

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SELLUN KUIVAUSKONEEN KÄYNNINVARMISTUS

TEKIJÄ: Teemu Tukiainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Teemu Tukiainen	
Työn nimi Sellun kuivauskoneen käynninvarmistus	
Päiväys 12.05.2022.	Sivumäärä/Liitteet 34/0
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Stora Enso Oyj	
Tiivistelmä <p>Ajan saatossa kaikissa teknisissä laitteissa alkaa tapahtumaan kulumista. Mikäli komponenttien kulumiseen ei puututa, johtaa se lopulta laitteiden totaaliseen hajoamiseen. Prosessiteollisuudessa laitteiden kuntoa ylläpidetään toimivalla kunnossapidolla. Joissakin tapauksissa on kuitenkin mahdollista, että laitteiston kunnossapito ei jostakin syystä ole riittävällä tasolla. Tällaisissa tilanteissa voidaan laitteiston käyttövarmuuden kannalta päätyä takaa-ajo asemaan ja laiterikkojen yleistyessä joudutaan kunnossapitostrategiaa päivittämään.</p> <p>Tämän kehittämistyön toimeksiantajana toimi Stora Enso Oyj, joka halusi kehittää kunnossapidollista strategiaansa Varkauden pakkauskartonkitehtaan sellun kuivauskoneen käynninvarmistamiseksi. Työn tarkoituksena oli tarkastella sellun kuivauskoneen kriittisimpien komponenttien vikahistorioita ja huoltosuunnitelmia, tunnistaa puutteet komponenttien nykykunnossa sekä laatia suunnitelmat ja esitykset parantaville toimenpiteille. Kehittämistyön teoriaosuus sisältää keskeistä tietoa sellun kuivauskoneen toiminnasta, kunnossapidosta ja sen alalajeista sekä tyypillisimmistä kulumismekanismeista.</p> <p>Työn tuloksena toimeksiantaja sai tärkeää tietoa laitteiston nykykunnosta sekä suunnitelman sellun kuivauskoneen kunnossapitostrategian päivittämiseksi. Työssä pystyttiin tunnistamaan juurisyyt koneella yleistyneiden häiriöiden takana sekä luotiin esitykset tilanteen korjaamiseksi ja koneen käynninvarmistamiseksi. Suurin osa tehtävistä toimenpiteistä on esitetty toteutettavaksi tulevien vuosien aikana, mutta osaa alettiin toteuttaa jo tämän kehittämistyön aikana.</p>	
Avainsanat kunnossapito, kuivauskone, kulumismekanismit, kiertovoitelu, kunnonvalvonta	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering	
Author(s) Teemu Tukiainen	
Title of Thesis Ensuring the Operational Reliability of a Pulp Drying Machine	
Date 12 May 2022	Pages/Appendices 34/0
Client Organisation /Partners Stora Enso Oyj	
<p>Abstract</p> <p>Wear occurs in all technical devices in the course of time. If the wear of the components is not addressed, it will eventually lead to total breakdown of the equipment. In process industry the condition of the machines is maintained by efficient maintenance. However, in some cases it is possible that for some reason the maintenance is not sufficient. Situations like this can cause problems in terms of equipment reliability and the maintenance strategy will have to be updated as equipment failures become more common.</p> <p>This thesis was carried out as development work commissioned by Stora Enso Oyj. Stora Enso wanted to develop its maintenance strategy to ensure the operational reliability of their pulp drying machine at the Varkaus containerboard mill. The purpose of the work was to examine the failure history and maintenance plans of the machine's most critical components, to identify the deficiencies in the current condition of the components and to come up with plans and proposals for improvement measures. The theoretical part of this development work contains information about the pulp drying machine, maintenance in general and the most typical wear mechanisms.</p> <p>As a result of the development work, the client received important information on the current condition of the equipment, as well as a plan for updating the maintenance strategy of the pulp drying machine. Root causes behind the increased malfunctions on the machine were successfully identified and the plans and proposals to remedy the situation and secure the reliable usage of the machine were made. Most of the measures to be taken have been proposed for implementation in the coming years but some of them have been implemented during this development work.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Maintenance, dying machine, wear mechanism, circulating lubrication, condition monitoring</p>	

ESIPUHE

Tämä kehittämistyö tehtiin Stora Enso Oyj:lle alkuvuodesta 2022. Tahdon kiittää Varkauden pakkauskartonkitehtaan henkilöstöä tuesta tämän opinnäytetyön tekemisen aikana. Erityiskiitokset opinnäytetyöni mahdollistamisesta ja asiantuntevasta ohjaamisesta saavat Stora Enso Oyj:n Varkauden pakkauskartonkitehtaan kunnossapitopäällikkö Sami Hyttinen sekä vanhempi kollegani kunnossapitoinsinööri Matti Saavalainen.

