.....	8
1.4.1	Valmet Technologies Oy Rautpohja	9
1.4.2	Työturvallisuus ja terveys Valmetilla (HSE)	9
2	Paperikoneen kuivatusosa	10
2.1	Kuivatusosan rakenne ja toiminta.....	10
2.2	Yleisimmät käytössä olevat kuivatuskonseptit	12
2.2.1	Yksiviiravienti	13
2.2.2	Kaksiviiravienti	13
2.2.3	Päällepuhalluskuivatus sylinterikuivatuksen tehostamisessa	14
3	Pääkomponentit kuivatusosalla	16
3.1	Kuivatussylinteri	16
3.2	VacRoll-alipainetela.....	17
3.3	Kuivatusviirat.....	18
3.4	Viiranjohtotela.....	18
3.5	Ajettavuuslaatikot	18
3.6	Pesurit.....	20
3.7	Kaapimet.....	20
3.8	Kiristimet	21
4	Työturvallisuus	21
4.1	Työturvallisuus paperiteollisuudessa	21
4.2	Turvallinen työympäristö	22
4.3	Konevalmistajan velvollisuudet.....	23

	2
4.4	Turvallinen nostaminen.....24
4.5	Nostoapuvälineet26
4.5.1	Nostovyöt ja päällysteraksit26
4.5.2	Ketjupaljat27
5	Kunnossapidon tavoitteena käyttövarmuus28
5.1	Globaali kilpailu28
5.2	Kunnossapidon merkitys ja määritelmä.....29
5.3	Kunnossapidettävyys.....29
5.4	Käyttövarmuus30
6	Työn toteutus.....32
6.1	RAKPM3:n kuivatusosa.....32
6.2	Nykyiset huolto-ohjeet.....33
6.2.1	Turvallisuushuomiot nykyisissä ohjeissa.....33
6.2.2	Viiranjohtotelojen vaihto.....35
6.2.3	Kuivatussylinterin laakereiden vaihto36
6.2.4	VacRoll-alipainetelojen laakereiden vaihto.....37
6.2.5	Kuivatussylinterin ja VacRoll-alipainetelan tappivaihteiden vaihtaminen.....37
6.3	Huolto-ohjeiden kehittäminen.....38
6.3.1	Viiranjohtotelojen vaihto kuivatussylinterin päälle asennettavien telansiirtovaunujen avulla39
6.3.2	Viiranjohtotelan vaihto taljoilla kellarin kautta.....45
6.3.3	Viiranjohtotelan vaihto vaihtovarsien avulla47
6.3.4	Viiranjohtotelan vaihto kiskoille asennettavien vaihtovaunujen avulla 48
6.3.5	Kuivatussylintereiden kannattelu laakerin vaihdon aikana51
6.3.6	VacRoll-alipainetelan kannatus laakerin vaihdon aikana54
6.3.7	Kuivatussylinterin tappivaihteen vaihtaminen.....55

6.3.8	VacRoll-alipainetelan tappivaihteen vaihtaminen	56
7	Tulosten tarkastelu.....	57
7.1	Johtopäätökset ja pohdinta.....	57
7.2	Kehitysideat.....	59
7.2.1	Viiranjohtotelojen vaihto.....	59
7.2.2	Kuivatussylintereiden ja VacRoll-alipainetelojen kannattelemine.....	60
	Liitteet	66
	Liite 1. Viiranjohtotelan poistaminen katon kautta	66
	Liite 2. Viiranjohtotelan poistaminen vaihtovarsien avulla	66
	Liite 3. Viiranjohtotelan poistaminen telansiirtovaunujen avulla.....	67
	Liite 4. Viiranjohtotelan poistaminen kellarin kautta	67
	Liite 5. Ylemmän rivin kuivatussylinterin päälle asennettava siirtolaite.....	68
	Liite 6. Ryhmä 7:n siirtovaunuilla vaihdettavat telat merkattu punaisella (Telojen vaihtotyylit, RAKPM3. N.d.).....	68
	Liite 7. Ala kautta vaihdettavat viiranjohtotelat (Telojen vaihtotyylit RAKPM3 n.d)....	68
	Liite 8. Ylemmän rivin kuivatussylinterin kannatteluun suunniteltu nostopannan puolikas.	69
	Liite 9. Kävelysilloille asennettava korotettu hoitotaso.....	70
	Liite 10. Vaihto-ohjeet RAKPM3_Ryhmä7.....	70
	Liite 11. Viiranjohtotelan vaihtaminen vaihtovarsilla	70
	Liite 12. Vaihto-ohjeet kiskoilla poistettaville viiranjohtoteloille	70
	Liite 13. Tappivaihteiden vaihtaminen	70

Kuviot

Kuvio 1. OptiRun-yksiviiravienti, jossa 6 kuivatusryhmää (Kuivatusosan konseptit n.d.)	11
Kuvio 2. Kuivatusosan huuva (Valmet Media Bank N.d.).....	12
Kuvio 3. Valmetin OptiRun Hybridi kuivatuskonsepti. (Valmet Productvault 2015) ...	14
Kuvio 4. Päällepuhalluskuivaimen periaate (Valmet ProductVault 2015)	15
Kuvio 5. Kuivatussylinteri. (Valmet ProductVault 2014)	16
Kuvio 6. VacRoll-alipainetela (Valmet ProductVault 2014).....	17
Kuvio 7. Ajettavuuslaatikko, jossa alipaine luodaan ilmaa imemällä. (Valmet Runnability systems n.d.)	19
Kuvio 8. Kaavin yksikkö, johon on integroitu taskutuuletin. (Valmet Runnability systems n.d.).....	21
Kuvio 9. Työpaikkatapaturmat paperiteollisuudessa (Työturvallisuuskeskus n.d.)	22
Kuvio 10. Erilaisia nostovöitä (Nostoapuvälineet turvallisuus 2010. 30).....	27
Kuvio 11. Päälysteraksi (Nostoapuvälineet turvallisuus 2010. 30)	27
Kuvio 12. Ketjuviputalja, jonka nostokapasiteetti on jopa 9000kg (Machinetool nostolaitteet 2017).....	28
Kuvio 13. Käyttövarmuuden aikamääreitä (Muokattu lähteestä Remantor, käyttövarmuus n.d)	31
Kuvio 14. RAKPM3 etukuivatusosa (RAKPM3 Dryer section n.d.)	32
Kuvio 15. RAKPM3:n jälkikuivatusosa (RAKPM3 Dryer section n.d.)	33
Kuvio 16. Vaaramerkkien luokittelu (Valmet käyttö- ja huolto-ohjeet, RAKPM3. 2016)	34
Kuvio 17. Kuivatussylinteri 34:n vaihto ei onnistu kerrotulla tyylillä.....	40
Kuvio 18. Tela nostettu puhalluslaatikon alareunaan.....	41
Kuvio 19. Nostovälineiden kulmien suuruus ei ole riittävä.....	41
Kuvio 20. Telan tuonti ulos huuvasta ei onnistu turvallisesti ilman runkoon asennettavaa välitukea	42
Kuvio 21. Telan kiinnittäminen salinosturiin ei onnistu ilman koneen runkoon asennettavaa välitukea	43
Kuvio 22. Tela alemman kuivatussylinterin päällä ja kiinnitettynä ylempien kuivatussylintereiden päällä oleviin siirtolaitteisiin	44

Kuvio 23. Tela ylärivin sylintereiden päällisten siirtolaitteiden kannatuksessa.....	45
Kuvio 24. Telan kiinnitys kolmeen kuivatussyliinteriin	46
Kuvio 25. Haasteet telan pitkittäisen kiskon siirtolaitteiden asennuksessa	49
Kuvio 26. Kapea viiranhoitosilta aiheuttaa ongelmia	49
Kuvio 27. Poikittaiskiskoon asennettavien vaunujen käsittely ei onnistu hoitotasolta	50
Kuvio 28. Kuivatussyliinterin kannatus nostotunkin avulla	52
Kuvio 29. Ylemmän rivin kuivatussyliinterin kannattelu laakerin vaihdon aikana	53
Kuvio 30. VacRoll-alipainetelan kannattaminen kuivatusyliintereitä apuna käyttäen	54
Kuvio 31. VacRoll-alipainetelan keventäminen mekaanisella tunkilla.....	55
Kuvio 32. Tappivaihte sijaitsee yli kolmen metrin korkeudessa	56

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tausta

Toimeksiantajalla oli tarve opinnäytetyölle, koska toimeksiantaja tarvitsi yksityiskoh-
taisemmat ohjeet siitä, miten kuivatusosan eri laitteiden huoltotyöt kuuluisi suorittaa
turvallisesti. Toimeksiantajan jo olemassa olevissa ohjeissa ei ole otettu kantaa sii-
hen, miten vaihdettava laite otetaan kannatukseen tai mitä on siirrettävä tieltä, jotta
vaihto onnistuu. Ohjeissa ei ole myöskään havainnollistavia kuvia tai töiden suoritta-
misen eri vaiheissa huomioitavia asioita. Ohjeiden avulla yritys voi näyttää asiakkaalle
havainnollistavien kuvien avulla, että kuinka helposti työt ovat suoritettavissa. Ohjei-
den avulla Valmet pystyy myös kouluttamaan omaa henkilöstöään.

Valtioneuvoton asetus 400/2008 koneiden turvallisuudesta määrää konevalmistajan
suunnittelemaan koneen niin, että kone on huollettavissa turvallisesti. (VNa
400/2008) Sen lisäksi on myös konevalmistajan liiketoiminnan kannalta oleellista ot-
taa jo suunnitteluvaiheessa kantaa kohteen huoltotöiden turvallisuutta ja tehok-
kuutta parantaviin työohjeisiin, sillä ne ovat yksi iso osa kilpailua. Kovassa kilpailuti-
lanteessa ei riitä enää, että tuotteet ovat laadukkaita ja hinnaltaan kilpailukykyisiä,
vaan myös niiden huollettavuus on oleellinen osa asiakkaan ostopäätöksessä. Asiak-
kaalle on tärkeä tietää, että miten helposti ja turvallisesti huollettavissa heidän mah-
dolliset hankinnat ovat. Huoltotöiden kustannukset voivat hankalasti vaihdettavilla
laitteilla olla moninkertaiset, verrattuna hyvän huollettavuuden omaaviin laitteisiin.

Kuivatusosan huoltotöistä suurin osa on isojen ja raskaiden kappaleiden nostamista.
Kappaleiden nostoihin liittyy isoja riskejä ja lisäksi ne ovat suunnittelemattomina
haastavia ja hitaita suorittaa. Paperikoneiden seisokit aiheuttavat asiakkaille suuria
tuotannonmenetyskustannuksia, joten perusteellisilla huolto-ohjeilla asiakkaat pysty-
vät lyhentämään keskimääräistä korjausaikaa ja siten vähentämään sekä tuotannon-
menetyskustannuksia, että kunnossapitokustannuksia. Lisäksi suurin osa paperiteh-
taiden onnettomuuksista sattuu nimenomaan kunnossapitotöitä tehdessä, joten oh-
jeissa on hyvä olla huomioita turvallisuutta vaarantavista tekijöistä.

1.2 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää kuivatusosan eri laitteiden huolto-ohjeita niin, että kunnossapitotöiden turvallisuus ja tehokkuus paperikoneen kuivatusosalla paranee. Työn tavoitteena oli tehdä ohjeet seuraaviin töihin:

- Viiranjohtotelojen vaihtaminen.
- VacRoll-alipainetelan kannattelu laakerin vaihdon mahdollistamiseksi.
- Kuivatussylinterin kannattelu laakerin vaihdon mahdollistamiseksi.
- Tappivaihteen vaihtaminen VacRoll-alipainetelaan.
- Tappivaihteen vaihtaminen kuivatussylinteriin.

Huolto-ohjeiden kehittämisen lisäksi työn tavoitteena oli tarkastella, että mitä asioita aiempia ohjeita tehdessä on jäänyt huomioimatta ja mitkä seikat heikentävät kohteiden huollettavuutta.

1.3 Tiedonhankinta ja tutkimusmenetelmät

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tehdä kuivatusosan huoltotöille sellaiset ohjeet, jotka parantavat huoltotöiden työturvallisuutta ja toimivuutta. Tutkimusmenetelmänä käytettiin kvalitatiivista eli laadullista tutkimusmenetelmää. Työssä oli seuraavia laadulliseen tutkimukseen liittyviä peruspiirteitä:

- työn raportoinnissa käytetään sanoja numeroiden sijaan.
- tutkimuksessa pyritään saamaan mahdollisimman paljon irti yksittäisistä tapauksista.
- tutkittaessa haastateltiin tiettyjä asiantuntijoita suorassa kontaktissa.
- ”ongelmissa” edettiin yksittäisistä havainnoista tuloksiin.
- tietoa kerättiin kirjallisista lähteistä sekä havainnoimalla ja haastattelemalla. (Kananen, 2008, 24-25)

Työtä lähdettiin purkamaan kvalitatiivisilla tutkimusmenetelmillä kahden avainkysymyksen kautta: Kuinka kuivatusosan huoltotyöt saadaan suoritettua turvallisesti? Kuinka kuivatusosan huoltotyöt saadaan suoritettua tehokkaasti? Ratkaisujen löytymiseksi oli vastattava mm. seuraaviin alatutkimuskysymyksiin:

- Mitä nostoapuvälineitä työn suorittamisessa tarvitaan?
- Montako henkilöä töiden suorittamiseen tarvitaan?
- Mitä turvallisuusvälineitä tarvitaan?
- Mitä huomioitavia asioita on eri vaiheissa vaihtoa?
- Mitkä ovat töiden turvallisen suorittamisen perusedellytykset?
- Onko laitteiden nostopisteet turvallisesti suunniteltu?
- Mistä kohtaa kappaletta nostetaan?
- Miten työt voidaan suorittaa purkamalla huoltotyön tieltä mahdollisimman vähän osia?

Työn toteutukseen liittyvää aineistoa mm. kuvia ja ohjeita saatiin paljon Valmetin omasta tietokannasta ja tutkimalla mitä erilaisia kuivatusosan kunnossapitotöitä helpottavia apuvälineitä ja työkaluja markkinoilta löytyy. Työhön tarvittavan nykytilanteen kartoittamiseen löytyi aineistoa toimeksiantajan tietokannasta, sekä toimeksiantajan asiantuntijoilta.

1.4 Valmet Technologies Oy

Valmet on maailman johtava paperi-, sellu- ja energiateollisuuden automaation, teknologian sekä palveluiden kehittäjä ja toimittaja. Valmetin tuotevalikoima pitää sisälleen kartonki-, paperi-, kuitu- ja selluteollisuuteen suunniteltuja ja valmistettuja tuotteita. (Valmet yrityksenä 2017)

Valmet on jakanut liiketoimintansa viiteen maantieteelliseen alueeseen sekä neljään liiketoimintalinjaan. Maantieteellisiä alueita ovat EMEA (Eurooppa, Lähi-Itä ja Afrikka), Pohjois-Amerikka, Etelä-Amerikka, Kiina sekä Aasian ja Tyynenmeren alue. Liiketoimintalinjoja ovat sellu ja energia, palvelut, paperit ja automaatio. Valmet toimii

yhteensä noin 30 maassa ja se työllistää noin 12 000 henkeä. Valmetin liikevaihto vuonna 2016 oli noin 2,9 miljardia euroa. (Mts.)

1.4.1 Valmet Technologies Oy Rautpohja

Jyväskylässä toimiva Rautpohjan teknologiayksikkö on erityisesti keskittynyt tekemään ja suunnittelemaan perälaatikoita, teloja sekä viira- ja puristinosia. Jyväskylän Rautpohjassa toimii noin 1500 työntekijää. Näistä Valmetin palveluksessa toimii noin 1250 henkilöä ja loput ovat partnereiden ja alihankkijoiden palveluksissa. (Valmet Jyväskylä, yleisesittely 2016)

1.4.2 Työturvallisuus ja terveys Valmetilla (HSE)

Työturvallisuus on iso asia Valmetilla ja siihen halutaan panostaa todella paljon, sillä työtapaturmakustannukset ovat todella korkeita niin henkisellä, fyysisellä, rahallisella kuin imagollisellakin tasolla. Valmet on omalla tekemisellään sitoutunut kehittämään sekä omaa, että palveleмиensa teollisuudenalojen terveyteen, työturvallisuuteen ja ympäristöön liittyvää suorituskyykyä. Valmet haluaa tarjota turvallisen työympäristön ja jatkuvalla parantamisella se keskittyy vahvan turvallisuuskulttuurin rakentamiseen. Valmetilla ollaan sitouduttu antamaan organisaatioiden käyttöön kaikki tarvittava koulutus, työkalut ja prosessit, jotta työntekijöiden turvallisuus ja terveys pystytään varmistamaan. (Valmetin työterveys ja turvallisuus 2017)

Valmetin vähimmäisvaatimuksena on noudattaa HSE-politiikan mukaisesti soveltuvia lakeja ja määräyksiä. Lisäksi Valmet on määritellyt globaalit vähimmäisturvallisuusvaatimukset riskialttiille työtehtäville yhteisen turvallisuustason varmistamiseksi kaikissa toiminnoissa. Valmetin toiminta on sertifioitu työterveyteen ja -turvallisuuteen liittyvän OHSAS 18001-standardin mukaisesti. (Mts.)

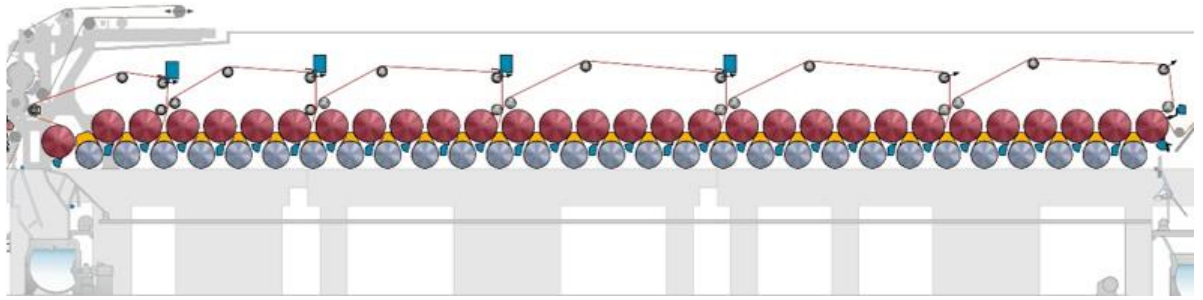
2 Paperikoneen kuivatusosa

2.1 Kuivatusosan rakenne ja toiminta

Kuivatusosan ensisijainen tehtävä on kuivata paperia puristinosan jälkeisestä kuivatusosasta paperin lopulliseen kuiva-ainepitoisuuteen paperirataan johdetun lämpöenergian avulla. Kuivausprosessin tulisi olla mahdollisimman tehokasta ja ekonomista. Näiden ominaisuuksien takia paperin märässä päässä luodut ominaisuudet eivät kuitenkaan saa heiketä. Paperiradan kuiva-ainepitoisuus on kuivatusosalle tullessa 35-50% ja kuivatusosan jälkeen paperilajista riippuen 91-95%. Paperin kuivaamisen lisäksi kuivatusosalla voidaan paperia myös pintaliimata ja päällystää erillisillä päällystys- ja pintaliimauslaitteilla. (Karlsson 2010, 14-16.)

Monisynterikuivaus höyryllä lämmitetyillä sylintereillä on yleisin käytössä oleva kuivatusmetodi paperin ja kartongin kuivatuksessa. Synterikuivaus mahdollistaa paperiradan tuetun kuljetuksen, jolloin mahdollistetaan paperin parempi sileys. Muita synterikuivatuksen hyötyjä ovat mm. hyvä energiatehokkuus hyvän lämmöntalteenottojärjestelmän avulla, hyvä paperin sileys ja hyvä ajettavuus yksiviiraviennissä. Synterikuivatusosa jaetaan yleensä yksiviira- ja kaksiviiravienteihin. (Karlsson 2010, 14-16; KnowPap 2016)

Kuivatusosa on paperikoneen pisin osa sisältäen jopa 50 pyörivää sylinteriä ja käytännön syistä se onkin jaettava erilaisiin kuivatus- ja höyryryhmiin. Paperikoneen koosta riippuen synterikuivatusosa koostuu 5-10 kuivatusryhmästä (ks. kuvio 1) ja niihin jako määräytyy radan kuivumisesta aiheutuvan kutistustaipumuksen mukaan. Jokaisessa kuivatusryhmässä on omat käyttömoottorinsa, kiristimensä ja kuivatusviiransa, joiden avulla ryhmien välille voidaan muodostaa nopeuseroja. Nopeuseroilla saadaan rata pidettyä kireänä ajettavuuden parantamiseksi. (Karlsson 2010, 14,80; KnowPap 2016)



Kuvio 1. OptiRun-yksiviiravienti, jossa 6 kuivatusryhmää (Kuivatusosan konseptit n.d)

Höyryryhmiin jako kuivatusosalla määräytyy vaadittujen sylinterien lämpötilojen tarvitseman höyrynpaineen mukaan. Kuivatusosan ensimmäisillä sylinteriryhmillä käytetään alhaisia höyrynpaineita ja siten lämpötiloja, jotta vältetään paperirainan tarttuminen sylintereihin. Kuivumisen alkua kutsutaan lämmitysvaiheeksi ja siinä paperiraidan lämpötila nousee ja alkaa veden haihtuminen. Toisessa vaiheessa, jota kutsutaan tasaisen kuivumisen vaiheeksi sylinterien ja paperirainan lämpötilat kasvavat ja paperirainan kuiva-ainepitoisuus kasvaa voimakkaasti ja saavutetaan kriittinen kosteuspiitoisuus. Kuivatusosan lopussa, kun paperiraina ei pidä sisällään paljoa vettä alkaa rai-
nan lämpötila nousta ja se saavuttaa lopullisen kuiva-ainepitoisuuden. (Karlsson 2010, 246, 249-251)

Nykyisin kaikki uudet paperi- ja kartonkikoneet on eristetty konesalista suljetun huu-
van avulla (ks. kuvio 2). Suljetulla huuvalle saavutetaan huomattavia etuja kuivauksen hallintaan, ilmavirtausten hallintaan ja energiatehokkuuteen. Täysin suljetun huu-
van avulla saavutetaan seuraavanlaisia hyötyjä:

- Paperiraidan kuivatusolosuhteet stabiloituvat, kun koneen ulkopuoliset ilma-
virtaukset saadaan eristettyä huuvan ulkopuolelle.
- Energiatehokkuus paranee, kun lämpöenergian kulutus vähenee pienempien
lämpöhäviöiden ansiosta. Myös mahdollisuus käyttää kosteampaa poistoil-
maa.
- Työskentelyolosuhteet konesalissa paranevat, kun kosteus- ja lämpövuodot
ovat paljon pienempiä. Myös melutaso on konesalissa paljon alhaisempi.
- Laitteet ja rakennus palvelevat paremmin, kun huuva estää ilmankosteuden
leviämisen konesaliin, jossa se voisi kondensoitua ja siten aiheuttaa korroo-
siota ja rakennuksen heikkenemistä. (Karlsson 2010, 25-26, 438-440)

Huuva on osa kuivatusosan ilmastointia, jonka se muodostaa yhdessä lämmön talteenottolaitteiden, taskutuulettimien sekä kuivatusilma- ja poistoilmalaitteiden kanssa. Ilmastoinnin tehtävinä on kuljettaa kuivatuksessa muodostunut vesihöyry pois ja tuoda huuvan sisään kuivaa ja lämmitettyä ilmaa. (Karlsson 2010, 438-440)



Kuvio 2. Kuivatusosan huuva (Valmet Media Bank N.d.)