Kuopiossa 12.05.2022.

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Työn taustatiedot.....	7
1.2	Työn tavoitteet ja toteutus	7
1.3	Rajaukset	7
2	SIDOSRYHMIEN ESITTELY	8
2.1	Stora Enso.....	8
2.1.1	Varkauden tehdas.....	8
2.2	Savonia-ammattikorkeakoulu	9
3	SELLUN KUIVAUSKONE.....	10
3.1	Kuivauskoneen prosessi.....	10
3.2	Kuivauskoneen komponentit	11
3.2.1	Telat.....	11
3.2.2	Kuivaussylinterit	11
3.3	Tuotannon pysäyttävät vauriot	11
4	KUNNOSSAPITO	13
4.1	Kunnossapidon määritelmä.....	13
4.2	Kunnossapidon tavoitteet ja lajit	13
4.3	Suunnitellun kunnossapidon alalajit.....	15
4.4	Häiriökorjausten alalajit.....	16
4.5	Stora Enson kunnossapito	16
5	KEHITTÄMISTYÖN TOTEUTUS.....	18
5.1	Kehittämistyön suunnitteluvaihe.....	18
5.2	Lähtötilanteen kartoitus.....	18
5.2.1	Laakeroinnit	19
5.2.2	Kiertovoitelu.....	23
5.2.3	Kunnonvalvonta.....	24
5.2.4	Värähtelymittaus	25
5.2.5	Kriittisten varaosien hallinta.....	25
6	JATKOTOIMENPITEET	27
7	YHTEENVETO.....	31
7.1	Kehittämistyön tulokset	31

7.2	Kehittämistyön ja tuloksien arviointi	31
7.3	Kehittämistyön luotettavuus ja eettisyys	31
7.4	Kehittämistyön hyödynnettävyys	32
7.5	Ammatillinen kehitys	32
8	LÄHDELUETTELO.....	33

KUVALUETTELO

Kuva 1.	Varkauden pakkauskartonkitehdas. (Sakari Partanen / Yle, 2021)	8
Kuva 2.	Kuivauskoneen prosessi. (KnowPulp, 2022)	11
Kuva 3.	Kunnossapitolajit. (PSK 7501, 2010, s. 32)	14
Kuva 4.	Kunnossapitolajit. (SFS-EN 13306, 2017, s. 22).....	15
Kuva 5.	Esimerkki EH-raportti. (Stora Enso, 2022).....	17
Kuva 6.	Kuivaussylinterien vikahistoria-analyysi. (Tukiainen, 2022).....	19
Kuva 7.	Kuivaussylintereillä havaitut laakerivauriot. (Tukiainen, 2022)	20
Kuva 8.	Adhesiivinen liitos. (Parikka & Lehtonen, 2000, s. 7)	21
Kuva 9.	Kolmen kappaleen abraasio. (Parikka & Lehtonen, 2000, s. 9)	22
Kuva 10.	Vierintäväsytymisestä syntynyt särö. (Parikka & Lehtonen, 2000, s. 10)	23
Kuva 11.	Vierintälaakerin vikaantumisen P-F-käyrällä. (Mikkonen, ym., 2009, s. 141).....	25
Kuva 12.	Hoitopuolen laakerointien tilanne toukokuussa 2022. (Tukiainen, 2022)	28
Kuva 13.	Käyttöpuolen laakerointien tilanne toukokuussa 2022. (Tukiainen, 2022).....	29

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustatiedot

Opinnäytetyön tarve tuli ilmi Varkaus 500 projektin suunnittelun myötä. Kyseessä on investointiprojekti, jonka tarkoituksena ovat tuotannon joustavuuden ja kapasiteetin lisääminen Stora Enson Varkauden pakkauskartonki tehtaalla. Projektin myötä tehtaalla voidaan lisätä kierrätyskuidun käyttöä huomattavasti. Kartonkikoneen saadessa jatkossa suuren osan raaka-aineestaan kierrätyskuitulaitoksesta, jää tehtaalla enemmän sellua kuivattavaksi. Mikäli sellua ei saataisi kuivattua, jouduttaisiin koko sellutehtaan tuotantoa jarruttamaan. Tämän takia ennen vain satunnaisesti käytössä ollut sellun kuivauskone tulee jatkossa olemaan erittäin tärkeässä roolissa pakkauskartonkitehtaan massataseen säätelyssä ja näin myös koko tehtaan tuotannossa.