2.2 Yleisimmät käytössä olevat kuivatuskonseptit

Paperin ja kartongin valmistuksessa käytetään yleisesti kolmea eri kuivatusmenetelmää. Kontakti- eli sylinterikuivatusta, puhalluskuivatusta ja säteilykuivatusta. Kaikissa kuivatusmenetelmissä paperirataan tuodaan ulkoista energiaa, joka haihduttaa vettä pois radasta. Haihtunut vesi siirretään pois radan läheisyydestä ilman avulla. Eri kuivatusmenetelmät eroavat toisistaan energiantuontitavoissa. (KnowPap 2016)

Valmetilla kuivatuskonseptit jaetaan karkeasti neljään eri kategoriaan: OptiRun Single eli yksiviiravientiin, OptiRun Double eli kaksoisviiravientiin, OptiRun Hybrid eli yksi- ja kaksiviiraviennin yhdistelmään sekä päällepuhalluskuivatukseen. Näistä yleisimmin käytettyjä ovat kolme ensin mainittua. Päällepuhalluskuivatusta käytetään apuna sylinterikuivatuksessa, tavoitteena saavuttaa parempi ajettavuus ja kuivauksen tehokkuus. (Valmet kuivatuskonseptit n.d.)

Paperin kuivaamisen lisäksi kuivatusosalla voidaan paperia myös pintaliimata ja päällystää erillisillä päällystys- ja pintaliimauslaitteilla. Niiden kuivaamiseen käytetään infra- ja puhalluskuivaimia, sillä paperiradan kuivaaminen ei ole kontaktikuivatuksella mahdollista sylinteriin kiinni palamisen takia. (TopModuli, Kuivatusosa 2007)

2.2.1 Yksiviiravienti

Yleisin nykyisin käytettävä kuivauskonsepti kuivatusosalla on paperikoneiden suurista nopeuksista johtuen yksiviiravienti. Yksiviiraviennissä höyr sylintereitä on yhdessä rivissä ja niiden parina toimii yleensä uritettuja ja rei'itettyjä VacRoll-alipaineteloja. Toinen nykyisin harvoin käytetty vaihtoehto on VacRoll-alipainetelojen sijasta käytettävä UnoRoll konsepti, jossa telassa on pelkät urat. Yksiviiraviennissä on kullakin kuivausryhmällä vain yksi viirakierto. (Karlsson, 2010, 23, 81; KnowPap 2016)

Alipainetelojen ja yksiviirakonseptin käyttö on edesauttanut päävientiin kehittymiseen ilman köysiä tapahtuvaksi automaattiseksi päävientijärjestelmäksi. Tämä on nostanut myös paperikoneiden hyötysuhdetta paremmaksi lyhyempien katkoaikojen ja päävientilaitteistojen huoltotarpeen vähentymisen myötä. (KnowPap 2016; TopModuli, Kuivatusosa 2007)

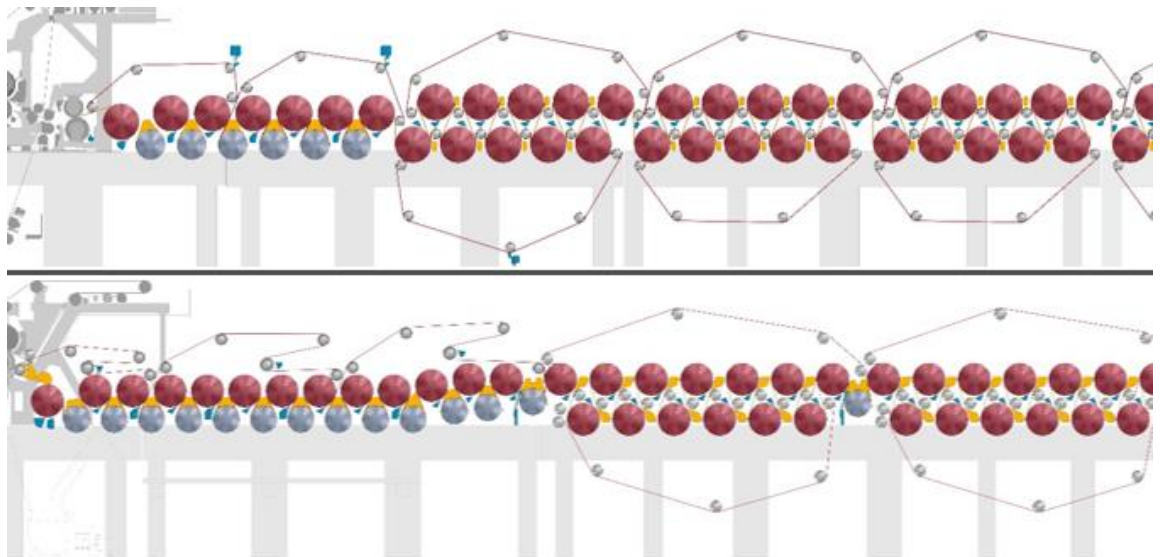
Yksiviiraviennin huonona puolena on, että alakuivain ei vaikuta paperiradan kuivatukseen. Tällöin kuivatustehokkuus on huonompi ja näin kuivatusosat kasvavat, mikäli käytetään pelkkää yksiviiravientiä. (Karlsson 2010, 81)

2.2.2 Kaksiviiravienti

Kaksiviiraviennissä on kahdessa kerroksessa höyryllä lämmitettyjä sylintereitä ja paperirata kulkee sylinteriltä sylinterille tukemattomana. Rata kulkee tukemattomana, sillä kaksoisviiraviennissä on omat viirakerrot ylä- ja alapuolella. Kaksiviiraviennin etuna yksiviiravientiin nähden on se, että kaikki sylinterit ovat höyryllä lämmitettyjä, jolloin myös jokainen sylinteri osallistuu radan lämmitykseen ja siten veden haihdu-

tukseen. Paperirata kulkee kahden viiran välissä tiiviisti sylintereitä vasten ja lämpee vuoroin molemmilta puoliltaan, jolloin kuivuminen on tehokasta ja tasaista molemmilta puolin paperia. (Karlsson 2010, 23, 80-81)

Puhtaita kaksiviiravientejä käytetään puutteellisen radan tuennan takia ainoastaan hitailla koneilla. Kaksiviiraviennin huonon radan tuennan ja siten ajettavuuden vuoksi suurilla nopeuksilla käytetään kuivatusosan alussa usein yksiviiravientiä nostamaan radan kuiva-ainepitoisuutta. Tällöin kuivatusosan lopussa voidaan käyttää kaksiviiravientiä paperirainan parantuneen lujuuden ansiosta. Kuivatusosan lopussa voidaan kaksiviiraviennin alueella paperia kuivata tehokkaammin ilman suurta riskiä paperin sylinteriin kiinnipalamisesta. Valmetilla tällaisesta yksi- ja kaksiviiraviennin yhdistelmästä käytetään nimeä OptiRun Hybridi. (ks. kuvio 3)



Kuvio 3. Valmetin OptiRun Hybridi kuivatuskonsepti. (Valmet Productvault 2015)

2.2.3 Päällepuhalluskuivatus sylinterikuivatuksen tehostamisessa

Kasvaneet tuotantotarpeet, laatuvaatimukset, konenopeudet ja siirtyminen yksiviiravientiin hyvän ajettavuuden takaamiseksi koko kuivatusosalle ovat johtaneet pidentyneisiin koneisiin. Yksi hyvä keino kuivatuksen tehostamiseksi ja siten kuivatusosan lyhentämiseksi on päällepuhalluskuivatus, jonka kuivatusnopeus on jopa 3-4 kertaa

parempi kuin perinteisessä sylinterikuivatuksessa. Paremman kuivatusnopeuden ansiosta kuivatusosien pituuksien kasvu saadaan kuriin ja itseasiassa kuivatusosat saadaan lyhyemmiksi. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 164; Karlsson 2010. 128.)

Päällepuhalluskonsepti perustuu kuumailmapuhallukseen. Kuumaa noin 350-400 celsiusasteista kaasupolttimilla lämmitettyä ilmaa puhalletaan suoraan paperirataan kovalla noin 90-100m/s nopeudella, jolloin paperiradasta haihtuu vettä. Haihtunut vesi ja poistoilma imetään takaisin kuivaimeen. Kokonaistilarpeen pienentämiseksi ja energiatehokkuuden maksimoimiseksi kaasupolttimet ja kiertoilmajärjestelmä on rakennettu päällepuhallushuuvien sisään. (ks. kuvio 4) (Karlsson 2010, 151-152; Know-Pap 2016)

Suurimmat hyödyt päällepuhallusteknologialla saavutetaan asentamalla se yksiviirakuivatuksen alkuun, jossa raina tarttuu herkästi kuumen sylinterin pintaan aiheuttaen ajettavuus- ja laatuongelmia. Käyttö kuivatusosan alkupäässä nostaa nopeasti paperiradan kuiva-ainepitoisuutta parantaen ajettavuutta ja näin mahdollistaa kovemmat ajonopeudet paperikoneella. (Karlsson 2010, 128.)

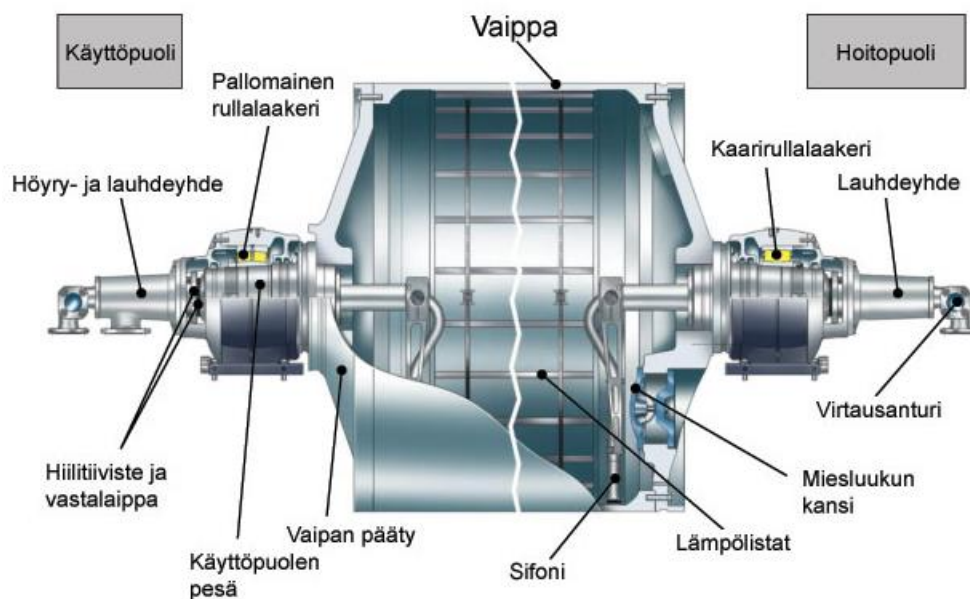


Kuvio 4. Päällepuhalluskuivaimen periaate (Valmet ProductVault 2015)

3 Pääkomponentit kuivatusosalla

3.1 Kuivatussylinteri

Kuivatussylinteri (ks. kuvio 5) on yleisimmin valuraudasta valmistettu paineastia, jonka päätyihin on pultattu valuraudasta valmistetut päätylaipat. Kuivatussylinterien standardihalkaisijat ovat 1830 ja 1500mm. Sylintereissä voidaan käyttää jopa 11 bar:n painetta. Sylinteriä lämmitetään syöttämällä sen sisälle höyry-yhteen kautta höyryä, joka luovuttaa lämpönsä sylinterin vaippaan ja siitä lämpö siirtyy paperirataan. Lauhtunut höyry eli lauhde kerätään sylinterin sisältä sifonien avulla lauhdekytkimen kautta lauhdejärjestelmään. (Karlsson 2010, 91,98; Valmet Product Vault 2014)



Kuvio 5. Kuivatussylinteri. (Valmet ProductVault 2014)

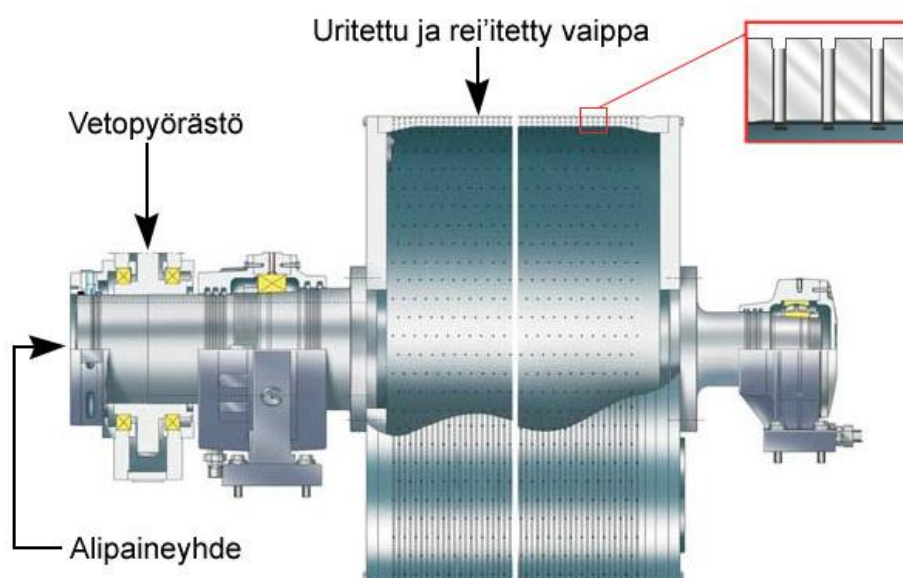
Höyryn ja paperin välinen lämpövirran suuruus riippuu kokonaislämmönsiirtokertoimesta, pinta-alasta sekä lämpötilaerosta paperin ja höyryn välillä. Höyryn luovuttaman lämmön johtumista sylinterin pintaan huonontavat sylinterin sisällä oleva lauhde, ruoste, sylinterin vaippa sekä lika- ja ilmakerros paperiradanradan ja sylinterin välissä. (Karlsson 2010, 98-99)

Paperin ja höyryn välistä lämpövirtaa voidaan parantaa nostamalla höyrynpainetta sekä huolehtimalla sylinterien pintojen puhtaudesta ja lauhteenpoiston tehokkuudesta. Kuivatusta voidaan myös tehostaa huomattavasti asentamalla sylinterin sisäpinnalle lämpölistat, jotka rikkovat lauhdekerroksen. (Karlsson 2010, 105-106; Valmet ProductVault 2014)

3.2 VacRoll-alipainetela

VacRoll-alipainetelat (ks. kuvio 6) ovat uritettuja ja rei'itettyjä teloja, joita käytetään yksiviiraviennissä varsinkin suurilla nopeuksilla parantamaan koneen ajettavuutta. Telan rei'itetyistä urista imetään ilmaa keskipakopuhaltimen avulla ja se saa uriin aikaan alipaineen, joka imee paperiradan kiinni telan pintaan. Reikien tiheys on suurin vaipan reunoilla, jolloin sinne saadaan aikaan suurin alipaine ja näin reunoille saadaan parempi paperiradan tuki. (Karlsson 2010, 91; Valmet ProductVault 2015)

VacRoll-alipainetelat ovat korkealaatuisesta valuteräksestä valmistettu ja niiden yleisin halkaisija on 1500mm. Alipainetela on päistään rullalaakeroitu ja hoitopuolen laakereihin on järjestetty lämpölaajenemisvara. Teloissa on hoitopuolella miesluukku, jonka kautta voidaan suorittaa telan sisällä tapahtuvat kunnossapitotyöt. (Valmet ProductVault 2015)



Kuvio 6. VacRoll-alipainetela (Valmet ProductVault 2014)

VacRoll-alipainetelosten ja yksiviirakonseptin käyttö on edesauttanut päänviennin kehittymiseen köydettyinä tapahtuvaksi automaattiseksi päänvientijärjestelmäksi. Automaattinen päänvienti on nostanut kyseisten paperikoneiden hyötysuhdetta paremmaksi lyhyempien katkoaikojen ja päänvientilaitteistojen pienemmän huoltotarpeen myötä. (TopModuli, Kuivatusosa 2007)

3.3 Kuivatusviirat

Kuivatusviirien tärkeimmät tehtävät ovat paperiradan tukeminen radan kuljetuksessa, tehokas lämmönsiirto kuivatussyylinteristä paperiin, voimavälittäjinä toimivien telosten pyörittämisessä ja ilmanvaihdon välikappaleena toimiminen. Nämä tehtävät vaativat viiroilta hyvää ilmanläpäisykykyä, kulumiskestävyyttä, taivutuslujuutta, kemikaali- ja korroosiokestävyyttä. Kuivatusviirat valmistetaan yleensä synteettisistä monofilamenteista ja langoista. Materiaaleina on yleensä polyesteri, polyfenyyylisulfidi tai polyeetterieetteriketoni. (Karlsson 2010, 544-545 & 562.)

3.4 Viiranjohtotela

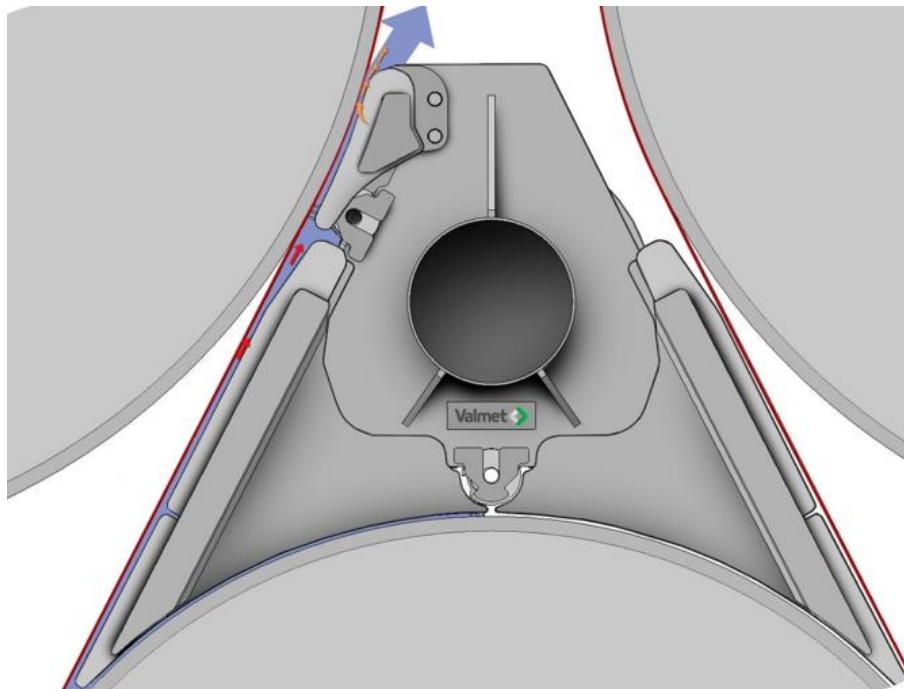
Viiranjohtotelat ovat tärkein viirakierron ja viiran kireyden mahdollistava komponentti kuivatusosalla. Viiranjohtotelat ovat tavallisesti teräksestä valmistettuja ja niiden halkaisija vaihtelee paperikoneen leveyden ja nopeuden mukaan 250 millimetristä 850 millimetriin. Viiranjohtoteloja käytetään kiristimissä, ohjaimissa sekä kulma-, tasku- ja kuiluteloina. (Karlsson 2010, 91-92; Matilainen 20.)

3.5 Ajettavuuslaatikot

Yksi paperikoneiden päätehtävistä on taata paperirainan häiriötön kulku läpi koneen. Yleensä häiriötön kulku kuivatusosalla on hoidettu tukemalla paperirata joko viiraa tai sylinterin pintaa vasten. Paperirata kuitenkin liikkuu myös vapaissa tukemattomissa väleissä ja lisäksi rataa vaikuttaa erilaisia hallitsemattomia ilmavirtauksia,

jotka pyrkivät erottamaan paperirainan viirasta. Paperiradan irtoaminen viirasta aiheuttaa radan venymistä ja rynkkyjen syntymistä etenkin radan reunalle. Paperirainan tukemiseksi on kehitetty erilaisia telojen väleihin asennettavia puhalluslaatikoita (ks. kuvio 7), joilla tuetaan rataa suunnatulla ilmavirtauksella. (Karlsson 2010, 91; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2006, 162-163.)

Valmet on kehittänyt parempaa radan hallintaa varten HiRun-konseptin, jossa kriittisiin kohtiin luodaan voimakas alipaine. Voimakas alipaine varmistaa, että paperirata seuraa kuivatusviiraa. HiRun-puhalluslaatikoita on kahta eri mallia: HiRun 2000 ja HiRun4000. HiRun- puhalluslaatikot eroavat toisistaan sillä, että puhalluksen lisäksi HiRun 4000:ssa alipaine luodaan myös imemällä. Valmetilla on lisäksi käytössä UnoRun ja SymRun konseptit. Eri puhalluslaatikoiden käyttö riippuu mm. konenopeudesta, tarvittavasta alipainetehosta ja käyttöpaikan sijainnista. (Valmet Productvault 2014.)



Kuvio 7. Ajettavuuslaatikko, jossa alipaine luodaan ilmaa imemällä. (Valmet Runnability systems n.d.)

3.6 Pesurit

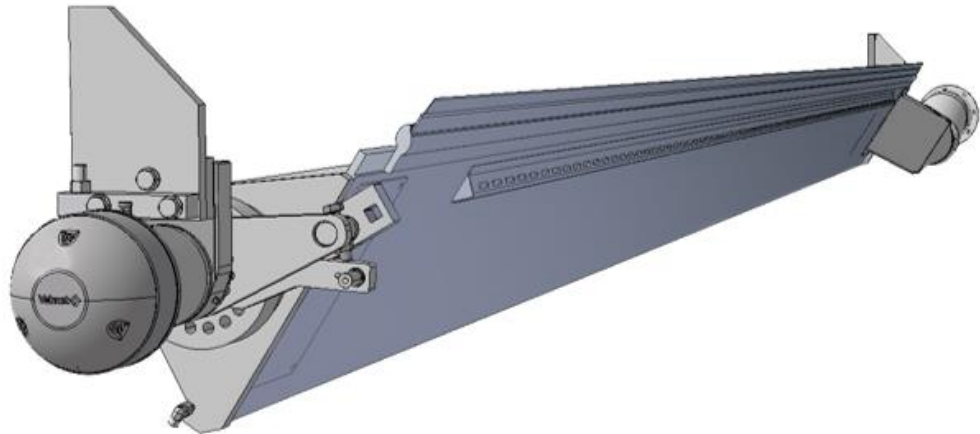
Kuivatusviirojen puhtaanapito on todella tärkeää, sillä likaiset ja tukossa olevat viirat huonontavat viiran ilmanläpäisykykyä. Viirojen huonompi ilmanläpäisykyky taas johtaa huonompaan kuivaustehoon, ilmanvaihtoon ja ajettavuuskomponenttien toimintaan. Viiranpuhdistimien käyttö ja sitä kautta saavutettu viirojen parempi ilmanläpäisy tuo mukanaan useita hyötyjä:

- vähemmän katkoja.
- pienempi energian kulutus kuivatusosalla.
- parempi paperin laatu.
- viirojen pidempi käyttöikä ja
- suurempi tuotantovolyymi (Valmet Solution Finder 2016).

Nykyisin markkinoilla on kuivatusviirojen pesuri, joka mahdollistaa viirojen puhdistuksen tuotannon aikana, joko jatkuvatoimisesti tai ajoittain toimivasti. Kyseinen pesuri puhdistaa viiran joko korkeapaineisen vesisuihkun tai nopean höyrypuhalluksen avulla. Korkeapaineista vettä käytetään katkojen aikaan ja suuntauksessa käytetään puhdistinpäätä, jota kuljetetaan viiran poikkisuunnassa. Puhdistuksessa irtoava lika ja muodostuva vesihöyry kuljetetaan pois ilman ja imun avulla. Kuumaa vesihöyryä käytetään jatkuvatoimisena ajon aikana. (Valmet Solution Finder 2016)

3.7 Kaapimet

Telojen ja sylintereiden pinnan puhtaan pitäminen on kuivatusprosessin tehokkuuden ja toimivuuden kannalta tärkeä ominaisuus. Kaapimien (ks. kuvio 8) tarkoitus onkin kaapimalla puhdistaa telojen ja sylintereiden pintaa, jotta tämä on mahdollista. Kaavin rakentuu kaavinpalkista, teränpitimestä, terästä, laakeriyksiköistä, kannattimesta, oskillaattorista sekä mahdollisesti kääntölaitteesta ja kääntösylinteristä. (Valmet SolutionFinder Doctoring 2017; Valmet Process improvements 2011.)



Kuvio 8. Kaavin yksikkö, johon on integroitu taskutuuletin. (Valmet Runnability systems n.d.)

Kaapimien käytöllä on suuri vaikutus telojen pinnan kuntoon, telojen ja sylintereiden lämpötilaan, paperiradan ominaisuuksiin, viirojen keston, ajettavuuteen, katkojen määrään ja kustannuksiin. (Valmet SolutionFinder 2017)

3.8 Kiristimet

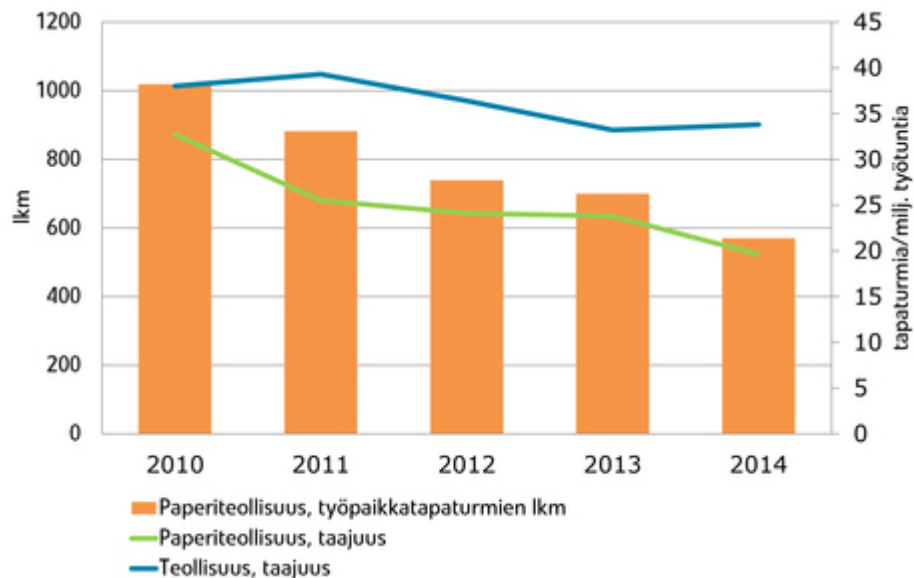
Kiristimien käytön tarkoitus kuivatusosalla on pitää kuivatusviirat riittävässä kireydessä ajon aikana. Viirojen kireys saadaan aikaan liikuttamalla viiralenkissä olevaa telaa. Kiristimet ovat joko hydraulisesti-, sähkömekaanisesti tai pneumaattisesti toimivia. Hydraulisten kiristimien käyttöä puoltaa se, että niillä saavutetaan parempi kiristysvoima, mikä on tarpeen etenkin leveillä koneilla. (Kuivatuosa Top Moduli 2007)

4 Työturvallisuus

4.1 Työturvallisuus paperiteollisuudessa

Suurin osa paperiteollisuuden työtehtävistä on erityyppisiä valvontatehtäviä paperiteollisuuden prosessien suuresta automaatioasteesta johtuen. Työn luonteen takia suurin osa vaaratilanteista ilmenee erilaisissa poikkeustilanteissa kuten huoltotöissä

ja ongelmien selvittämisessä. Huoltotöiden aikaan joutuu usein työskentelemään raskaiden kappaleiden kanssa, kuumissa ja ahtaissa olosuhteissa, joten riski tapaturmille kasvaa. Vuonna 2014 sattui Suomessa paperiteollisuudessa noin 600 työpaikkatapaturmaa (ks. kuvio 9). (Työturvallisuuskeskus n.d.)



Kuvio 9. Työpaikkatapaturmat paperiteollisuudessa (Työturvallisuuskeskus n.d.)

4.2 Turvallinen työympäristö

Turvallisessa työympäristössä työtilat ja työmenetelmät on suunniteltu, ohjeistettu ja toteutettu niin hyvin, että työntekijät voivat suorittaa työnsä turvallisesti ja tehokkaasti. Töissä käytettävät työvälineet ja koneet tulee suunnitella käyttötarkoituksen mukaisiin töihin ja ympäristöön. Lisäksi töiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon työntekijöiden fyysiset edellytykset niin, että raskaissa töissä on käytettävissä tarkoituksenmukaiset apuvälineet keventämään töitä. Työympäristön vaaratekijöiden välttämiseksi on avainasemassa työtehtävien huolellinen suunnitteleminen ja työtehtävien huolellinen opastaminen henkilöstölle. (Työturvallisuuskeskus n.d.)

4.3 Konevalmistajan velvollisuudet

Koneen valmistajan velvollisuutena on suunnitella ja rakentaa kone niin, että konetta voidaan turvallisesti käyttää, huoltaa ja säätää silloin kun kyseiset toimet tehdään tarkoituksenmukaisella tavalla. Valmistajan on tunnistettava koneen aiheuttamat vaarat, vaarapaikat, vaaratilanteet sekä niiden mahdollisesti aiheuttamien vammojen vakavuus ja todennäköisyys. Jos vaaroja ei pystytä kokonaan sulkemaan pois on niiden riskejä, seurauksia ja todennäköisyyttä pienennettävä suojatoimenpiteillä. (VNa 400/2008)

Kone on suunniteltava niin, että sen jokainen komponentti on turvallisesti käsiteltävissä, nostettavissa ja siirrettävissä mikäli niitä käsitellään käyttöohjeiden mukaisella tavalla. Mikäli laitetta tai komponenttia ei voida sen painon, muodon tai koon takia liikuttaa tai nostaa käsin on se:

- varustettava kiinnityskorvakkeilla nostolaiteen kiinnitystä varten.
- suunniteltava siten, että siihen voidaan kiinnittää nostokorvakkeet, tai
- muotoiltava siten, että yleinen nostolaite voidaan kiinnittää siihen ongelmitta.

Mikäli konetta tai sen komponenttia on tarkoitus liikuttaa käsin, on kappale tarvittaessa varustettava erillisillä kiinnikkeillä liikuttamisen turvallistamiseksi ja helpottamiseksi. (VNa 400/2008)

Koneasetus (400/2008) edellyttää, että koneiden usein vaihdettavat komponentit tulee olla vaihdettavissa ja irrotettavissa helposti ja turvallisesti. Komponenttien tulee olla ulottuvilla niin, että vaihtotyöt voidaan teknisiä apuvälineitä käyttäen suorittaa koneen mukana toimitettavien käyttö-, huolto- ja korjausohjeiden mukaan.

Lisäksi koneiden rakenteiden on oltava sellaisia, että koneen käyttäjät ja huoltajat pääsevät turvallisesti sellaisille alueille, jotka ovat koneen käytön, säädön ja huollon kannalta tarpeellisia.

4.4 Turvallinen nostaminen

Taakan nosto- ja siirtotöihin liittyy lähes aina jonkinlaisia vaaratekijöitä, jotka voivat aiheuttaa työtapaturman tai taloudellisen menetyksen riskin. Nostoaluetta ei yleensä voida kokonaisuudessaan eristää niin perusteellisesti, ettei töistä aiheutuisi vaaraa nostotapahtumaan osallistuville tai sen läheisyydessä työskenteleville henkilöille. Arvioiden mukaan työtapaturmista jopa viisikymmentä prosenttia tapahtuu nostojen tai siirtojen aikana. Suurimmat riskit nostotyöskentelyssä liittyvät taakan kiinnitykseen, nostoon, kääntämiseen, siirtämiseen ja nostoapuvälineiden huonoon kuntoon. (Nostoapuvälineet turvallisuus 2010. 7,39)

Turvallisuuden vuoksi kaikki nostotapahtumat tulee suunnitella huolellisesti. Kun nostot suoritetaan useammalla nostolaitteella, on tehtävä erillinen nostotyösuunnitelma, jolla varmistetaan laitteiden toimintojen yhteensovittaminen. Erillinen suunnitelma on tehtävä myös, jos suoritetaan raskaita nostoja ja suurten kappaleiden nostoja. Hyvällä suunnitelmalla ja oikeiden nostovälineiden valinnalla voidaan jo ennen noston suorittamista karsia suurimmat riskit. (Nostoapuvälineet turvallisuus 2010)

Nostotöiden suunnittelussa ja nostolaitteiden valinnassa on otettava huomioon seuraavanlaisia seikkoja:

- Selvitettävä taakan paino, muoto, painopiste ja nostoasento, jotta nosto voidaan suorittaa tasapainoisesti.
- Alueella mahdollisesti tehtävät muut nostot.
- Taakan tukeminen ja kiinnityskohdat kappaleen tukemiseksi ja liukumisen estämiseksi.
- Nostoon osallistuvien henkilöiden määrä.
- Valittava taakan nostoon sopivat nostoapuvälineet.
- On valittava sopivat nostokohdat ja tarvittaessa lisätään kierrereikiä nostolenkkien kiinnittämistä varten.
- Valittava suoritusarvoltaan riittävä nostolaite.

- Varmistettava, että nostoon on riittävästi tilaa.
- Käytettäessä siirrettävää nostolaitetta, on varmistettava alustan kantavuus. Tällä vältetään taakan hallitsemattomat liikkeet ja henkilöiden kaatumiset.
- Huolehdittava riittävä näkyvyys ja turvallisuus alueella.
- Suoritetaan koenosto niin, että taakka nostetaan hiukan irti alustastaan. Tällä varmistetaan noston tasapaino ja kiinnitysten pitävyys ja nostoapuvälineiden sopivuus nostotapahtumaan (VNa 403/2008).

Kuivatusosalla joudutaan suorittamaan paljon erikoisnostoja, joten ennen kappaleiden nostoja täytyy tehdä nostoille suunnitelmat ja dokumentointi siitä, että kuinka kappaletta aiotaan nostaa. Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastuksesta (403/2008) määrittelee nostolaitteiden valinnan ja noston suunnittelun, luvun 3 20§:ssä momenteissa 7 ja 8 erikoisnostojen dokumentoinnista seuraavalla tavalla.

”Laadittava nostotyösuunnitelma, jolla varmistetaan toimintojen yhteensovittaminen, jos taakkaa on nostettava yhtä aikaa kahdella tai useammalla nostolaitteella; sekä

”Ryhdyttävä asianmukaisiin toimenpiteisiin taakkojen tai nostolaitteiden osien välisten törmäysten välttämiseksi, jos kaksi nostolaitetta tai useampia nostolaitteita asennetaan tai pystytetään työpaikalle siten, että niiden toiminta-alueet ovat päällekkäin.”

Mikäli noston aikaan joudutaan työskentelemään riippuvan taakan alla tai vaara-alueella, on ehdottoman tärkeää huolehtia henkilön turvallisuudesta. (Nostoapuvälineet turvallisuus 2010; VNa 403/2008)

Nosto- ja kiinnitystöihin liittyviä lainsäädöksiä ovat työturvallisuuslaki (738/2002), valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta (400/2008) ja valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (403/2008).

4.5 Nostoapuvälineet

Taakkojen nostoon tarvitaan nostolaitteiden lisäksi myös nostoapuvälineitä.

”Nostoapuvälineellä tarkoitetaan komponenttia tai laitetta, jota ei ole kiinnitetty nostolaitteeseen ja jonka avulla kuormaan voidaan tarttua ja joka on sijoitettu koneen ja kuorman väliin tai kiinnitetty itse kuormaan tai joka on tarkoitettu kuorman kiinteäksi osaksi ja joka on saatettu markkinoille erillisesti; raksien ja niiden komponenttien katsotaan myös olevan nostoapuvälineitä.” (VNa 400/2008)

Koneasetus (400/2008) edellyttää, että nostoapuvälineen valmistaja, valmistajan Euroopan talousalueen edustaja tai valmiista komponenteista nostoapuvälineen kokonaisuuden on laadittava nostoapuvälineestä vaatimustenmukainen vakuutus ja kiinnitettävä siihen CE-merkintä.

Jokaisessa nostoapuvälineessä tai nostoapuvälineeseen kiinnitettyssä alustassa/levyssä tulee olla merkittynä seuraavat asiat:

- CE-merkintä vuodesta 1995 alkaen valmistetut tuotteet.
- Valmistusvuosi.
- Suurin sallittu kuorma.
- Valmistajan tiedot.
- Materiaalin tiedot (Nostoapuvälineet turvallisuus 2010. 9-10).

Yleisiä teollisuudessa käytettyjä nostoapuvälineitä ovat muun muassa nostovyöt, sakkelit, nostokorvat, hitsattavat nostosangat ja -silmukat, taljat, nostoraksit ja kettinkiraksit.

4.5.1 Nostovyöt ja päällysteraksit

Nostovyöt ja päällysteraksit (ks. kuvio 10 ja 11) ovat yleensä tekokuiduista valmistettuja. Ne ovat kevyitä, helppokäyttöisiä ja turvallisia käytettäväksi arkojen pinojen nostoissa. Huonoina puolina voi mainita, että ne ovat muita käytettäviä rakseja herkempiä vaurioitumaan. Vaurioiden välttymiseksi tulee nostovyöt ja päällysteraksit

suojata teräviltä kulmilta erilaisilla kulmasuojilla. Olennaisin ero näillä kahdella on sisäisessä rakenteessa. Nostovyössä kantavat langat on kudottu nauhaksi, kun päällysteraksissa langat ovat putkimaisen päällysteen sisällä kantavana vyyhtinä. (Nostoapuvälineet turvallisuus 2010. 30)



Kuvio 10. Erilaisia nostovöitä (Nostoapuvälineet turvallisuus 2010. 30)



Kuvio 11. Päällysteraksi (Nostoapuvälineet turvallisuus 2010. 30)

4.5.2 Ketjugaljat

Nimensä mukaisesti ketjugaljat (ks. kuvio 12) ovat nostoapulaitteita, joissa nostettavaa ja siirrettävää taakkaa kannattelee teräksinen kettinki. Ketjugaljoja on olemassa ketjuvipugaljoja ja käsiketjugaljoja. Vipugaljat ovat rakenteeltaan melko yksinkertaisia. Vipugaljat muodostuvat taakkaa kannattelevasta kettimestä, jonka päässä on nostokoukku, taljan rungosta, käyttövivusta ja käyttökoneisto. Kotelossa on myös integroituna ketjuohjain, joka estää ketjun jumiutumisen, kiertymisen tai lipsahtamisen pois paikaltaan. Käyttökoneistossa on nostosuunnan muuttavat komponentit, jarrujärjestelmä ja ketjupyörä. Käsiketjugaljat ovat rakenteeltaan hyvin paljon samanlaiset. Niissä liike nostoketjulle saadaan vivun sijasta toisen niin sanotun käyttöketjun avulla. (Nostoapuvälineet turvallisuus 2010; Machinetool, nostolaitteet 2017)



Kuvio 12. Ketjuviputalja, jonka nostokapasiteetti on jopa 9000kg (Machinetool nostolaitteet 2017)

5 Kunnossapidon tavoitteena käyttövarmuus

5.1 Globaali kilpailu

Globaalien markkinoiden kasvattama kilpailu ja tiukentuneet asiakkaiden vaatimukset ajavat yritysten toimintaa jatkuvasti enemmän kohti palveluliiketoimintaa. Kasvatavat vaatimukset luovat yritykselle haasteita ja pakottavat etsimään uusia keinoja toimintansa tehokkuuden ja erottuvuuden kehittämiseksi yrityksen jokaisella osa-alueella. Teknologian toimittajalle ei riitä enää vain hyvien toimintavarmojen ja hankintahinnaltaan kilpailukykyisten laitteiden suunnittelu ja valmistaminen, vaan yhä enemmän suunnittelussa on otettava huomioon kohteen turvallisuus, käyttövarmuus ja kunnossapidon suorittamisen helppous. Laitteiden kunnossapitoon liittyvillä päätöksillä jo suunnittelu vaiheessa pyritäänkin maksimoimaan tuotantolaitteiston käytettävyys ja kunnossapitohenkilöstön tehokkuus ja turvallisuus, optimikustannuksilla ja mahdollisimman lyhyellä korjausajalla. (Mechefske & Wang 2003, 302-315; Waeyenberg & Pintelon 2002, 299-313)

5.2 Kunnossapidon merkitys ja määritelmä

Jokainen vikaantuminen vaikuttaa jollakin tavalla tuotantolaitokseen. Jotkut viat laskevat tuotannon tehokkuutta tai kasvattavat toiminnan kustannuksia esimerkiksi kasvaneella energian kulutuksella ja toiset vikaantumiset taas ovat uhka terveydelle tai ympäristölle. Jos mihinkään vikoihin ja töihin ei valmistauduta, niin korjauksien aika, vaiva ja vaatimukset kasvavat ja se taas sitoo organisaation resursseja, joita tarvittaisiin muualla. (Moubray 1997, 10 & 292-294)

Kunnossapito määritelläänkin PSK 6201-standardissa seuraavasti: *”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana.”* (PSK 6201:2011)

5.3 Kunnossapidettävyys

Kunnossapidettävyys määritellään PSK 6201-standardissa seuraavasti: *”Kohteen kyky olla pidettävissä tilassa tai palautettavissa tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon määritellyissä käyttöolosuhteissa, jos kunnossapito suoritetaan määritellyissä olosuhteissa käyttäen vaadittuja menetelmiä ja resursseja.”* Huomautus: *Termiä ”kunnossapidettävyys” käytetään myös kunnossapidettävyyden suureena.”* (PSK 6201:2011)

PSK 6201:2011-standardin mukaan kunnossapidettävyyteen liittyy oleellisesti huollettavuus, luoksepäästävyys, ja vaihdettavuus.

- Huollettavuus on suunniteltu ominaisuus, joka kuvaa kuinka helppoa huolto-toimenpiteet ovat suorittaa. Tekijöitä, jotka vaikuttavat huollettavuuteen ovat mm. huoltokohteiden sijainti, rakenteiden tai suojalaitteiden poistotarve, puhtaana pidettävyyden helppous, osavalikoiman suuruus, osien ja materiaalien yleinen saatavuus, nostojen helppous ja huoltotoimenpiteiden turvallisuus ja kesto.