1.2 Työn tavoitteet ja toteutus

Työ toteutettiin kunnossapidon kehittämistyönä ja työn tavoitteena oli tarkastella sellun kuivauskoneen kriittisimpien komponenttien vikahistorioita ja huoltosuunnitelmia, tunnistaa puutteet komponenttien nykykunnossa sekä laatia suunnitelmat tai esitykset parantaville toimenpiteille.

1.3 Rajaukset

Kehittämistyön aihealue rajattiin sellun kuivauksessa käytettävien telojen ja kuivaussylintereiden nykykunnan ja huoltosuunnitelmien tarkasteluun ja kehittämiseen. Nämä komponentit nousivat selvästi muita tärkeämmiksi koska hajotessaan ne aiheuttavat pitkiä tuotannon katkoja, eikä konetta ole mahdollista käyttää ilman niitä. Tämä projekti on osa laajempaa selvitystyötä, jonka tarkoituksena on luoda kehityssuunnitelma koko sellun kuivauskoneen käynninvarmistamiseksi.

2 SIDOSRYHMIEN ESITTELY

2.1 Stora Enso

Stora Enso on pakkaus-, biomateriaali-, puutuote- ja paperiteollisuuden uusiutuvien tuotteiden maailmanlaajuinen toimittaja. Stora Enso on myös yksi maailman suurimmista yksityisistä metsänomistajista. Vastuullisesti luontoon suhtautuvan yhtiön visiona on, että kaikki mikä nykyisin valmistetaan uusiutumattomista materiaaleista voitaisiin jatkossa valmistaa puusta. Puuta kasvatetaan enemmän kuin korjataan ja materiaalit käytetään mahdollisimman tehokkaasti. Maailmanlaajuisesti yhtiö työllistää noin 22 000 henkilöä. (Stora Enso, 2022)

2.1.1 Varkauden tehdas

Varkauden tehdas on monipuolinen biotuoteintegraatti. Varkauden tehdas (kuva 1.) koostuu pakkauskartonkitehtaasta, sahasta ja LVL-tehtaasta. Pakkauskartonkitehtaaseen kuuluvat puunkäsittelylaitos, sellutehdas, kierrätyskuitulaitos ja yksi paperikoneesta modifioitu kartonkikone, PK3. Varkauden tehtaan puun kulutus on noin kaksi miljoonaa kuutiota vuodessa. Varkauden tehdas on energiaomavarainen. Lämpö- ja voimalaitoksissa käytetään 95 prosenttisesti bio- ja kierrätyspolttoaineita maksimoimalla energiatehokkuus ja minimoimalla fossiiliset hiilidioksidipäästöt. Varkauden tehdasintegraatio työllistää noin 400 vakituista työntekijää tuotannossa ja kunnossapidossa. (Stora Enso, 2022)



Kuva 1. Varkauden pakkauskartonkitehdas. (Sakari Partanen / Yle, 2021)

2.2 Savonia-ammattikorkeakoulu

Savonia-ammattikorkeakoulu on yksi Suomen suurimmista ja monipuolisimmista ammattikorkeakouluista. Savonia tarjoaa koulutusta seitsemällä eri koulutusosalalla, kolmella eri paikkakunnalla. Savonian tarjoamia koulutusaloja ovat Liiketalouden koulutusala, Luonnonvara-ala, Matkailu- ja ravitsemisala, Muotoilun koulutusala, Musiikin ja tanssin koulutusala, Sosiaali- ja terveysala sekä Tekniikan koulutusala. Savonian kampukset sijaitsevat Iisalmessa, Kuopiossa ja Varkaudessa. (Savonia-ammattikorkeakoulu, 2022)

3 SELLUN KUIVAUSKONE

3.1 Kuivauskoneen prosessi

Sellun kuivauskone (kuva 2.) koostuu perälaatikosta, viiraosasta, puristinosasta, kuivatusosasta, arkitusosasta ja paalauslinjastosta.