- Luoksepäästävyydellä tarkoitetaan sitä kohteeseen suunniteltua ominaisuutta, joka kuvaa, että miten helppo kohteen luo on päästä suorittamaan kunnossapitotöitä. Luoksepäästävyyyteen vaikuttaa mm. nostojen mahdollisuudet, konerakenteet ja kohteen sijainti.
- Vaihdeavuudella tarkoitetaan suunniteltua ominaisuutta, joka määrittelee vaihdettavien yksiköiden ominaisuudet ja rajat suunnitteluvaiheessa, jotta korjaus, huolto ja varaosakustannukset on mahdollista optimoida järkevästi.

Kunnossapidettävyyden mittareita on mm. keskimääräinen vian korjausaika (MTTR) (PSK 7501:2010).

5.4 Käyttövarmuus

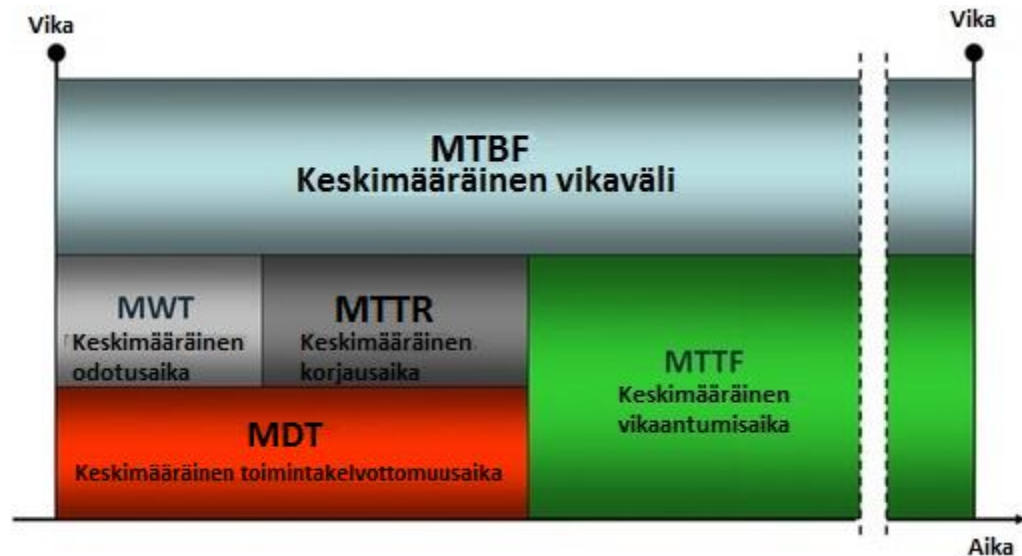
Käyttövarmuus määritellään PSK 6201-standardissa seuraavasti: *”Käyttövarmuus on kohteen kyky toimia vaadittaessa vaaditulla tavalla. Tämä tarkoittaa kohteen kykyä olla tilassa, jossa se kykenee suorittamaan vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa olettaen, että vaadittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla.”* (PSK 6201:2011.)

Käyttövarmuus voidaan määritellä käytettävyyden avulla ja käyttövarmuuden synonyymina käytetäänkin usein termiä käytettävyys. Käytettävyys ilmaistaan yleisesti käyntiajan sekä käyntiajan ja seisokkiajan summan suhteen. Käyttövarmuus koostuu kolmesta osatekijästä, joita ovat toimintavarmuus, kunnossapitovarmuus sekä aiemmin mainittu kunnossapidettävyys (Kortelainen 1999; Käyttövarmuus n.d) Kunnossapitoon ja käyttövarmuuteen liittyviä aikakäsitteitä on kuvattu kuviossa 13.

Toimintavarmuus on kohteen kyky suorittaa siltä vaadittu toiminto tietyn ajanjakson aikana. Toimintavarmuuden mittareita ovat keskimääräinen vikaväli (MTBF) ja keskimääräinen vikaantumisaika (MTTF). (PSK 6201: 2011)

Kunnossapitovarmuus määritellään PSK 6201-standardissa seuraavasti: *”Kunnossapitovarmuus kuvaa kunnossapito-organisaation kykyä suorittaa vaadittu tehtävä te-*

hokkaasti määrätyissä olosuhteissa vaaditulla ajanhetkellä tai ajanjaksona. Kunnossapidotvarmuuden mittarina toimii keskimääräinen odotusaika MWT. (PSK 6201: 2011)



Kuvio 13. Käyttövarmuuden aikamääreitä (Muokattu lähteestä Remantor, käyttövarmuus n.d)

Keskimääräinen odotusaika, (MWT) tulee sanoista mean waiting time (odotusaikojen summa / korjauskertojen lukumäärä). (PSK 7501: 2011)

Keskimääräinen korjausaika, (MTTR) tulee sanoista mean time to restoration (korjausaikojen summa/ korjauskertojen lukumäärä). (PSK 7501: 2011)

Keskimääräinen vikaväli, (MTBF) tulee sanoista mean time between failures (kokonaisaika / korjauskertojen lukumäärä). (PSK 7501: 2011)

Keskimääräinen toimintakelvottomuusaika (MDT) tulee sanoista mean down time (toimintakelvottomuusaikojen summa / toimintakelvottomuusaikojen määrä).

Toimintavarmuus ja kunnossapidettävyyys rakentuvat hyvin pitkälle jo laitetta, systeemiä tai konetta suunniteltaessa. Näihin ominaisuuksiin vaikuttaminen on myös myöhemmässä vaiheessa lähes mahdotonta ja erittäin kallista.

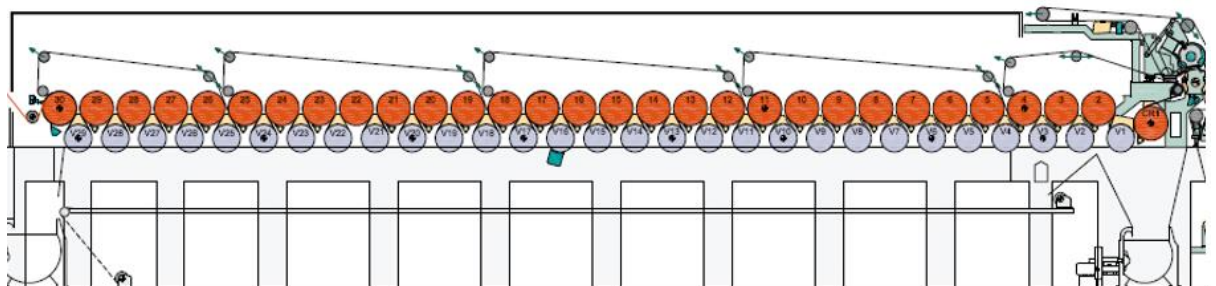
6 Työn totetus

Tämän työn tarkoituksena oli kehittää kuivatusosan huoltotöiden turvallisuutta ja tehokkuutta. Kuivatusosan huolto-ohjeiden turvallisuutta ja toimivuutta lähdettiin kehittämään tietokoneen 3D-ympäristössä CATIA V5-ohjelman avulla. Ohjeita kehitettiin RAKPM3-kuivatusosaan perustuen, mutta ohjeita tehdessä otettiin mahdollisuuksien rajoissa huomioon myös eri koneiden välisiä eroja, jotta ohjeista tulisi mahdollisimman monikäyttöiset. Ohjeita tehtiin havainnollistavien kuvien avulla, jotta kiinnityksistä ja töiden eri vaiheista saa selkeän kuvan.

Työn rajattiin toimeksiantajan toiveista niin, ettei työssä oteta kantaa siihen, että mitä työkaluja laitteiden vaihtoon tarvitaan. Ohjeet tulevat kunnossapitäjille, joten heillä on jo olemassa tieto tarvittavista työkaluista, jotta työt onnistuvat.

6.1 RAKPM3:n kuivatusosa

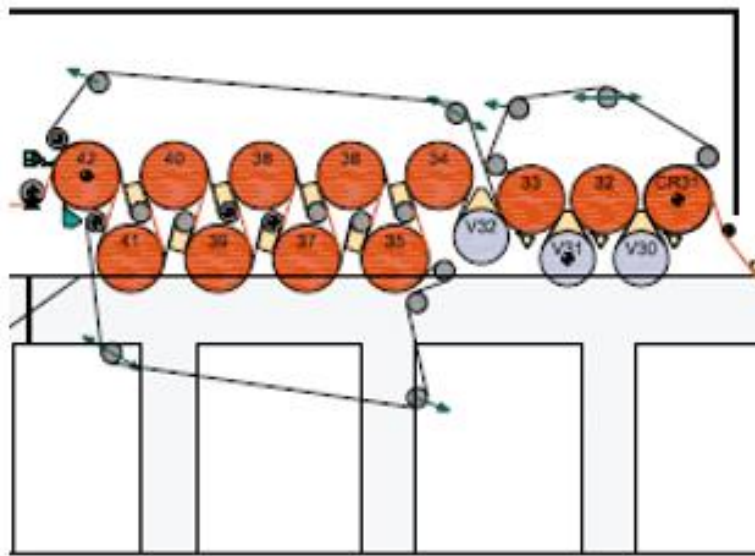
RAKPM3 on vuonna 2015 Indonesiaan rakennettu paperikone, jonka kuivatusosassa on yhteensä seitsemän kuivatusryhmää. Viisi ensimmäistä kuivatusryhmää kuuluu etukuivatusosaan (ks. kuvio 14) ja kaksi viimeistä jälkikuivatusosaan (ks. kuvio 15).



Kuvio 14. RAKPM3 etukuivatusosa (RAKPM3 Dryer section n.d.)

Kuivatusryhmistä kaikki viisi etukuivatusosan ryhmistä ja ensimmäinen kuivatusryhmä jälkikuivatusosalta ovat yksiviiraviennillä varustettuja kuivatusryhmiä, joissa ylärivissä on kuivatussylintereitä ja alarivissä VacRoll-alipaineteloja. Jälkikuivatusosan

toinen, eli koko kuivatusosan viimeinen kuivatusryhmä on kaksiviiraviennillä varustettu, joten siinä on kahdessa rivissä kuivatussylintereitä. Kuivatusosa pitää sisällään yhteensä 42 kuivatussylinteriä ja 32 VacRoll-alipainetelaa. Kuivatussylintereistä 30 kuuluu etukuivatusosaan ja kaksitoista jälkikuivatusosaan. VacRoll-alipaineteloista 29 kuuluu etukuivatusosaan ja kolme jälkikuivatusosaan. Viiranjohtoteloja kuivatusosalla on yhteensä 34 kappaletta. Ajettavuuden parantamiseksi etu- ja jälkikuivatusosalla on ajettavuuslaatikoita ja kaapimia. (RAKPM3 Dryer section n.d.)







Kuvio 15. RAKPM3:n jälkikuivatusosa (RAKPM3 Dryer section n.d.)

6.2 Nykyiset huolto-ohjeet

6.2.1 Turvallisuushuomiot nykyisissä ohjeissa

Opinnäytetyö lähti käyntiin tutustumalla Valmetin nykyisiin huolto- ja turvallisuusohjeisiin. Kuivatusosan turvallisuus on purettu ohjeissa niin, että ensin on kerrottu yleisissä turvallisuusohjeissa, että mitä vaaran paikkoja ei ole voitu suunnittelussa kokonaan poistaa ja mitä turvallisuuden kannalta tärkeitä huomioita kuivatusosalla työkennellessä tulee ottaa huomioon. Ohjeissa on ilmoitettu varoitusmerkin ja varoitusviestin avulla, että millaisesta vaaratilanteesta on kyse ja miten vakavat seuraukset tilanteesta voi seurata (ks. kuvio 16). Suunnittelussa oleelliset vaaratekijät on elimi-

noitu, tai niitä on lievennetty noudattamalla kansainvälisiä koneturvallisuusstandardeja, jotka on yhdistetty eurooppalaiseen konedirektiiviin 2006/427EY. (Valmet käyttö- ja huolto-ohjeet, RAKPM3. 2016)

 KUOLEMANVAARA	Väliön vaara tai vaarallinen toiminto, joka aiheuttaa vakavan vamman tai kuoleman.
 VAARA	Vaara tai vaarallinen toiminto, joka mahdollisesti aiheuttaa vakavan vamman tai kuoleman.
 VAROITUS	Vaara tai vaarallinen toiminto, joka mahdollisesti aiheuttaa vähäisen vamman tai laitteen rikkoutumisen.
 HUOM.	Tällä tavalla merkityissä kohdissa kuvataan huonoja työtapoja, jotka voivat aiheuttaa laitevahingon. Tässä kohdassa kerrotaan myös oikeista työtapoista, joilla vältetään laitteiden rikkoutuminen tai virhetoiminnot.

Kuvio 16. Vaaramerkkien luokittelu (Valmet käyttö- ja huolto-ohjeet, RAKPM3. 2016)

Seuraavaksi turvallisuusohjeet on purettu mekaanisen kunnossapidon alla niin, että ensin on kerrottu yleisellä tasolla mitä vaaroja ei ole voitu poistaa ja sitten on erilliset turvallisuushuomiot ennen kutakin työohjetta.

Erilaisia yleisiä turvallisuusriskejä mekaanisen kunnossapidon aikana on:

- Kuumuuteen liittyen.
- Telojen ja sylintereiden väleihin takertumiseen liittyen.
- Puristumiseen liittyen.
- Raskaiden taakkojen nostoon liittyen.
- Putoamiseen liittyen.
- Leikkautumisvaaroja viirojen ja kaapimien käsittelyssä. (Valmet käyttö- ja huolto-ohjeet RAKPM3. 2016)

6.2.2 Viiranjohtotelojen vaihto

Viiranjohtotelojen vaihtoon on suunniteltu erilaisiin telojen sijaintiin ja huuvan rakenteisiin perustuen erilaisia vaihtomenetelmiä. Jokaiselle telalle suunnitellut vaihtomenetelmät ilmoitetaan asiakkaalle erikseen toimitettavan telojen vaihtomenetelmät-piirustuksen avulla. Erilaisia vaihtomenetelmiä viiranjohtotelojen vaihtoon ovat:

- Salinosturilla tapahtuva vaihto huuvan katon kautta. (ks. liite 1)
- Telanvaihtovarsilla tapahtuva vaihto. (ks. liite 2)
- Kuivatussylinderin päälle asennettavien telansiirtovaunujen avulla tapahtuva vaihto. (ks. liite 3)
- Kellarin kautta poisto taljojen avulla (ks. liite 4), sekä
- Huuvassa oleviin siirtokiskoihin asennettavien siirtovaunujen avulla tapahtuva vaihto. (Valmet yleiset turvallisuusohjeet RAKPM3. 2016)

Tässä työssä perehdyttiin vaihtotyyleistä neljään jälkimmäiseen, sillä salinosturilla tapahtuva vaihto on verraten yksinkertainen nostotapahtuma. Huuvin katon kautta tapahtuvassa vaihdossa telan kohdalle ajetaan salinosturi, avataan huuvin katto, otetaan tela salinosturin kannatukseen telan hoito- ja käyttöpuolen kauloilta ja tuodaan tela ulos koneesta. Muissa vaihtotyyleissä oli useita tarkasteltavia vaiheita ja niiden nykyisessä ohjeistuksessa oli puutteita.

Viiranjohtotelojen vaihto-ohjeissa oli seuraavanlaisia puutteita:

- Turvallisuushuomioita ei ole eritelty eri tilanteisiin.
- Ei ole kerrottu mitä nostovälineitä tarvitaan ja minkä verran.
- Ei ole havainnollistavia kuvia eri vaiheista vaihtoa, joissa näkisi mitä huomioitavia asioita vaihdon aikana on.
- Ei ole tietoa tarvittavasta henkilömäärästä.
- Ei ole tarkkaa tietoa nostojen kiinnityksistä.

- On pyydetty siirtämään syrjään mahdolliset telanvaihdon estävät rakenteet, muttei ole eroteltu tarkkaan mikä on tiellä.
- Ohjeissa on neuvottu lukitsemaan kuivatussylinterit, joita töiden aikana tarvitaan, mutta ei ole kerrottu, että kuinka se tapahtuu.

Olemassa olevia ohjeita lukiessa ja konerakenteisiin perehtyessä huomattiin, että viiranjohtoteloja on rakenteeltaan kahta eri tyyppiä. Normaali viiranjohtotela, jota voidaan kutsua myös taskutelaksi, on rakenteeltaan sellainen, että sen nostaminen onnistuu telan kauloilta. Kuilutelan nostaminen taas ei onnistu sen kauloilta, sillä sen vaippa tulee kaulojen päälle. Tämä on nostojen kannalta rajoittava tekijä ja kuilutelojen vaihtaminen onkin hankalampaa, kuin normaalin viiranjohtotelan.

Nykyisissä viiranjohtotelojen vaihto-ohjeissa on kerrottu turvallisuudesta telanvaihtoihin yleispätevästi ennen varsinaisia telojen vaihto-ohjeita. Itse telojen vaihto-ohjeissa ei ole eritelty tarkemmin sitä, että missä tilanteissa vaihtoa on turvallisuutta tai laitteiden kuntoa vaarantavia paikkoja.

6.2.3 Kuivatussylinterin laakereiden vaihto

Kuivatussylinterin laakereiden vaihdosta on olemassa jo hyvät tiedot siitä, että miten itse laakerin vaihto tapahtuu. Suurimmat puutteet kuivatussylinterin laakereiden vaihdossa on sylinterin kannatukseen liittyen. Nykyisissä ohjeissa on neuvottu nostamaan sylinteriä, mutta ei ole ohjeistettu millä menetelmällä sylinteriä saa kevennettyä, jotta laakerin saa vedettyä pois akselilta. Toimeksiantajan asiantuntijan mukaan kuivatussylinteriä täytyy kannatella laakerin vaihdon aikana, jotta laakerin kuorma vähenee ja näin laakeri saadaan vedettyä pois sylinterin akselilta.

Tutkittaessa erilaisia konerakenteita ja keskusteluissa toimeksiantajan asiantuntijan kanssa ilmeni, että kuivatussylinterien laakereiden vaihdossa on ongelmana se, ettei niiden keventämistä pysty aina suorittamaan salinosturin avulla. Huuvan kattojen rakenne on joissain koneissa sellainen, ettei salinosturin kiinnittäminen sylintereihin onnistu. Keskustellessa toimeksiantajan asiantuntijan kanssa ilmeni myös, ettei sylinterin kannatteleminen muiden sylinterien kauloille asennettavien taljojen

avulla ole toimiva ratkaisu. Kuivatussylintarit voivat painaa jopa reilu 22000 kilogrammaa, joten kannattelevien kuivatussylintereiden laakereille tulisi liikaa taakkaa ja ne hajoaisivat. Muiden sylintereiden käyttö kevennyksessä ei olisi toimeksiantajan edustajan mukaan toimiva ratkaisu myöskään kannateltavan sylinterin kannalta. Kannattelu tapahtuisi vinosti yläviistoon, jolloin kannateltavan sylinterin laakerille tulisi liikaa sivuvedätystä. Kuivatussylintereiden laakerit eivät kestä sivuvedätystä suuren massansa takia.

6.2.4 VacRoll-alipainetelojen laakereiden vaihto

Tutkittaessa VacRoll-alipainetelojen laakerin vaihto-ohjeita ja keskustellessa toimeksiantajan asiantuntijan kanssa ilmeni, että vaihdosta on olemassa jo hyvät tiedot itse laakerin vaihdosta. Suurimmat puutteet VacRoll-alipainetelojen laakereiden vaihdossa oli telan kannatukseen liittyen. Nykyisissä ohjeissa on neuvottu nostamaan telaa, mutta ei ole ohjeistettu millä menetelmällä saa kevennettyä, jotta laakerin saa vedettyä pois akselilta. Myös VacRoll-alipainetelaa täytyy kannatella laakerin vaihdon aikana, jotta laakeri saadaan vedettyä pois telan akselilta.

Keskusteluissa toimeksiantajan asiantuntijan kanssa ilmeni, että kuivatussylintereihin nähden pienemmän massan ansiosta VacRoll-alipainetelojen kannatteleminen onnistuu kuivatussylintereiden kauloilta. VacRoll-alipainetelat painavat suurimmillaan noin 15000 kilogrammaa. Myös kannatteleminen konerakenteista on mahdollista, sillä pienemmän massan takia, laakereille ei tule vinovedossa niin suurta kuormaa kuin kuivatussylintereille.

6.2.5 Kuivatussylinterin ja VacRoll-alipainetelan tappivaihteiden vaihtaminen

Myös kuivatussylintereiden ja VacRoll-alipainetelojen tappivaihteiden vaihtamisesta on olemassa hyvät ohjeet siitä, että miten vaihto tapahtuu. Toimeksiantajan toiveesta tappivaihteiden vaihdossa keskityttiin siihen, että kuvien avulla saadaan havainnollistettua erityisesti vaihteiden nostaminen ja siirtäminen.

Tappivaihte on mekaaninen vaihte, joka asennetaan kuivatussyylinterin tai VacRoll-alipainetelan akselille, kun moottorin pyörimisnopeus on suurempi, kuin pyöritettävän telan nopeus. Tappivaihte yhdistetään käyttömoottoriin akselin ja kytkimen avulla. (DPsantasalo n.d; Skantz n.d.)

6.3 Huolto-ohjeiden kehittäminen

Huolto-ohjeita lähdettiin kehittämään olemassa-olevien huolto-ohjeiden puutteiden pohjalta. Puutteiden lisäksi uusia vaihto-ohjeita tehdessä oli tarkoitus tarkastella, että minkälaisia virheitä kerotuissa vaihtotyyleissä on ja mitä on jäänyt huomioimatta suunnittelun aikana. Lisäksi huolto-ohjeita tarkasteltiin myös huollettavuuden näkökulmasta. Kaikille töille on yhteistä se, että nostotapahtumissa käsitellään raskaita ja isoja laitteita, joten nostojen ja siirtojen suorituksessa täytyy olla tarkat suunnitelmat. (VNa 400/2008)

Avainkysymys, johon opinnäytetyössä lähdettiin etsimään ratkaisua kvalitatiivisin tutkimusmenetelmin, oli se, että kuinka huoltotyöt voidaan suorittaa turvallisesti. Keskusteluissa toimeksiantajan asiantuntijoiden kanssa ja tutkittaessa olemassa olevia huolto-ohjeita sekä markkinoilla olevia nostoapuvälineitä ilmeni seuraavanlaisia perusedellytyksiä töiden turvallisille suorittamisille.

- Ennen huoltotöiden aloitusta on huolehdittava, että odottamattoman käynnistyksen esto on tehty asianmukaisesti. On varmistettava, että ryhmien käytöt, höyry- ja lauhdejärjestelmä, kiertovoitelu ja pneumatiikka sekä hydrauliiikka ovat lukittu asiaan kuuluvalla tavalla.
- Koneen riittävästä jäähtyyksestä on huolehdittava ennen töiden aloitusta, jotta vältetään pyörtymisen, huimauksen ja palovammojen riskeiltä.
- Nostoissa on käytettävä ketjutaljoja ja liinoja, jotka ovat lujuusluokaltaan riittäviä ja joiden kunto hyvä. Ketjutaljat ovat lujuuksiltaan riittäviä telojen ja sylinterien nostoon. Ketjutaljoja on markkinoilla jopa 20000 kg:n nostokapasiteetilla. Liinon avulla saadaan estettyä, etteivät taljat naarmuta kalliita kuivatussyylintereitä ja VacRoll-alipaineteloja. Ennen nostovälineiden valintaa on tarkastettava nostettavan kappaleen paino.

- Nostojen aikaan on huomioitava nostovaara-alue niin, ettei kukaan työskentele nostovaara-alueella. On tärkeää huomioida myös kellarit.
- Työskennellessä kuilujen ja sylintereiden päällä sekä putoamisvaara-alueella, jolla ei ole suojakaiteita, on käytettävä suojavaalja. Tarpeen tullen on käytettävä asianmukaisesti rakennettuja telineitä.

Ohjeissa käytettävien nostoapuvälineiden nostokapasiteetteja ei lähdetty tarkkaan mitoittamaan, sillä eri kuivatusosien telojen ja sylintereiden painot saattavat vaihdella useita tuhansia kiloja.

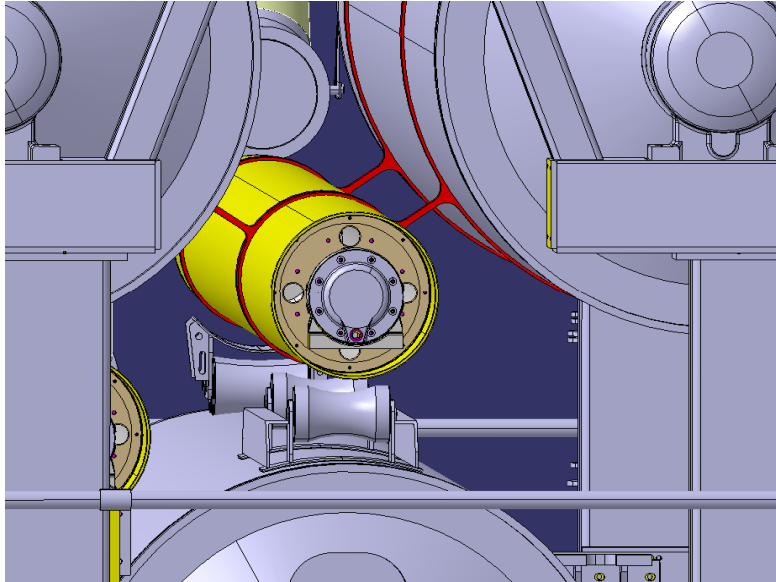
Toinen tutkimuskysymys johon opinnäytetyössä lähdettiin etsimään vastausta, oli se, että kuinka huoltotyöt saadaan suoritettua tehokkaasti. Tämä kysymys oli avainasemassa etenkin, kun suunniteltiin kuivatussylintereiden ja VacRoll-alipainetelojen kannattelua laakereiden vaihdon aikana. Toimeksiantajan asiantuntijan mukaan paperikoneiden seisakkien tuntihinnat ovat todella korkeita, joten ylimääräisten töiden välttäminen on äärimmäisen tärkeää.

6.3.1 Viiranjohtotelojen vaihto kuivatussylinterin päälle asennettävien telansiirtovaunujen avulla

Telansiirtovaunujen käyttöä on suunniteltu käytettäväksi RAKPM3-projektissa ryhmän 7 tasku- ja kuiluteloille (ks. liite 6). Kyseisessä vaihtotyylissä alemman rivin kuivatussylinterin päälle asennetaan telansiirtovaunut sekä sylinterin hoito- että käyttöpuolelle. Tela nostetaan siirtovaunujen päälle käyttäen apuna ketjutaljoja ja liinoja. Tela tuodaan sitten ulos huuvan kyljistä työntämällä sitä sen käyttöpuolen perästä. Kun telan hoitopuoli on huuvan ulkopuolella, otetaan se salinosturin kannatukseen. Telaa tuodaan tämän jälkeen lisää ulos ja otetaan kannatukseen myös käyttöpuolelta. Lopuksi tela tuodaan kokonaan ulos. Tarkempi vaihto-ohje löytyy liitteestä 10.

Vaihto-ohjeita tehdessä huomattiin, ettei kuivatussylinterin 34 (ks. liite 6) alapuolista kuilutelaa saa vaihdettua ilmoitetulla vaihtotyylillä. Tela on ilmoitetun vaihtotyylin sijaan vaihdettava laskemalla se kellariin. Nostettaessa telaa kuivatussylinteri 35:n päälle, tulisi kiinnitykset laittaa kuivatussylintereiden 36 ja 34 ympäri. Tällöin telan

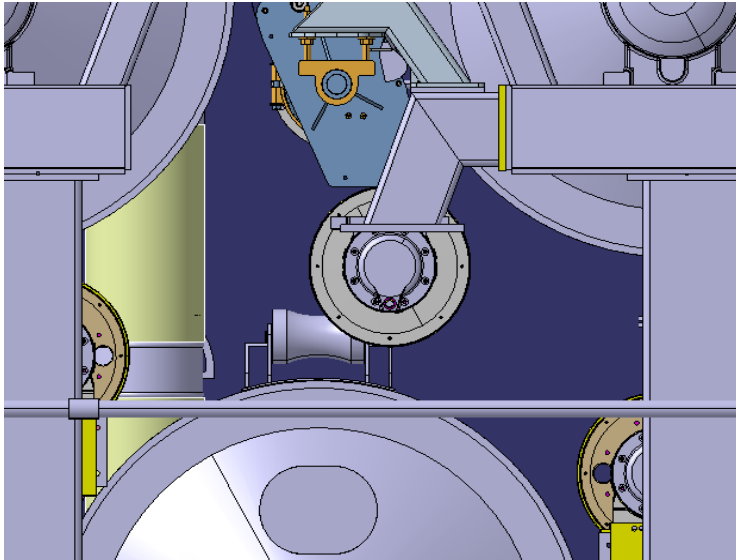
noston yhteydessä ketjupaljoille ei olisi tarpeeksi tilaa viiranjohtotelan ja kuivatussylintereiden välissä. Kuviossa 17 on esitetty kärjistetty tilanne tilan vähyydestä. Oikeasti telaa ei saa edes nostettua kyseiseen asemaan, vaan taljojen tila loppuu jo aiemmin.



Kuvio 17. Kuivatussylinderi 34:n vaihto ei onnistu kerrotulla tyylillä

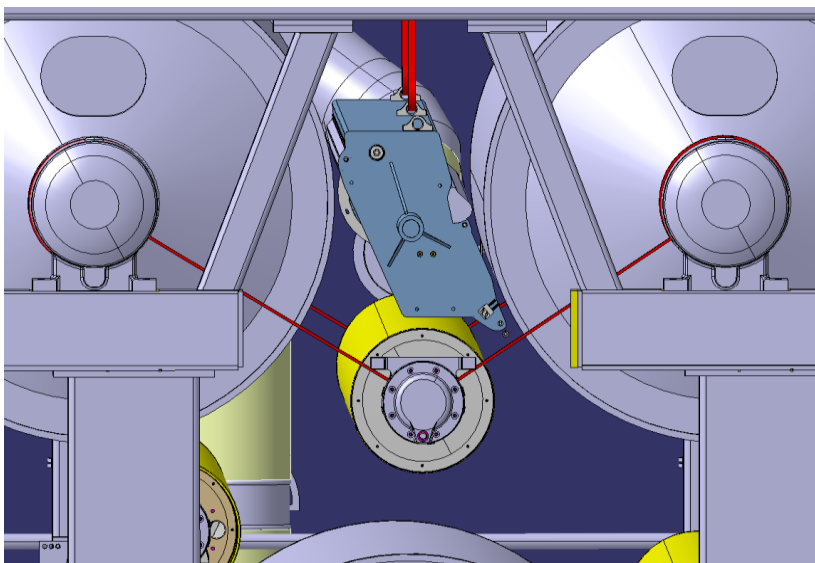
Kuilutelan nostaminen sen kauloilta ei onnistu, sillä telan vaippa tulee kaulojen päälle. Tästä seuraa myös se, ettei kuivatussylintereihin tulevia kiinnityksiä saa turvallisesti asennettua niiden kaulalle, vaan ne on laitettava sylintereiden vaippojen ympäri. Mikäli telan ja sylintereiden kiinnitykset asennettaisiin vinosti toisiinsa nähden, ei liinat pysyisi teloissa ja tämä aiheuttaisi turvallisuusriskin.

Asennettaessa telansiirtovaunuja alemman rivin kuivatussylinderin päälle huomattiin, että sylinterin päällä olevat puhalluslaatikko ja taskutela on nostettava ylös ennen siirtolaitteiden asentamista. Pelkästään telan nostaminen kiinni puhalluslaatikkoon ei riitä (ks. kuvio 18), vaan ensin on puhalluslaatikko nostettava ylös, jotta telan saa riittävän ylös, jotta siirtovaunut mahtuvat sen alle. Tämä on huollettavuuden kannalta negatiivinen asia, sillä puhalluslaatikon nostoa varten on ylempien kuivatussylintereiden päälle asennettava siirtolaitteet (ks. liite 5). Kyseiset siirtolaitteet painavat noin 160kg, joten ne täytyy kantaa paikalle purettuna ja kasata paikan päällä. Lisäksi puhalluslaatikon kiinnittimet ja siihen menevä ilmaputki on poistettava.



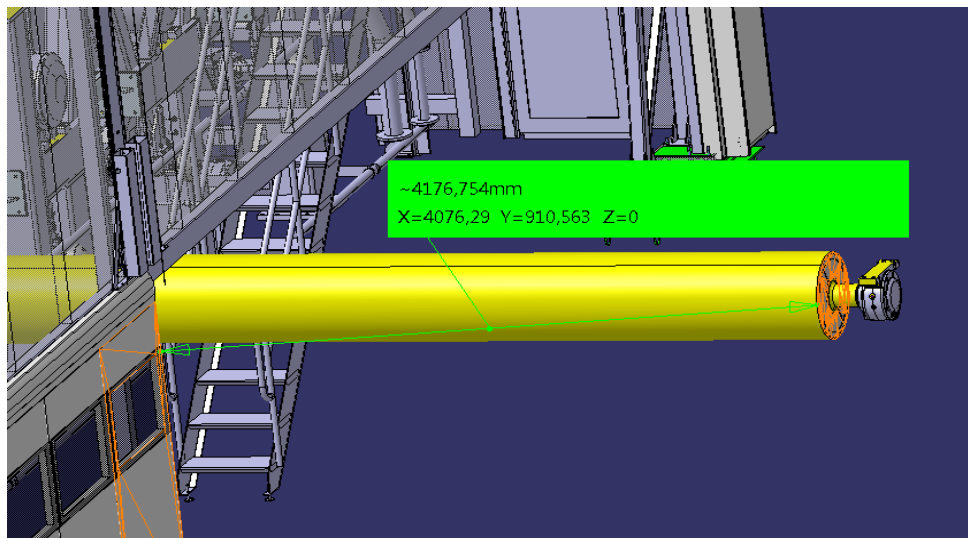
Kuvio 18. TELA nostettu puhalluslaatikon alareunaan

Toinen tärkeä taskutelan vaihdon yhteydessä havaittu asia oli, että telan nostaminen riittävän ylös alemman rivin kuivatussylinterin pinnasta ei onnistu, mikäli nostovälineet telasta kiinnitetään ylärivin sylintereiden kauloille. Jos telan kaikki kiinnitykset laitetaan kuivatussylintereiden kauloille, ei nostovälineiden kulmien suuruus ole riittävä (ks. kuvio 19), jotta ne kestäisivät niille tulevan kuorman. Jotta nostoliinoille saadaan tarpeeksi suuri kulma, on telan molempien päiden toiset kiinnitykset asennettava koneen runkoon. Näin tela voidaan turvallisesti nostaa riittävän ylös alemman rivin kuivatussylinterin pinnasta. Katso oikea nostotyöliitteenä 10 olevasta vaihto-ohjeesta.



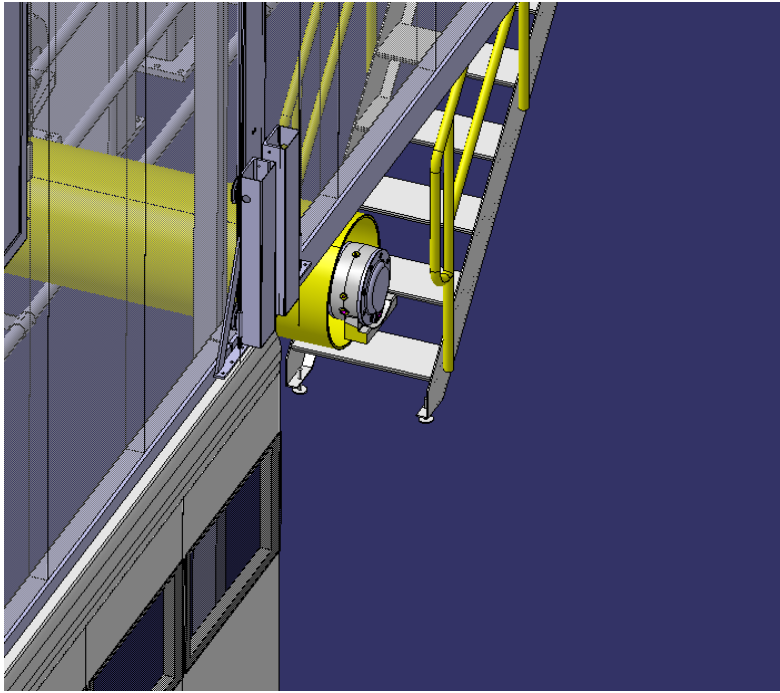
Kuvio 19. Nostovälineiden kulmien suuruus ei ole riittävä

Tuodessa teloja ulos huvasta, huomattiin selkeä puute ohjeistuksessa. Taskutelan hoitopuolen kiinnittäminen salinosturiin onnistuu turvallisesti, mutta käyttöpuolen asentaminen salinosturiin ei onnistu turvallisesti ilman kuivatusosan runkoon asennettavaa välitukea. Välitueksi käy ketjugaljan ja liinan yhdistelmä. Telan poistamiseksi ilman välitukea tulee hoitopuolen päädyn etäisyys huuvan ulkoreunaan olla minimissään 4200millimetriä, jotta telan käyttöpuoli saadaan salinosturiin turvalliselta nosto-alueelta. Kuviossa 20 telan käyttöpuolen reuna on jo aivan telansiirtovaunun reunalla, jolloin se tipahtaisi vaunun päältä. Telaar tulisi ottaa takaisin huuvaan vielä n.150mm ja silloin tela olisi aivan liian vähän ulkona huvasta, jotta se saataisiin keskeltä salinosturin kannatukseen.



Kuvio 20. Telan tuonti ulos huvasta ei onnistu turvallisesti ilman runkoon asennettavaa välitukea

Tuodessa kuilutelaar ulos huvasta, edes hoitopuolen kiinnitys ei onnistu salinosturiin turvallisesti ilman välitukea (ks. Kuvio 21).

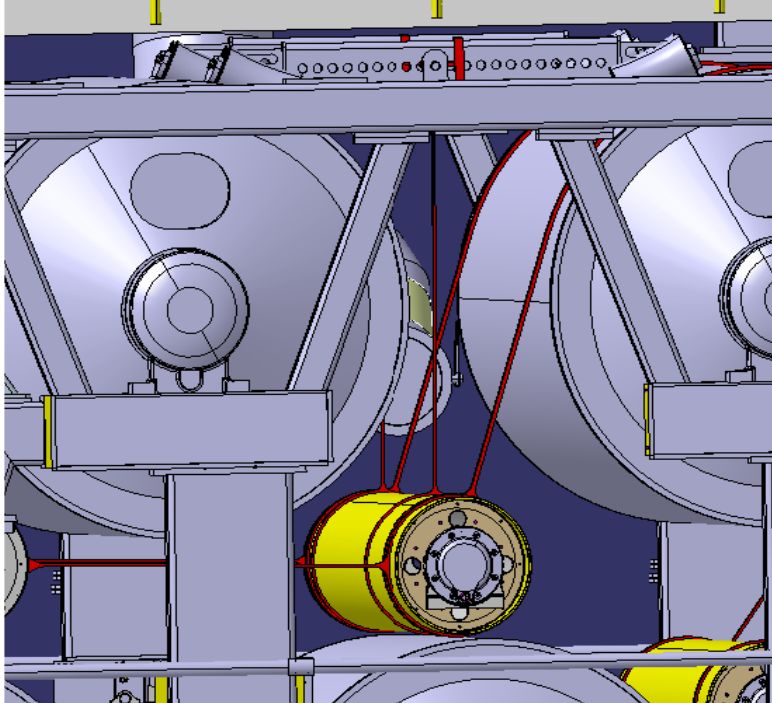


Kuvio 21. Telan kiinnittäminen salinosturiin ei onnistu ilman koneen runkoon asennettavaa välitukea

Kuilutela, joka on noin 300 millimetriä lyhyempi kuin taskutela, jää huuvan sisäpuolelle, kun sen ulos tuonnissa ottaa huomioon telan kielletyn nostoalueen. Telaa nostetaan ja tuetaan kahdesta kohtaa yhtä aikaa, joten noston tasapainon vuoksi on telan nostaminen ja tukeminen kielletty 500 millimetrin matkalta keskipisteestä molempiin suuntiin.

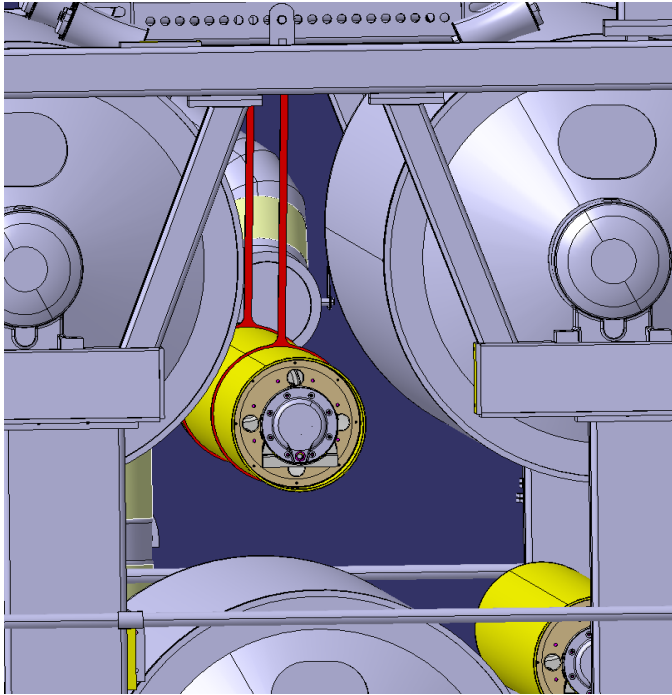
Kuivatussylintereiden 36, 38, 40 ja 42 (ks. liite 6) alla olevien kuilutelojen vaihto-ohjeita tehdessä huomattiin, ettei niiden vaihtaminen alarivin sylinterin päälle asennettavien siirtovaunujen avulla ole huollettavuuden kannalta paras ratkaisu. Kyseisten telojen vaihtaminen ei onnistu ilman ylärivin sylintereiden päälle asennettavia telanvaihtolaitteita (ks. liite 5). Ilman ylemmän rivin sylintereiden päälle asennettavia telanvaihtolaitteita, ei teloja saa nostettua turvallisesti riittävän ylös alemman rivin kuivatussylintereiden pinnasta, jotta alemman rivin sylinterin päälle saataisiin asennettua siirtovaunut. (ks. kuvat 22 ja 23). Tela on otettava ylempien kuivatussylintereiden päällä olevien siirtolaitteiden kannatukseen ja muut kiinnitykset poistettava, jotta vaihto on mahdollista turvallisesti. Koska kuilutelan ylös nostamisessa joudu-

taan käyttämään yläsylintereiden päälle asennettavia siirtolaitteita, on tela myös järkevintä tuoda ulos koneesta samoilla siirtolaitteilla. Näin telan poistamisessa ei jouduta käyttämään kaksia eri siirtolaitteita.



Kuvio 22. Tela alemman kuivatussylinterin päällä ja kiinnitettynä ylempien kuivatussylintereiden päällä oleviin siirtolaitteisiin

Nostettaessa telaa alemman sylinterin päältä on kiinnitykset toiseen telaan ja kuivatussylinteriin poistettava. Mikäli telaa nostetaan ylös ilman ylärivin sylintereiden päälle asennettuja telansiirtovaunuja, tai muiden kiinnitysten ollessa paikallaan, naarmuttavat taljat kuivatussylintereitä. Tätä ei voida hyväksyä, sillä kuivatussylinteri on toimeksiantajan asiantuntijan mukaan todella kallis ja lisäksi sen vaihtaminen on vaativa ja aikaa vievä projekti. Ylempien kuivatussylintereiden päälle asennettavien siirtolaitteiden käytöstä ei ollut huolto-ohjeissa mitään mainintaa. Vaihtolaitteiden käytön tarpeellisuus vaihdossa oli tärkeä huomio, jotta kuilutelat saadaan poistettua turvallisesti sekä kuivatussylintereiden, että henkilöiden kannalta.



Kuvio 23. Tela ylärivin sylintereiden päällisten siirtolaitteiden kannatuksessa

Kuilutelojen vaihtaminen ei onnistu myöskään, mikäli ylemmän rivin kuivatussylintereiden välissä olevaa taskutelaa ja puhalluslaatikkoa ei ole poistettu. Tämä on huono asia kuilutelojen huollettavuuden kannalta, sillä vaihtotöiden kesto ja tarvittavien työkalujen määrä kasvavat.