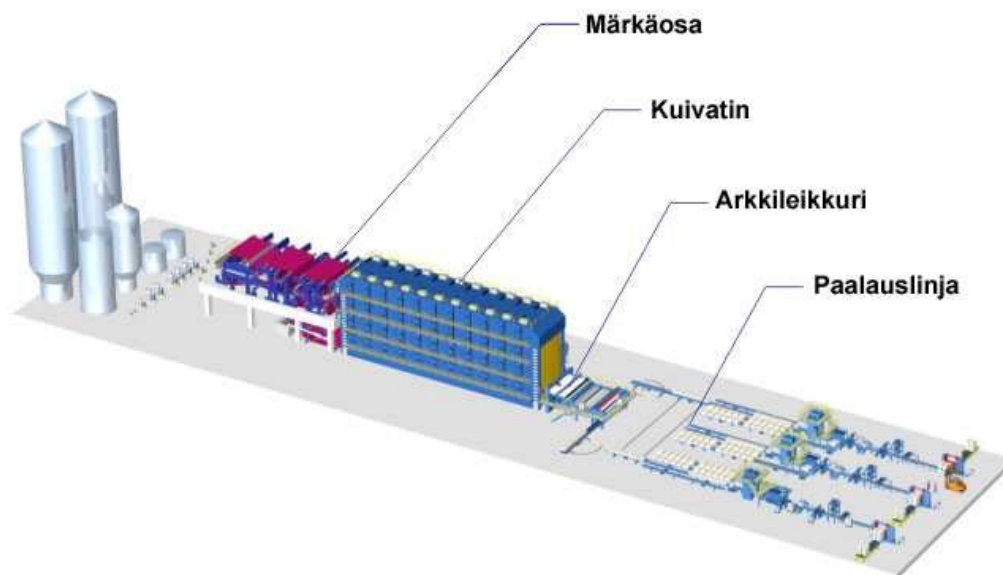
Perälaatikon tehtävä on levittää kuidut mahdollisimman tasaisesti viiralle. Koko viiran leveydelle ruiskutetusta sellumassasta muodostuu massarina.

Viiraosa on sellun kuivausprosessin ensimmäinen osa, jonka tarkoituksena on poistaa rainasta mahdollisimman paljon vettä, jotta rainalle saadaan mahdollisimman korkea kuiva-ainepitoisuus ennen puristinosalle siirtoa. Tällä tehostetaan puristinosan toimintaa sekä koneen ajettavuutta. Viiraosalla rainan vedenpoisto perustuu alipaineimuun. Rainan läpi imetään ilmaa joko viiran päälle tai alle sijoitetuilla imulaatikoilla, imuteloilla tai molemmilla. Rainan poistuessa viiraosalta on sen kuiva-ainepitoisuus tyypillisesti noin 25 %.

Puristinosalla kuivausta jatketaan rainaa mekaanisesti puristamalla. Viiraosalta raina siirretään puristinhuovalle ja se kuljetetaan puristintelojen välistä. Puristinosalla raina tiivistyy ja lujittuu. Puristuksen jälkeen rainan kuiva-ainepitoisuus on tyypillisesti noin 50 %.

Kuivatusosa on kuivausprosessin osista viimeinen. Kuivatusosalla rainaa kuivataan haihduttamalla. Kuivatusosa on uudemmissa koneissa toteutettu puhallinkuivaimella, jossa massarina ohjataan kuivaimen sisään johtotelalla ja kuivattimen sisällä alalaatikot kannattelevat rataa ja ylälaatikot lisäävät lämmönsiirron rataa. Vanhemmissa koneissa kuivatusosa on toteutettu sylinterikuivattimella. Sylinterikuivatin on muodostettu joukosta pyöriviä kuivaussylintereitä. Vettä haihdutetaan kuljettamalla rataa höyryllä lämmitettyjen sylintereiden pinnalla. Nykyisin sylinterikoneita ei ole enää rakennettu niiden korkean hankintakustannuksen takia. Haihduttaminen on kuivausprosesseista kaikkein kallein. Tästä syystä onkin tärkeää, että rainan kuiva-ainepitoisuus on matkalla nostettu mahdollisimman korkealle. Kuivatusosan jälkeen sellun kuiva-ainepitoisuus on tyypillisesti noin 90 %.

Arkitusosalla arkkileikkuri leikkaa kuivatun rainan halutun kokoisiksi paloiksi. Kuivattimelta arkkileikkurille tuleva raina leikataan ensin pituussuuntaisiksi rainoiksi ja poikkileikkausyksikössä arkeiksi. Ladontaosalla yksittäiset selluarkit ladotaan paaleiksi joko arkkien painon tai lukumäärän mukaan. Paalauslinjastolla arkit punnitaan ja puristetaan mahdollisimman tiiviiksi. Tarvittaessa arkit voidaan myös pakata kääreisiin ja leimata. (KnowPulp, 2022)



Kuva 2. Kuivauskoneen prosessi. (KnowPulp, 2022)