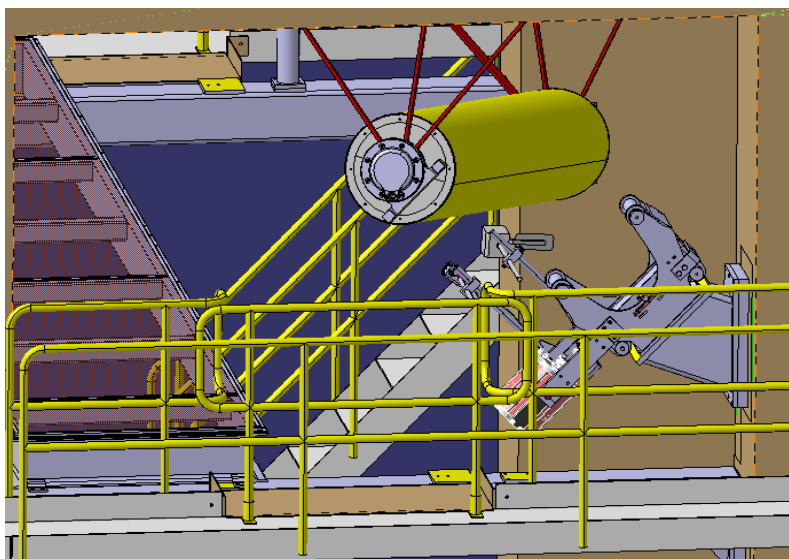
6.3.2 Viiranjohtotelan vaihto taljoilla kellarin kautta

Viiranjohtotelojen vaihtoa alakautta taljoja apuna käyttäen, on suunniteltu käytettäväksi RAKPM3-projektissa ryhmän 7 kuivatussylintereiden alapuolisille teloille 32, 33 ja 34 (ks. liite 7). Kyseisessä vaihtotyylissä koneesta poistetaan viirat, sitten tela otetaan kannatukseen taljojen avulla ja lasketaan kellariin joko suorana tai vinottain. Tarkemmat vaihto-ohjeet liitteessä 10. Kuilutelat, jotka ovat lyhyempiä, kuin normaalit viiranjohtotelat voidaan laskea alas suorana, sillä ne ovat kapeampia, kuin koneen rakenteet. Normaali viiranjohtotela taas joudutaan sen leveydestä johtuen poistamaan vinottain käännettynä.

Myös viiranjohtotela 27 (ks. liite 7) täytyy vaihtaa alakautta, sillä sen poistaminen alarivin kuivatussylintereiden päälle asennettavien siirtovaunujen avulla ei onnistunut.

Tämä on huollettavuuden kannalta huono asia, sillä poistettaessa tela alakautta, joudutaan myös kuudennen kuivatusryhmän kuivatusviira poistamaan. Viira joudutaan poistamaan, sillä tela 27 on ensin siirrettävä syrjään, jotta alempi tela saadaan poistettua kyseisen telan vaihdon tieltä. Ylimääräisen kuivatusviiran poistaminen huonontaa huollettavuutta, sillä sen vaihtaminen vaatii asiakkaalta ylimääräistä työtä, aikaa, sekä resursseja ja siten myös rahaa. Toimeksiantajan asiantuntijan mukaan viiran vaihtaminen kestää keskimäärin noin kaksi tuntia. Lisäksi huonossa tapauksessa vanhaa viiraa ei voida laittaa takaisin koneeseen, jolloin asiakas joutuu myös asentamaan uuden viiran.

Tehtäessä vaihto-ohjetta vinottain alas laskettavalle telalle huomattiin, ettei telan laskeminen alas onnistu kaikissa tapauksissa kerrotulla tavalla. Telan alas laskeminen on ohjeistettu tapahtuvaksi niin, että sekä hoito- että käyttöpuolen kauloilta lähtee kiinnitykset kahden sylinterin kauloille. Näin telalle ei kuitenkaan saada tarpeeksi suurta kääntösädettä, jotta telan alas laskeminen olisi mahdollista. Tela on kiinnitettävä kolmen eri kuivatussylinterin kaulalle, jotta saadaan riittävä kääntösäde telan alas tuomiseksi (ks. kuvio 24). Keskimäinen liina laitettiin ohjeisiin varmuuden vuoksi niitä tapauksia varten, kun viiranhoitotasoa ei voida rakenteista johtuen siirtää syrjään ja tällöin telan laskeminen lattialle ei onnistu kahden liinan avulla. Laskettaessa tela alas kahdella liinalla, ottaisivat vasemman puoleiset liinat kiinni hoitotsoon.



Kuvio 24. Telan kiinnitys kolmeen kuivatussylinteriin

RAKPM3:n kuivatusosalla telan viereisen viiranhoitosillan saa siirrettyä syrjään, sillä sen kiinnityspalkit ovat suorat. Tämä mahdollistaisi telan laskemisen alas kahden liinan avulla, sillä kuvasta katsottuna vasemman reunan liinat eivät ottaisi kiinni viiranhoitotasoon. Keskusteluissa toimeksiantajan asiantuntijan kanssa ilmeni, että joissain konerakenteissa viiranhoitosiltaa ei saa siirrettyä syrjään, sillä sen kiinnityspalkit eivät ole suorat. Näissä tapauksissa telan alas laskemiselle on tilaa vähemmän, jolloin kolmen taljan käyttäminen sekä käyttö- että hoitopuolella telaa on turvallisen laskemisen kannalta välttämätöntä. Näissä tapauksissa voitaisiin vasemman puoleiset kiinnitykset poistaa telasta siinä vaiheessa, kun tela on hoitotason alapuolella. Telan lattialle laskeminen tapahtuisi sitten kuviosta 24 katsottuna keskimmäisen ja oikeanpuoleisen liinan avulla.

Kolmen liinan tarve telan molemmissa päissä huonontaa vaihdon huollettavuutta, sillä telan noston käsittely vaikeutuu ja se vaatii taljojen käsittelijöiden edestakaista siirtymistä liinoilta toisille.

6.3.3 Viiranjohtotelan vaihto vaihtovarsien avulla

Viiranjohtotelojen vaihtamista vaihtovarsien avulla käytetään RAKPM3-projektissa ensinmäisessä kuivatusryhmässä. Vaihtovarsia käytetään, koska vaihdettavan telan päälle tulee puristinosan rakenteet hoitotasoinen, jolloin telan poistaminen koneesta ei onnistu salinosturilla.

Käytettäessä vaihtovarsia telan vaihdossa, otetaan tela ensin koneen runkoon asennettavien metallisten vaihtovarsien kannatukseen. Tela lasketaan sitten rauhallisesti vaihtovarsissa olevien taljojen avulla siirtovaunujen päälle. Telaa viedään tämän jälkeen kelkkojen avulla ulos huuvan sivussa olevasta luukusta, kunnes telan hoitopuolen kaula on huuvan ulkopuolella. Kun telan hoitopuoli on huuvan ulkopuolella, otetaan se salinosturin kannatukseen. Telaa tuodaan tämän jälkeen lisää ulos ja otetaan kannatukseen myös käyttöpuolelta. Lopuksi tela tuodaan kokonaan ulos. Tarkempi vaihto-ohje löytyy liitteestä 11.

Vaihdossa on käytettävä apuna esimerkiksi rakenteisiin kiinnitettäviä taljoja, joihin kiinnitetään liinat. Vaihtovarsien pituudet ja runkoon tulevat kiinnityspisteet mitoitettava niin tarkkaan, että tela saadaan laskettua alas turvallisesti.

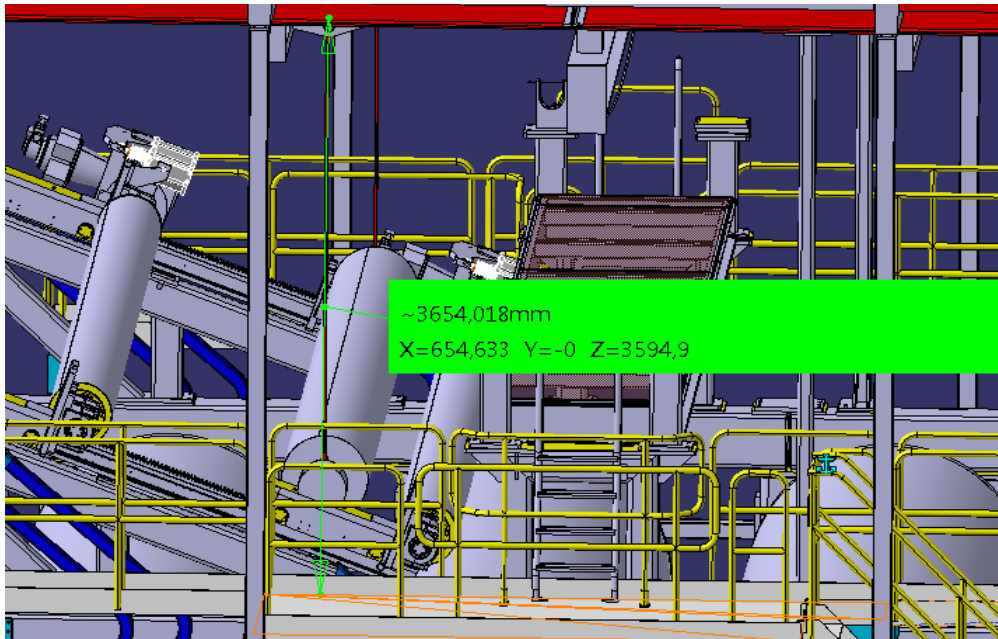
6.3.4 Viiranjohtotelan vaihto kiskoille asennettavien vaihtovaunujen avulla

Viiranjohtotelan vaihtoon huuvan katossa olevien kiskojen avulla on kaksi vaihtoehtoa. Toisessa käytetään apuna sekä huuvan pitkittäis- että poikittaiskiskoja ja toisessa pelkästään poikittaiskiskoja.

Vaihto tapahtuu niin, että tela otetaan kiskoissa olevien siirtovaunujen kannatukseen ja siirretään vaunujen avulla huuvan sivussa olevan luukun kohdalle. Telan hoitopuoli tuodaan sitten ulos huuvan kyljestä työntämällä telaa sen käyttöpuolen perästä. Kun telan hoitopuoli on huuvan ulkopuolella, otetaan se salinosturin kannatukseen. Telaa tuodaan tämän jälkeen lisää ulos ja otetaan kannatukseen myös käyttöpuolelta. Lopuksi tela tuodaan kokonaan ulos. Tarkempi vaihto-ohje liitteessä 12.

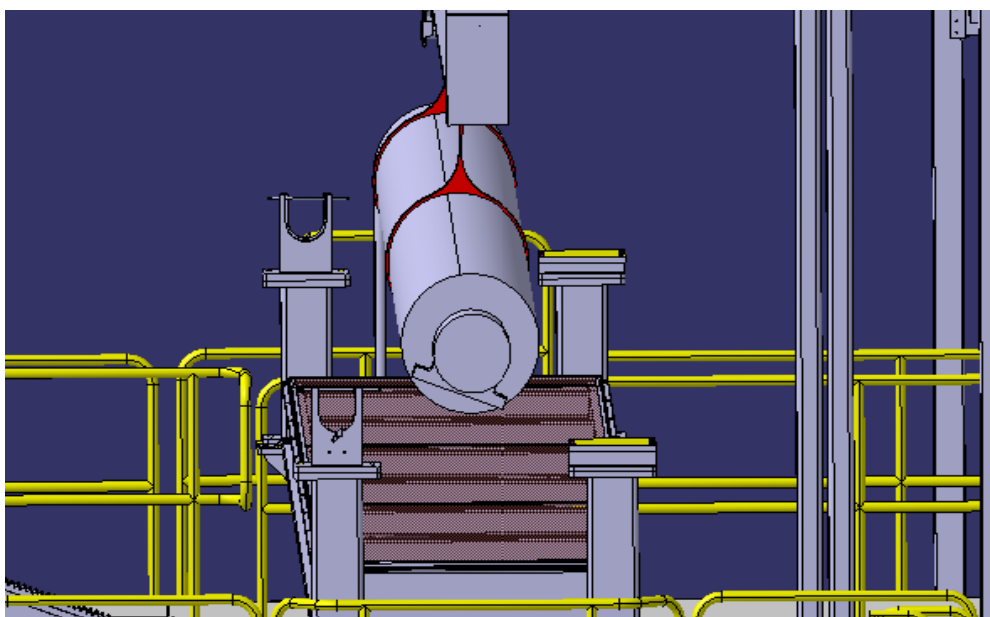
Vaihdettaessa teloja sekä pitkittäis- että poikittaiskiskoja apuna käyttäen ilmeni huollettavuutta heikentäviä seikkoja telan nostamiseen liittyen, sekä tarvittavien nostovälineiden käsittelyyn ja kiinnityksiin liittyen. Myös telan siirtäminen pitkittäiskiskoilta poikittaiskiskoille aiheuttaa vaikeuksia.

Etäisyys hoitotasolta pitkittäiskiskojen siirtovaunuihin on korkeussuunnassa noin 3600 millimetriä ja telan pitkittäissuunnassa noin 650 millimetriä. (ks. kuvio 25). Tämä hankaloittaa telan nostoon tarvittavien liinujen ja taljojen kiinnitystä. Myös telan siirtäminen poikittaiskiskoille on tästä syystä hankalaa. Liinujen ja taljojen kiinnitys siirtolaitteisiin onnistuu usein viiranhoitotasolta, mutta telassa olevan liinan kiinnittäminen taljaan on hankalaa ja lisäksi taljan käsittely on ongelmallista.



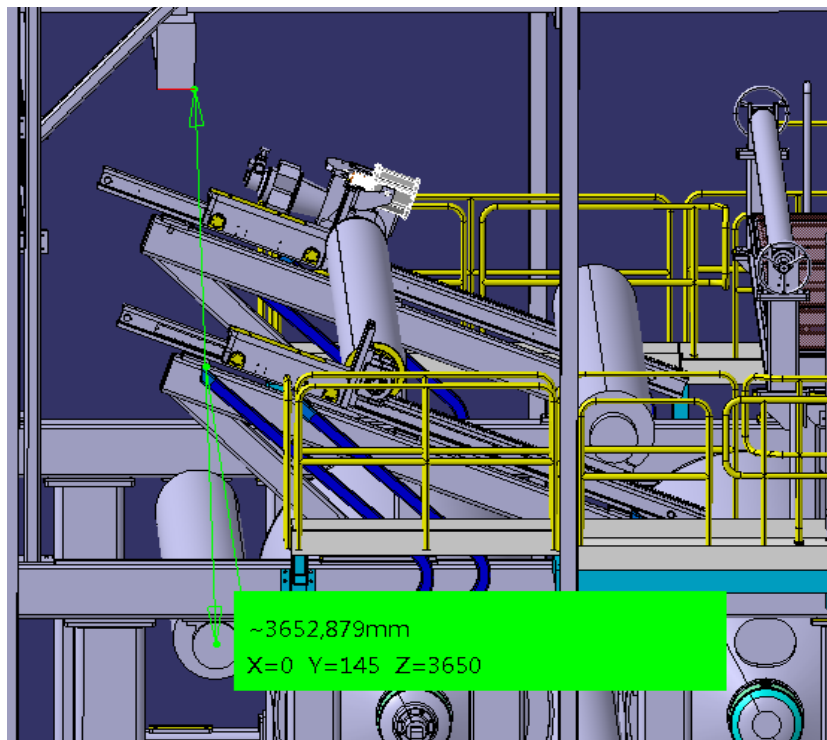
Kuvio 25. Haasteet telan pitkittäisen kiskon siirtolaitteiden asennuksessa

Siirrettäessä telaa pitkittäiskiskojen kannatuksesta poikittaiskiskon kannatukseen aiheuttaa kapea kiinteä viiranhoitotaso ongelmia (ks. kuvio 26). Siirrettäessä telaa poikittaiskiskoille täytyy toinen siirtovaunun kiinnitys laittaa lähelle telan keskikohtaa. Tällöin kyseisen taljan käsittely ei onnistu hoitosillan päästä, vaan on mentävä keskelle hoitosiltaa. Tämä on kapean viiranhoitotason takia hankala paikka työskennellä. Lisäksi työskentely riippuvan telan vaara-alueella on turvallisuuden kannalta riski.



Kuvio 26. Kapea viiranhoitosilta aiheuttaa ongelmia

Vaihdettaessa telaa käyttämällä apuna pelkästään huuvan poikittaiskiskoa, on nostovälineiden kiinnittäminen ja käsittelyminen vielä vaikeampaa, kuin käytettäessä sekä pitkittäis- että poikittaiskiskoihin asennettavia vaunuja. Etäisyys vaihdettavalta telalta poikittaiskiskoon on korkeussuunnassa noin 3600 millimetriä. (ks. kuvio 27). Kävelysilloiltakin etäisyys vaihtokiskolle on korkeussuunnassa vielä yli 3000 millimetriä, joten kiskoille ei yltä ilman apuvälineitä. Tämä on kohteen luoksepäästävyuden ja huollettavuuden kannalta iso haaste.



Kuvio 27. Poikittaiskiskoon asennettavien vaunujen käsittely ei onnistu hoitotasolta

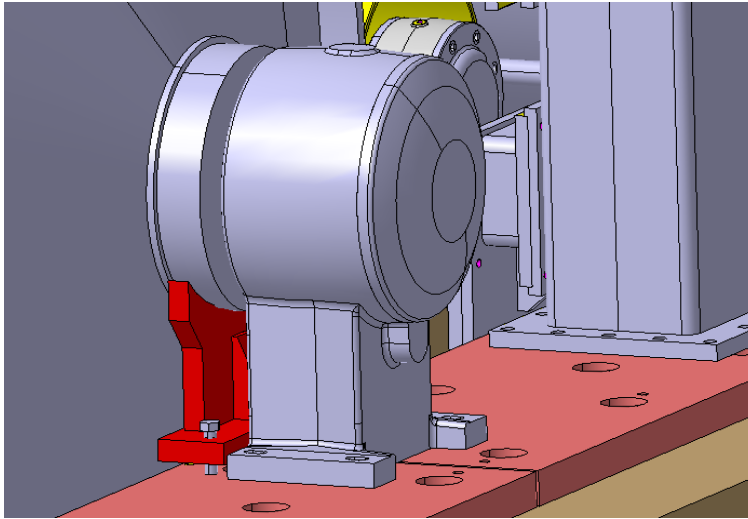
Erityisen hankalaa on siirtää vaihtovaunu keskelle telaa ja kiinnittää siihen tarvittavat nostovälineet, sillä etäisyys telan päädystä telan keskelle on noin 3500 millimetriä. Toinen kahdesta käytettävästä siirtovaunuista on saatava keskelle kiskoa, jotta telan ulostuontia varten saadaan riittävästi liikkumavaraa. Toimeksiantajan asiantuntijan mukaan kyseisen telan vaihdossa, joudutaan käyttämään erikseen koottavia telineitä, joilla päästään riittävän korkealle nostovälineiden ja siirtovaunujen käsittelyä varten.

6.3.5 Kuivatussylintereiden kannattelu laakerin vaihdon aikana

Kuivatussylintereiden kannattelu suunniteltiin huollettavuuden kannalta niin, ettei sylintereiden kannattelun takia jouduttaisi purkamaan edestä mitään ylimääräistä. Pakollisesti purettavia osia ennen sylinterin kannattelu ovat laakeripesän kansi, sekä käyttöpuolen laakeria vaihdettaessa on myös sylinteriin menevät höyry- ja lauhdeputket poistettava. Alarivin sylintereiden laakereita vaihdettaessa on edestä poistettava myös suojakaiteet.

Tutkittaessa mahdollisuutta kannatella kuivatussylinteriä kuivatusosan rakenteista, huomattiin, ettei se onnistu huollettavuuden kannalta järkevästi. Mikäli sylinteriä kevennettäisiin rakenteiden avulla tulisi laakereille helposti liikaa sivuvedätystä, sillä rakenteiden avulla sylinterin kohtisuora keventäminen ei onnistuisi. Kohtisuoran keventämisen tiellä on usein puhalluslaatikoita, ilmaputkia, teloja ja erilaisia kiinnikkeitä. Mikäli puhalluslaatikoita, teloja ja kiinnittimiä lähdetäisiin siirtämään pois tieltä, jouduttaisiin myös ryhmän viira poistamaan ja tämä heikentäisi huollettavuutta huomattavasti. Toimeksiantajan asiantuntijan mukaan viiran poistaminen ja uudelleen asentaminen kestää noin kaksi tuntia.

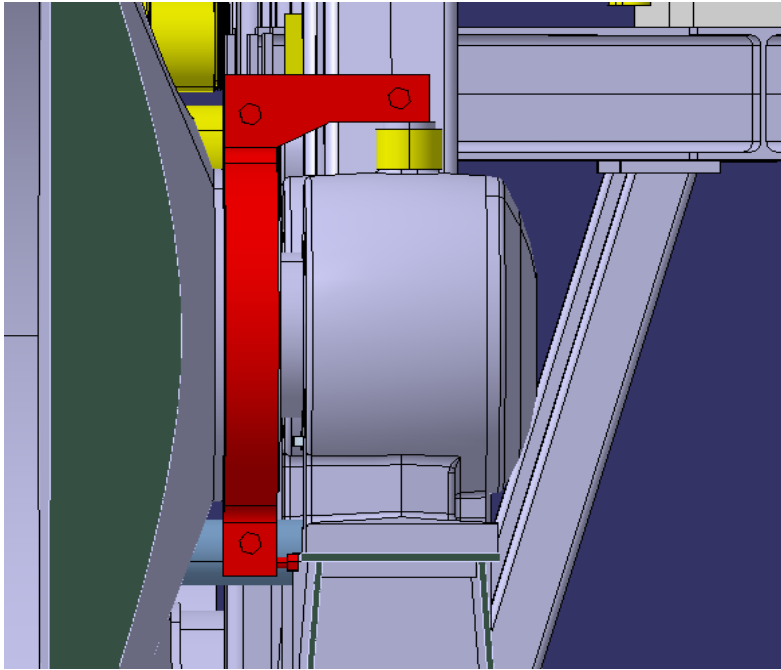
Koska kuivatussylinterin keventäminen laakereiden vaihtoa varten ei onnistunut rakenteiden avulla niin, ettei huollettavuus heikkenisi, suunniteltiin keventämiseen tuellinen nosto. Tuellisen noston avulla saadaan sylinterin sivuttaisliikkeen mahdollisuus poistettua. Alemman rivin kuivatussylinterin tuellinen nosto tapahtuu mekaanisen nostotunkin avulla (ks. kuvio 28).



Kuvio 28. Kuivatussylinterin kannatus nostotunkin avulla

Nostotunkki asennetaan kuivatussylinterin kaulan alle. Tunkissa on kaksi kierrereikää, joissa on ruuvit, joita kiristämällä tunkki kannattelee kuivatussylinteriä. Tällöin laakerin kuorma pienenee ja se saadaan vedettyä pois sylinterin akselilta. Nostotunkki suunniteltiin niin, että sen luoksepäästävyys on hyvä. Tunkin alaosasta tehtiin niin leveä, että ruuvien kiristäminen onnistuu vaivattomasti. Tunkin käsittely on myös helppoa ja sen asentamiseen ja käyttöön riittää yksi henkilö. Tärkein turvallisuuteen liittyvä huomio tunkin käytössä on, ettei sitä tiputa missään nimessä kellariin.

Ylemmän rivin kuivatussylintereille suunniteltiin oma kannattelutyyli (ks. kuvio 29). Kuivatusosan rungon rakenteen vuoksi, ei ylemmän rivin kuivatussylintereiden kannattaminen laakereiden vaihdon aikana onnistu samanlaisella tunkilla, kuin alemman rivin kuivatussylintereiden kannattaminen. Kyseistä tunkkia ei saisi asennettua ylemmän rivin sylinterin kaulan alle, koska siellä sille ei ole tukevaa alustaa.



Kuvio 29. Ylemmän rivin kuivatussylinterin kannattelu laakerin vaihdon aikana

Ylemmän rivin kuivatussylintereiden kannatteleminen onnistuu niiden kaulalle asennettavan pannan ja laakeripesän päälle asennettavan matalan nostosylinterin avulla. Nostopanta muodostuu kahdesta samanlaisesta puolikkaasta (ks. liite 8). Nostopannan puolikkaat kiristetään sylinterin kaulalle kolmen M24 pultin ja kolmen mutterin avulla. Nostotunkin puolikkaiden alaosissa on kierrereiät, joihin asennetaan pultit, jotka säädetään kiinni kuivatusosan runkoon. Pulttien avulla saadaan estettyä pannan luisuminen pois telan kaulalta. Pulttien avulla saadaan myös nostosylinterin voima kohdistettua kohtisuoraan ylös, jolloin laakerille ei tule vinovedätystä.

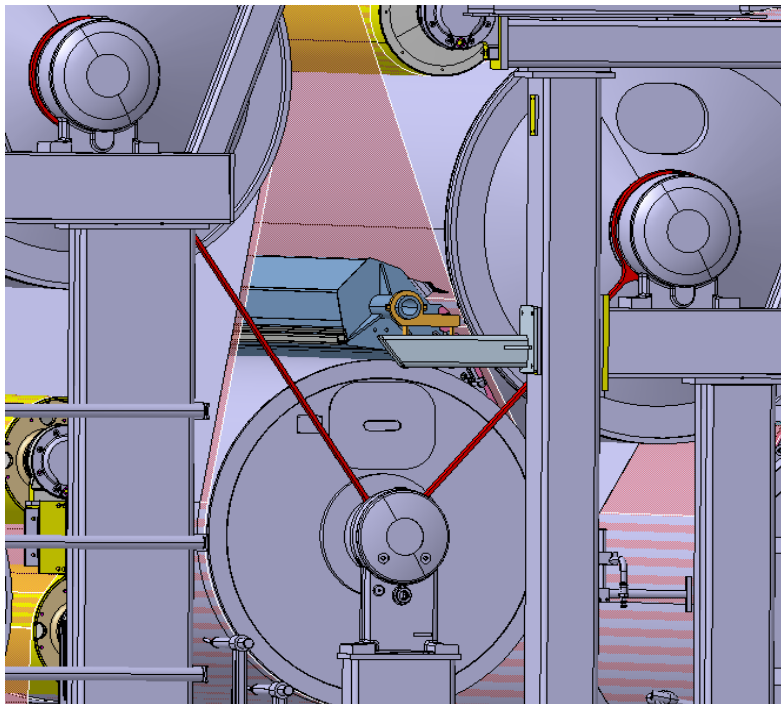
Nostopannat suunniteltiin niin, että ne ovat helposti asennettavissa ja käsiteltävissä. Yhden pannanpuolikkaan paino on noin 22 kilogrammaa, joten sen nostaminen onnistuu käsin. Asennettaessa pantoja sylinterin kaulan ympäri, voidaan ne aluksi kiinnittää toisiinsa esimerkiksi asennussokan avulla, jolloin pulttien asentaminen onnistuu turvallisesti.

Ylemmän rivin kuivatussylinterin vaihdossa suurin huollettavuutta heikentävä seikka on kohteen vaikea luoksepäästävyys. Ylemmän rivin kuivatussylintereiden laakerit sijaitsevat noin kolmen metrin korkeudessa. Laakereiden vaihtamista varten on asennettava erilliset telineet, joiden päältä laakereiden vaihtaminen onnistuu.

6.3.6 VacRoll-alipainetelan kannatus laakerin vaihdon aikana

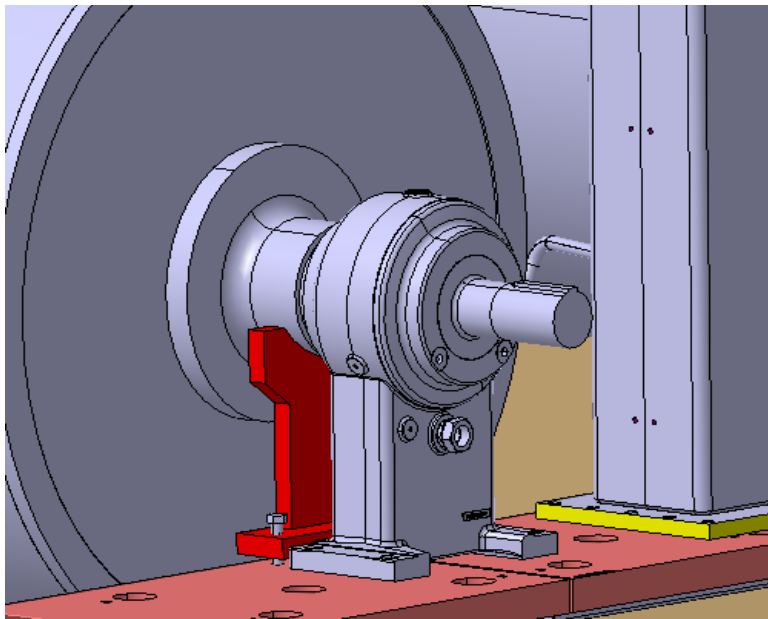
Tutkittaessa onnistuisiko VacRoll-alipainetelojen keventäminen rakenteiden avulla huomattiin samoja ongelmia, kuin kuivatussylintereidenkin keventämisen kanssa. Monesti tiellä on jotain kiinnikkeitä, ilmaputkia, puhalluslaatikoita tai muita laitteita, jotka estävät keventämisen rakenteiden avulla. Mikäli puhalluslaatikoita, kiinnittimiä ja muita tiellä olevia osia lähdetäisiin siirtämään pois edestä, jouduttaisiin myös ryhmän viira poistamaan ja tämä heikentäisi huollettavuutta huomattavasti.

VacRoll-alipainetelan keventäminen onnistuu kätevästi kannattelemalla sitä sen yläpuolella olevien kuivatussylintereiden kauloilta. (ks. kuvio 30). Kuivatussylintereiden kauloille asennetaan liinat, joihin kiinnitetään ketjugaljat. Taljojen toiset päät laiteetaan kiinni VacRoll-alipainetelan kauloilla oleviin liinoihin. Liinoja tasaisesti kiristämällä saadaan laakerin kuormaa pienennettyä, jolloin sen poistaminen on mahdollista. Käytettäessä kyseistä tyyliä telan keventämiseen ei jouduta tieltä poistamaan mitään ylimääräistä, joten kevennystyylä on huollettavuuden kannalta toimiva ratkaisu. VacRoll-alipainetelan hoitopuolen laakeria vaihdettaessa, vaihdon tieltä on poistettava suojakaiteet, ja laakeripesän kansi. Käyttöpuolen laakeria vaihdettaessa, myös telan ilmayhde on poistettava edestä.



Kuvio 30. VacRoll-alipainetelan kannattelemine kuivatussylintereitä apuna käyttäen

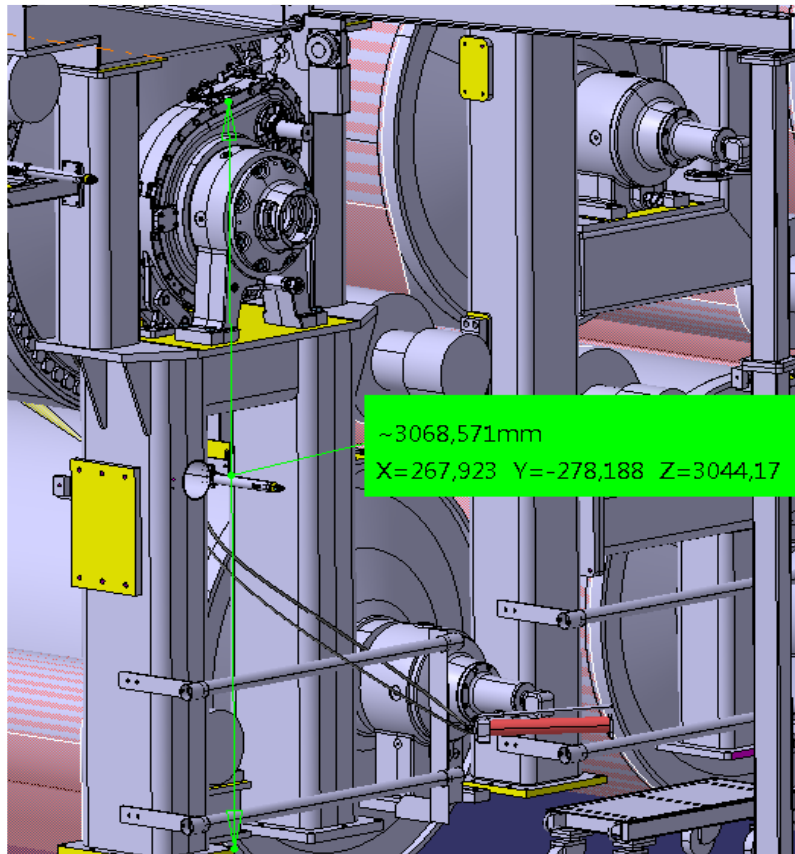
VacRoll-alipainetelan keventäminen onnistuu myös mekaanisen tunkin avulla, mikäli telaa ei ole jouduttu korottamaan koneen perustuksista (ks. kuvio 31). Tunkki asennetaan telan kaulan alle ja siinä olevia ruuveja kiristetään, jolloin laakerin kuorma pienenee ja se saadaan poistettua. Nostotunkki suunniteltiin niin, että sen luoksepäästävyys on hyvä. Tunkin alaosa tehtiin niin leveä, että ruuvien kiristäminen onnistuu vaivattomasti. Tunkin käsittely on myös helppoa ja sen asentamiseen ja käyttöön riittää yksi henkilö. Tärkein turvallisuuteen liittyvä huomio tunkin käytössä on, ettei sitä tiputa missään nimessä kellariin.



Kuvio 31. VacRoll-alipainetelan keventäminen mekaanisella tunkilla

6.3.7 Kuivatussylinterin tappivaihteen vaihtaminen

Kuivatussylinterin tappivaihteen vaihto-ohjetta tehdessä huomattiin, että suurin huolettavuutta heikentävä asia on tappivaihteen sijainti (ks. kuvio 32). Vaihde on reilun kolmen metrin korkeudessa, joten sen vaihtamiseksi on asennettava erikseen koottavat telineet.



Kuvio 32. Tappivaihte sijaitsee yli kolmen metrin korkeudessa

Toinen huollettavuutta heikentävä tekijä on se, että vaihte sijaitsee kuivatussylin-
terin päädyn ja laakeripesän välissä. Siksi ennen tappivaihteen vaihtamista on edestä
poistettava laakeripesän kansi, laakeri ja itse laakeripesä. Ennen laakerin poistamista
on edestä poistettava höyry- ja lauhdeyhteet, sekä vaihteesta käyttömoottoriin me-
nevä akseli. Tapauksissa, joissa koneen hoitosiltaan ei ole asennettu kiinteäksi siirto-
kiskoa, joudutaan erikseen asentamaan vaihtokisko. Vaihtokiskoon on myös asennet-
tava pystytuki, jotta kisko kestää vaihteen painon. Tappivaihteen vaihto-ohje liit-
teessä 13.

6.3.8 VacRoll-alipainetelan tappivaihteen vaihtaminen

VacRoll-alipainetelan tappivaihteen vaihtaminen on huollettavuuden näkökulmasta
parempi, kuin kuivatussylin-terin tappivaihteen vaihtaminen. VacRoll-alipainetelan
tappivaihdetta vaihdettaessa, ei jouduta edestä poistamaan laakeripesän kantta, laa-
keria ja laakeripesää. VacRoll-alipainetelan tappivaihte sijaitsee koneen ulkopuolelta
katsottuna ennen laakeripesää. VacRoll-alipainetelan tappivaihteen vaihdossa ei

myöskään tarvita erikseen rakennettavia telineitä, sillä vaihde sijaitsee lattiatasolla. Pakollisia vaihteen vaihdon edestä poistettavia osia ovat VacRoll-alipainetelan ilmayhde, suojakaide, sekä vaihteesta käyttömoottoriin lähtevä akseli ja sen suoja. Tappivaihteen vaihto-ohjeet liitteessä 13.

7 Tulosten tarkastelu

7.1 Johtopäätökset ja pohdinta

Tämän opinnäytetyön tärkeimmät tutkimuskysymykset olivat: Kuinka kuivatusosan huoltotyöt saadaan suoritettua turvallisesti? Kuinka kuivatusosan huoltotyöt saadaan suoritettua tehokkaasti?

Jotta tärkeimpiin tutkimuskysymyksiin saatiin vastaukset, oli vastattava seuraaviin alatutkimuskysymyksiin.

- Mitä nostoapuvälineitä työn suorittamisessa tarvitaan?
- Mitä huomioitavia asioita on eri vaiheissa vaihtoa?
- Montako henkilöä töiden suorittamiseen tarvitaan?
- Mitä turvallisuusvälineitä tarvitaan?
- Mitkä ovat töiden turvallisen suorittamisen perusedellytykset?
- Onko laitteiden nostopisteet turvallisesti suunniteltu?
- Mistä kohtaa kappaletta nostetaan?
- Miten työt voidaan suorittaa purkamalla huoltotyön tieltä mahdollisimman vähän osia?

Opinnäytetyön tuloksena saatiin suunniteltua ohjeet, jotka vastaavat näihin kysymyksiin. Suunnitellut ohjeet ovat sellaiset, että niiden avulla toimeksiantaja kykenee näyttämään asiakkaalle ja omille huoltomiehilleen, että kuinka työt voidaan suorittaa turvallisesti ja tehokkaasti. Työssä saavutettujen ohjeiden avulla toimeksiantaja voi myös kehittää muiden laitteiden ohjeet vastaavanlaisiksi. Tällöin myös niistä tulee havainnollistavampia ja eri riskitilanteet paremmin esiin tuovat. Ohjeiden avulla

asiakas pystyy mahdollisesti lyhentämään myös töiden keskimääräistä korjausaikaa, sillä asentajien ei tarvitse alusta alkaen suunnitella, kuinka työt saadaan suoritettua, tai kuinka työt saadaan suoritettua purkamatta edestä mitään ylimääräistä. Lisäksi työssä saavutettiin tärkeitä huomioita, mitä ei ole suunnittelun ja aiempien ohjeiden teon aikaan huomattu. Inhimillisten virheiden mahdollisuutta ei pystytä minkäänlaisilla ohjeilla ja varoituksilla poistamaan kokonaan, mutta perusteellisilla ohjeilla pystytään erilaiset huomion arvoiset seikat tuomaan asentajille ennen töiden suorittamista.

Viiranjohtotelojen vaihto-ohjeita tehdessä ei ollut vaikutusmahdollisuutta siihen, mitä joudutaan purkamaan pois edestä, jotta työt saadaan suoritettua mahdollisimman tehokkaasti, sillä nämä seikat määräytyvät jo konetta suunniteltaessa. Töiden tehokas suorittaminen perustuu siihen, että ohjeissa on tarkasti ja havainnoivasti ohjeistettu, että miten vaihto voidaan suorittaa turvallisesti. Viiranjohtotelojen vaihto-ohjeisiin löydettiin tärkeitä huomioita, jotka estävät töiden suorittamisen joko kokonaan aiemmin suunnitellulla tavalla, tai töiden suorittamisen turvallisesti. Nämä ovat tärkeitä huomioita, jotta tulevaisuudessa voidaan välttää samoja virheitä. Huomiot ovat myös tärkeitä siinä mielessä, ettei kyseisiä puutteita huomata vasta töitä tehdessä. Kyseisten asioiden huomaaminen töitä tehdessä olisi suuri riski sekä laitteiden ja ihmisten turvallisuuden kannalta, että myös työn suorittamisen tehokkuuden kannalta.

Kuivatussylintereiden ja VacRoll-alipainetelojen laakereiden vaihdon keventämiseksi löydettiin sellaisia ratkaisuja, ettei keventämisen tieltä joudu poistamaan mitään ylimääräistä. Kyseiset kannattelutavat ovat huollettavuuden kannalta toimivia ja siten myös koko koneen käytettävyyden kannalta tärkeitä asioita. Ohjeistuksen avulla asentajien ei tarvitse alusta alkaen suunnitella, että miten työt voidaan suorittaa mahdollisimman tehokkaasti ja turvallisesti, vaan heille voi selkeästi kuvan avulla näyttää mikä on toimiva ratkaisu.

Tämän opinnäytetyön tappivaihteiden vaihtoon tehdyistä ohjeista saa selkeän käsityksen vaihtotöiden eri vaiheista. Tappivaihteiden aiemmat ohjeet olivat jo kattavat

ja uusien ohjeiden tärkein kehityskohde olikin saada aikaan samanlaiset ohjeet, kuin mitä tehtiin viiranjohtotelojen vaihtamiseen. Uusissa tappivaihteiden vaihto-ohjeissa saatiin nostettua esille erityisesti eri vaiheiden vaaratilanteet.

Tulosten kannalta, olisi ollut tärkeää saada työn aikana myös asennuspuolen henkilöiden ehdotuksia, palautetta ja kehitysideoita ohjeisiin ja töiden suoritukseen liittyen. Heidän työkiireidensä takia niitä ei kuitenkaan saatu, joten tärkeitä ammattilaisten huomioita ei päästy hyödyntämään ohjeissa. Toimeksiantajan ohjaajalta saaman palautteen perusteella voidaan kuitenkin sanoa, että tuloksena saavutetut ohjeet ovat toimivat ja niistä saa selkeän kuvan siitä, kuinka työt tulee suorittaa.

Myös pääsy mukaan huoltotöihin olisi tuonut työlle paljon lisäarvoa. Käytännön olosuhteissa olisi päässyt näkemään ja aistimaan, kuinka kuumuus, pimeys, kiire, korkeat paikat ja ahtaus vaikuttavat huoltotoimenpiteiden suorittamiseen. Näiden asioiden huomioiminen olisi kuitenkin laajentanut työtä entisestään, eivätkä aika ja resurssit olisi riittäneet. Niistä voisikin tehdä oman työnsä, jossa paneudutaan syvällisemmin vaihtotöiden ergonomiaan ja käytettävyyteen käyttäjän kannalta.

7.2 Kehitysideat

7.2.1 Viiranjohtotelojen vaihto

Suurimmat kehitysideat jotka ohjeita tehdessä syntyivät, liittyvät viiranjohtotelojen vaihtoon käytettäessä apuna huuvan katossa oleviin kiskoihin asennettavia siirtovaujuja. Kyseisillä vaihtotyyleillä oli suuria puutteita luoksepäästävyudessa ja huollettavuudessa.

Ensimmäinen kehitysidea liittyy vaihdossa apuna käytettävään viiranhoitosiltaan, jonka kapeus tuottaa ongelmia telan käsittelyssä. Työn aikana mietittiin voisiko viiranhoitotasoa leventää, jotta sillä mahtuisi paremmin ja turvallisemmin työskentelemään. Toimeksiantajan asiantuntijan mukaan ongelmia tulisi etenkin lyhyillä kuivatusryhmillä. Lyhyillä kuivatusryhmillä on jo nykyiseltään ahdasta, sillä tiellä on muun

muassa viirankiristimiä ja viiranohjaimia. Leveämmät viiranhoitotasot pienentäisivät tilaa entisestään ja vaikeuttaisivat viirankiristimien ja viiranohjaimien paikoitusta. Toinen ongelma olisi, että kustannukset nousisivat, jos viiranhoitotasoa aletaan levenittää. Tällöin tullaan sen kysymyksen ääreen, että onko asiakas valmis maksamaan kyseisestä asiasta.

Toinen kehitysidea liittyi siirtovaunujen ja nostovälineiden luoksepäästävytyteen. Huuvan katossa olevat kiskot ovat niin korkealla, että siirtovaunujen ja nostovälineiden kiinnitys sekä käsittely on todella hankalaa. Yksi ratkaisu olisi levenittää kävelysiltoja joka paikasta, niin leveäksi, että niille voisi asentaa korotetun hoitotason (ks. liite 9). Toimeksiantajan asiantuntijan mukaan tässä olisi kuitenkin muutamia haasteita. Tyhjät tilat, jotka on suunnittelussa jätetty kapeiden kävelysiltojen avulla, on tarkoitettu ilmakehien varten. Niiden asentamiseen tulisi ongelmia mikäli kävelysiltoja levenettäisiin koko matkalta. Leveiden hoitosiltojen käyttäminen koko matkalta lisäisi toimeksiantajan edustajan mukaan myös kustannuksia huomattavasti, sillä suunnittelussa jouduttaisiin kävelysiltojen alle lisäämään myös tukirautoja. Korotetun hoitotason asentaminen ei onnistuisi myöskään viirankiristimien kohdalle.

Kolmas kehitysidea oli, että kävelysillat suunniteltaisiin korotetuksi niiltä kohtaa, missä teloja täytyy kiinnittää kiskojen siirtovaunuihin. Toimeksiantajan asiantuntijan mukaan kävelysillat suunnitellaan kuitenkin tasaiseksi, sillä niin ne ovat helpommat ja turvallisemmat kulkea, sekä helpompi suunnitella ja asentaa. Lisäksi niin ne ovat huomattavasti halvempia. Korotetun hoitotason asentaminen ei myöskään hyödyttäisi käytettäessä pelkästään poikittaiskiskoihin asennettavia siirtovaunuja. Korotetulta hoitotasolta ei saisi siirtovaunua siirrettyä keskelle telaa, sillä telan keskelle on hoitotasolta matkaa muutama metri.

7.2.2 Kuivatussylintereiden ja VacRoll-alipainetelojen kannattelemine

Myös kuivatussylintereiden ja VacRoll-alipainetelojen kannatteluun laakereiden vaihdon mahdollistamiseksi mietittiin kehitysideoita. Yksi mietitty mahdollisuus olisi suunnitella kuivatusosan runkoon sylintereiden ja VacRoll-alipainetelojen kohdalle

kierrereiät, joihin voisi ruuvata nostokorvakkeet. Nostokorvakkeista voisi sitten ketjutaljan avulla kannatella sylinteriä tai telaa. Toimeksiantajan asiantuntijan mukaan tämä olisi hankalaa, sillä tällöin jokaisen telan ja sylinterin kohdalle täytyisi paikantaa sekä käyttö- että hoitopuolien rakenteisiin reiät. Kun rakenteiden pituudet vaihtelevat eri projekteissa mm. paperilajeista johtuen, joutuisi reiät paikantamaan aina erikseen.

Yksi toimiva kehitysidea on suunnitella kuivatusosan rakenteet niin, että myös yläriivin kuivatussylintereiden keventäminen laakereiden vaihdon aikana onnistuu samantyyppisellä mekaanisella tunkilla, kuin alarivinkin sylintereiden keventäminen. Sylinterin kaulan alle asennettava tunkki on kaikkein helppokäyttöisin ja helpoiten asennettavissa. Tämä on käyttökelpoinen kehitysidea, sillä koneissa, joissa on käytössä tappivaihteita, on jo käytössä tällaisia rakenteita.

Lähteet

A 12.6.2008/400. Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta. Finlex ajantasainen lainsäädäntö. Viitattu 20.2.2017.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>

A 12.6.2008/403. Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta. Viitattu 28.3.2017. http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080403?search%5btype%5d=pika&search%5bpika%5d=nosto*%20ja%20turvallisuus#L1P12

http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080403?search%5btype%5d=pika&search%5bpika%5d=nosto*%20ja%20turvallisuus#L1P12

DPsantasalo N.d. Dryer section drives. Viitattu 10.5.2017.

https://dbsantasalo.com/media/1066/fibre-paper-catalogue_web_eng.pdf

Erlatek nostoapuvälineet. N.d. Kettinkiraksikomponentit. Viitattu 30.3.2017.

<https://www.erlatek.fi/kettinkiraksikomponentit>

Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2006. Kemiallinen metsäteollisuus – Paperin ja kartongin valmistus. Jyväskylä, Opetushallitus

Kananen, J. 2008. Kvalitatiivisen tutkimuksen teoria ja käytänteet. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Karlsson, M. 2010. Papermaking, part 2, Drying. Papermaking Science and technology. Second Edition. Porvoo. Paperi ja Puu Oy.

KnowPap 2016. Dryer section. Viitattu 6.2.2017.

http://www.knowpap.com/extranet/english/knowpap_system/user_interfaces/pap_machines/machine/dryer_section/frame.htm

Kortelainen, H. 1999. Paperi- ja selluteollisuuden käyttövarmuuden mittarit. Viitattu 17.2.2017. VTT:n raportti 15.9.1999.

http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/prognos/prognos/luonnokset/paperi_ja_selluteollisuuden_kayttovarmuuden_mittarit.pdf

Kuivatusosa, Top Moduli B 2007. Dryer työpöytä. Notes tietokannat. Valmet Oy. Viitattu 22.2.2017.

Käyttövarmuus. N.d. Teoriaa Ramentor Oy:n sivustolla. Viitattu 18.2.2017

<http://www.ramentor.com/etusivu/teoria/kayttovarmuus/>

L 23.8.2002/738. Työturvallisuuslaki. Finlex ajantasainen lainsäädäntö. Viitattu 5.2.2017. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>

Machinetool nostolaitteet. 2017. Nostimet, Svero-viputalja. Viitattu 29.3.2017

<http://www.machinetool.fi/nostolaitteet/nostimet/svero-viputalja>

Mechefske, C. & Wang, Z. 2003. Mechanical systems and signal processing: Using fuzzy linguistics to select optimum maintenance and condition monitoring strategies. 2nd ed.

Moubray, J.1997. Reliability-centered maintenance. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Nostoapuvälineet turvallisuus 2010. Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12. Tampere Multiprint. Viitattu 13.3.2017

http://www.nostokonepalvelu.fi/sites/nkp.vaiste.com/files/Nostoapuvälineet_turvallisuus.pdf

PSK6201:2011. Kunnossapito käsitteet ja määritelmät. 3p. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. Viitattu 2.2.2017. <http://www.psk-standardisointi.fi/Standard/Ryhma62/psk6201.pdf>

PSK7501:2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2p. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. Viitattu 7.4.2017. PSK7501.pdf

RAKPM3 Dryer section. N.d. Training material. Viitattu 14.4.2017

Skanz, E. N.d. Valmetin kuivatuskonseptit. Sähköpostiviesti 20.2.2017. Vastaanottaja T. Rönkkö.

Skanz, E. N.d. Tappivaihe. Sähköpostiviesti. 11.5.2017. Vastaanottaja T.Rönkkö

Valmet käyttö- ja huolto-ohjeet. 2016. Valmet turvallisuusohjeet RAKPM3. Viitattu 14.4.2017

Valmet käyttö- ja huolto-ohjeet. 2016. Valmet huolto-ohjeet RAKPM3. Viitattu 14.4.2017.

Valmet Mediabank. N.d. Dryer Section, OptiRun Compact. Viitattu 24.3.2017

<http://mediabank.valmet.com/>

Valmet Mediabank. N.d. Dryer Section, OptiHood. Viitattu 24.3.2017

<http://mediabank.valmet.com/>

Valmet ProductVault. 2014. Dryer Cylinders. Viitattu 9.2.2017

[http://productvault.valmet.com/Valmet/products/Vault2MP.nsf/BYWID/WID-071219-2256E-032DC/\\$File/33180_V3_EN.pdf?OpenElement](http://productvault.valmet.com/Valmet/products/Vault2MP.nsf/BYWID/WID-071219-2256E-032DC/$File/33180_V3_EN.pdf?OpenElement)

Valmet ProductVault. 2014. Vac Roll. Viitattu 9.2.2017

[http://productvault.valmet.com/Valmet/products/Vault2MP.nsf/BYWID/WID-111014-2256E-2EFE6/\\$File/33181_V3_EN.pdf?OpenElement](http://productvault.valmet.com/Valmet/products/Vault2MP.nsf/BYWID/WID-111014-2256E-2EFE6/$File/33181_V3_EN.pdf?OpenElement)

Valmet ProductVault.2014 HiRun Runnability System. Viitattu 10.2.2017

[http://productvault.valmet.com/Valmet/products/Vault2MP.nsf/BYWID/WID-100910-2256E-8D480/\\$File/40019_V3_EN.pdf?OpenElement](http://productvault.valmet.com/Valmet/products/Vault2MP.nsf/BYWID/WID-100910-2256E-8D480/$File/40019_V3_EN.pdf?OpenElement)

Valmet ProductVault. 2014. SymRun Blow Box. Viitattu 10.2.2017

[http://productvault.valmet.com/Valmet/products/Vault2MP.nsf/BYWID/WID-140812-2256E-DC5B3/\\$File/SymRun_Plus_Blow_Box_40020_V3_EN.pdf?OpenElement](http://productvault.valmet.com/Valmet/products/Vault2MP.nsf/BYWID/WID-140812-2256E-DC5B3/$File/SymRun_Plus_Blow_Box_40020_V3_EN.pdf?OpenElement)

Valmet Products. 2017. Impingement drying. Viitattu 11.2.2017

<http://www.valmet.com/products/board-and-paper-mills/drying/impingement-drying/>

Valmet Runnability systems. N.d. Runnability systems for single- and double-fabric dryer groups. Powerpoint. Viitattu 30.3.2017

Valmet Solution Finder. 2016. Doctoring. Viitattu 16.3.2017 [https://val-](https://valmet.my.salesforce.com/sfc/p/#58000000Hp8I/a/580000006CVh/TFyIC0SuN9DO-fUnk2uc8UO668eIZkDGqePUs2ltA468)

[met.my.salesforce.com/sfc/p/#58000000Hp8I/a/580000006CVh/TFyIC0SuN9DO-fUnk2uc8UO668eIZkDGqePUs2ltA468](https://valmet.my.salesforce.com/sfc/p/#58000000Hp8I/a/580000006CVh/TFyIC0SuN9DO-fUnk2uc8UO668eIZkDGqePUs2ltA468)

Valmet Solution Finder. 2016. OptiCleaner Pro. Viitattu 1.3.2017

<https://valmet.my.salesforce.com/sfc/p/#58000000Hp8I/a/580000006CH6/PluxiE1GcXb4NijVNWluLMQW IOHMEh3NCR HiBjaRA>

Valmet technical paper series. 2011. Process improvements and parts. Viitattu

27.3.2017. [http://www.valmet.com/globalassets/media/downloads/white-pa-](http://www.valmet.com/globalassets/media/downloads/white-papers/process-improvements-and-parts/wpp_docto-)

[pers/process-improvements-and-parts/wpp_docto-
ring.pdf? t_id=1B2M2Y8AsgTpgAmy7PhCfg%3d%3d& t_q=doctoring& t_tags=lan-
guage%3afi& t_ip=139.74.145.36& t_hit.id=Knowit_ValmetCom_Models Me-
dia_GenericMedia/ 4b479822-5cec-471d-8bd5-2d27d0b4f7cb& t_hit.pos=1](http://www.valmet.com/globalassets/media/downloads/white-papers/process-improvements-and-parts/wpp_doctoring.pdf? t_id=1B2M2Y8AsgTpgAmy7PhCfg%3d%3d& t_q=doctoring& t_tags=language%3afi& t_ip=139.74.145.36& t_hit.id=Knowit_ValmetCom_Models_Media_GenericMedia/4b479822-5cec-471d-8bd5-2d27d0b4f7cb& t_hit.pos=1)

Valmetin terveys ja turvallisuus. 2017. Valmet Technologies Oy. Viitattu 31.1.2017

<http://www.valmet.com/fi/kestava-kehitys/vastuulliset-toiminnot/terveys-turvallisuus-ja-ymparisto/>

Valmet yrityksenä. 2017. Valmet Technologies Oy. Viitattu 29.1.2017

<http://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/>

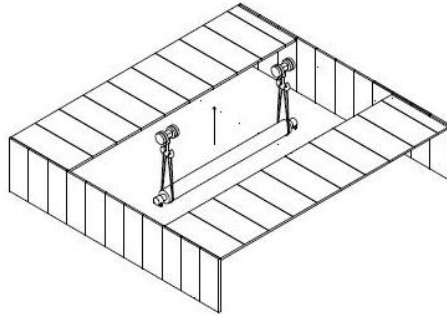
Valmet Jyväskylä, yleisesittely. 2016. Powerpoint esitys, Valmet Technologies Oy. Viitattu 28.2.2016. Saatavilla yrityksen sisäisestä järjestelmästä.

Waeyenbergh, G. & Pintelon, L. 2001. A framework for maintenance concept development. Elsevier Science B.V. Viitattu 20.2.2017.

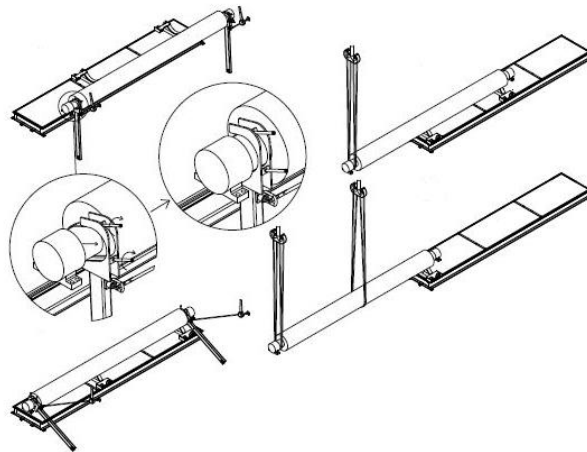
<https://pdfs.semanticscholar.org/896c/9b58c3bc7d2025c7d83dfc1cd92f95a3e60b.pdf>

Liitteet

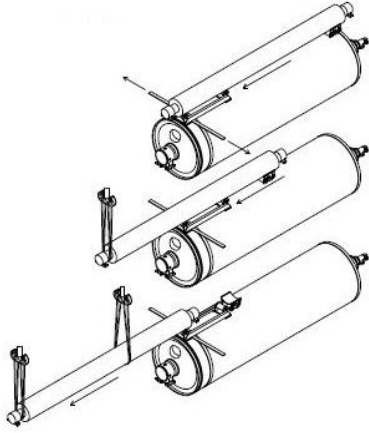
Liite 1. Viiranjohtotelan poistaminen katon kautta



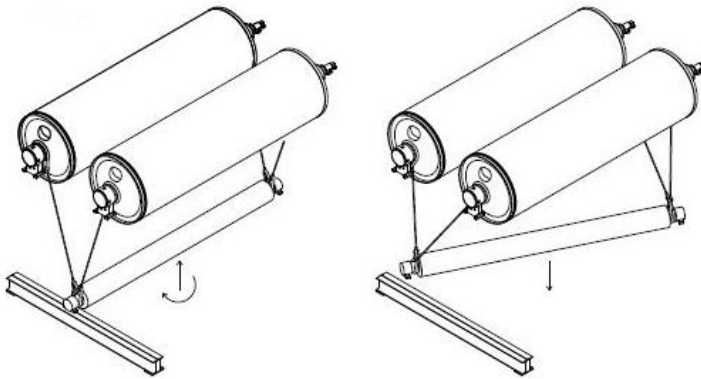
Liite 2. Viiranjohtotelan poistaminen vaihtovarsien avulla



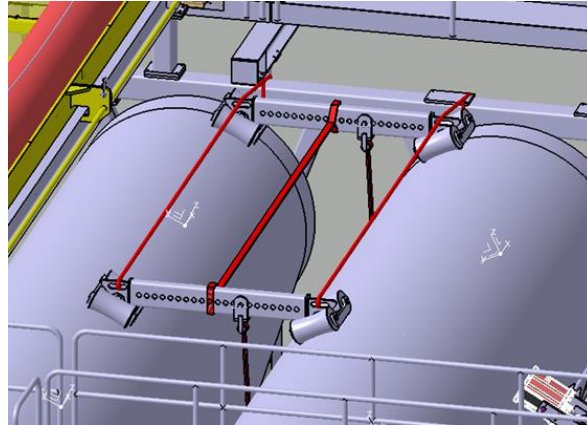
Liite 3. Viiranjohtotelan poistaminen telansiirtovaunujen avulla



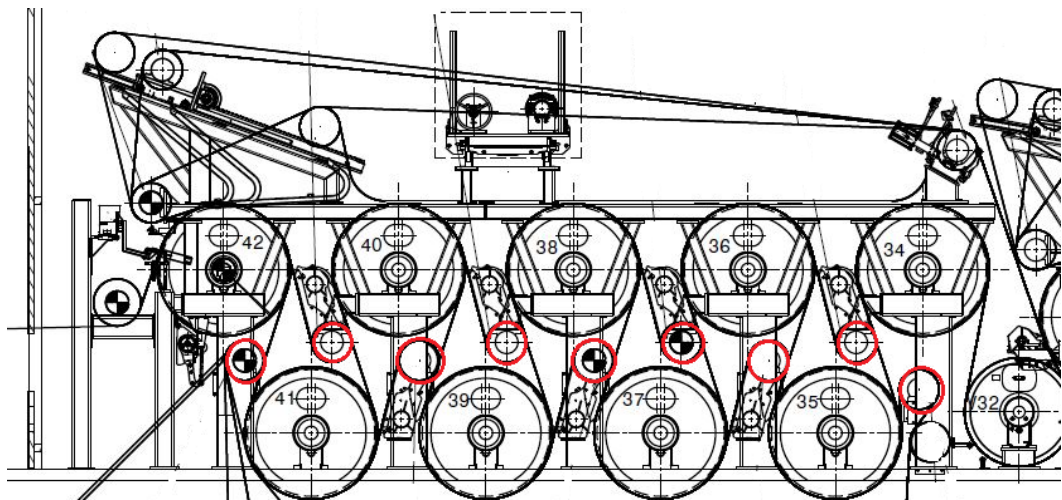
Liite 4. Viiranjohtotelan poistaminen kellarin kautta



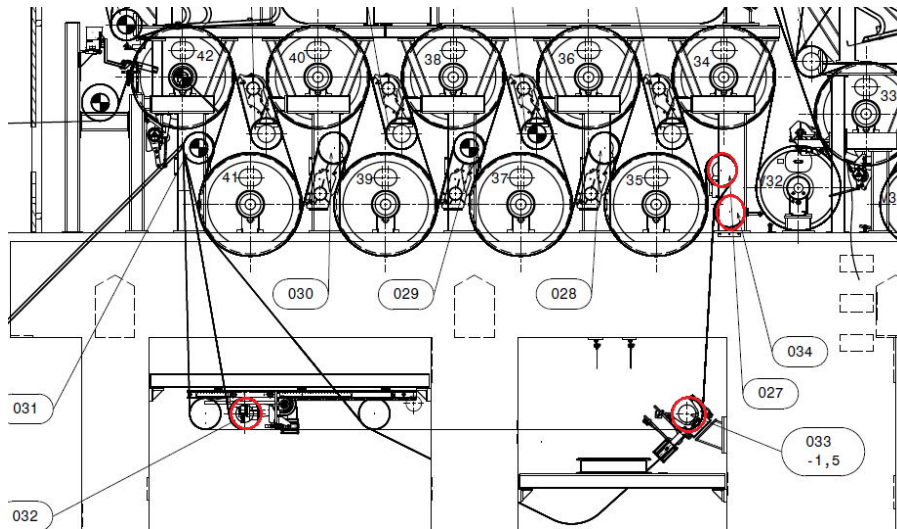
Liite 5. Ylemmän rivin kuivatussylinterin päälle asennettava siirtolaite



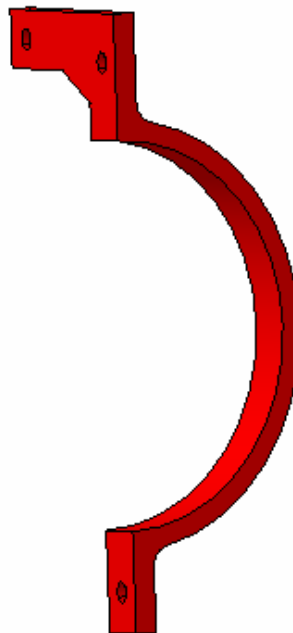
Liite 6. Ryhmä 7:n siirtovaunuilla vaihdettavat telat merkattu punaisella (Telojen vaihtotyylit, RAKPM3. N.d.)



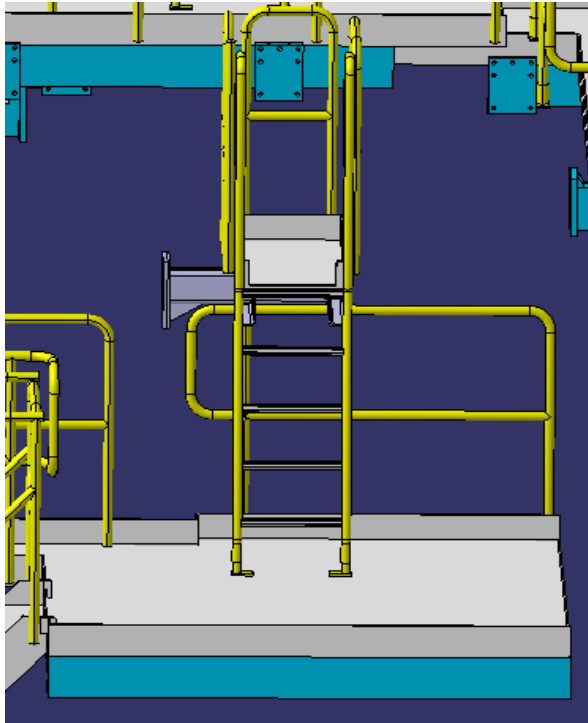
Liite 7. Ala kautta vaihdettavat viiranjohtotelat (Telojen vaihtotyylit RAKPM3 n.d)



Liite 8. Ylemmän rivin kuivatussylinderin kannatteluun suunniteltu nostopannan puolikas.



Liite 9. Kävelysilloille asennettava korotettu hoitotaso



Liite 10. Vaihto-ohjeet RAKPM3_Ryhmä7

Liite on salainen.

Liite 11. Viiranjohtotelan vaihtaminen vaihtovarsilla

Liite on salainen.

Liite 12. Vaihto-ohjeet kiskoilla poistettaville viiranjohtoteloille

Liite on salainen.

Liite 13. Tappivaihteiden vaihtaminen

Liite on salainen.