3.2 Kuivauskoneen komponentit

3.2.1 Telat

Sellun kuivauskoneessa on lukuisia erilaisia teloja, joilla kullakin on oma käyttötarkoituksensa. Pääasiassa koneessa on viiraa tai huopaa ohjaavia teloja, rainasta vettä imeviä teloja sekä rainaa puristavia tai ohjaavia teloja. Osa teloista ovat rainan mukana vapaasti pyöriviä ja osassa on oma vaihde- ja käyttömoottorinsa. Erilaisista käyttötavoistaan ja tarkoituksistaan huolimatta on kaikilla teloilla melko samanlainen perusrakenne. Telat ovat koneen poikki rainaan nähden sivuttain kulkevia lieriöitä, jotka on laakeroitu molemmista päistä. (Stora Enso, Henkilöstö haastattelut, 2022)

3.2.2 Kuivaussylinterit

Kuivaussylinterit ovat höyryllä lämmitettäviä veden haihdutukseen tarkoitettuja telamaisia komponentteja. Telan tapaan myös kuivaussylinterit ovat molemmista päistä laakeroituja rainan poikki kulkevia lieriöitä. Teloista poiketen kaikissa kuivaussylintereissä on toisessa päässä suuri ratas, jolla kuivaussylinterit ovat kytköksissä toisiinsa. Rattaiden ansiosta yksittäisellä kuivaussylinterillä ei tarvitse olla omaa käyttömoottoriansa, vaan kaikki ryhmän kuivaussylinterit saavat pyörintäliikkeensä samasta käyttömoottorista. Tyypillisesti kuivaussylinterit ovat halkaisijaltaan hieman suurempia kuin telat. (Stora Enso, Henkilöstö haastattelut, 2022)

3.3 Tuotannon pysäyttävät vauriot

Satunnaiset viat ja häiriöt ovat muiden teollisuuden prosessien tapaan myös kuivauskoneella yleisiä. Suurin osa häiriöistä voidaan korjata koneen käynnin aikana, koska tärkeät laitteet ovat tyypillisesti

kahdennettuja. Usein jonkin laitteen menettäessä jonkun ominaisuutensa tai koko toimintansa, voidaan tuotantoa kuitenkin jatkaa tekemällä prosessiin muutoksia. Jotkut laitevauriot ovat kuitenkin niin kriittisiä, että ne pysäyttävät tuotannon välittömästi. Äkilliset vauriot ovat kunnossapitokustannuksia ajatellen kaikkein kalleimpia, koska suunnittelemattomasta pysäytyksestä aiheutuvat tuotannonmenetykset ovat usein huomattavasti kalliimpia kuin itse vaurioituneen laitteen kunnostus. Tällaisia tapauksia kuivauskoneella ovat tyypillisesti telojen ja kuivaussylinterien voimanvälityksen komponenttien hajoaminen. Tällaisia ovat esimerkiksi laakerointeihin tai ryhmäkäyttöjen rattaisiin kohdistuneet äkilliset vauriot. (Stora Enso, Henkilöstö haastattelut, 2022)

Vuonna 2021 Varkauden tehtaassa sellun kuivauskone pysähtyi täydestä tuotannosta mekaanisen vaurion takia neljästi. Jokaisella kerralla kyseessä oli joko telan tai kuivaussylinterin laakerivaurio. (Tukiainen, Vikahistoria-analyysi, 2022)

4 KUNNOSSAPITO

4.1 Kunnossapidon määritelmä

Euroopan unionin alueella voimassa olevat kunnossapidon yleistason termit on määritelty standardissa SFS-EN 13306. Standardissa kunnossapito on määritelty seuraavasti:

”Kaikki kohteen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon.”

Kunnossapidon teknisillä toimenpiteillä tarkoitetaan kaikkia niitä toimenpiteitä, jotka liittyvät tarkasteltavan laitteen havainnointiin, tulosten analysointiin tai tehtäviin huoltoihin. Kunnossapidon hallinnollisilla ja liikejohdollisilla toimenpiteillä tarkoitetaan kunnossapidon vaatimuksien, tavoitteiden sekä strategioiden ja vastuiden määrittämistä. Hallinnollisten ja liikejohdollisten toimenpiteiden toteutus tarkoittaa käytännössä työn suunnittelun, ohjauksen ja valvonnan sekä koko kunnossapidon toiminnan ja sen taloudellisuuden kehittämistä. (SFS-EN 13306, 2017, s. 5)

Suomalaiseen prosessiteollisuuteen keskittyvässä PSK 6201 standardissa kunnossapito on määritelty 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 toiminnan sen koko elinjakson aikana.”

Molempien standardien määritelmät vastaavat sisällöltään toisiaan, sillä PSK 6201 standardi perustuu SFS-EN 13306 standardiin. Määritelmien terminologiaa on täsmennetty teollisuuden kunnossapidon näkökulmasta kuitenkin merkitystä tai periaatetta muuttamatta. (PSK 6201, 2011, s. 3)

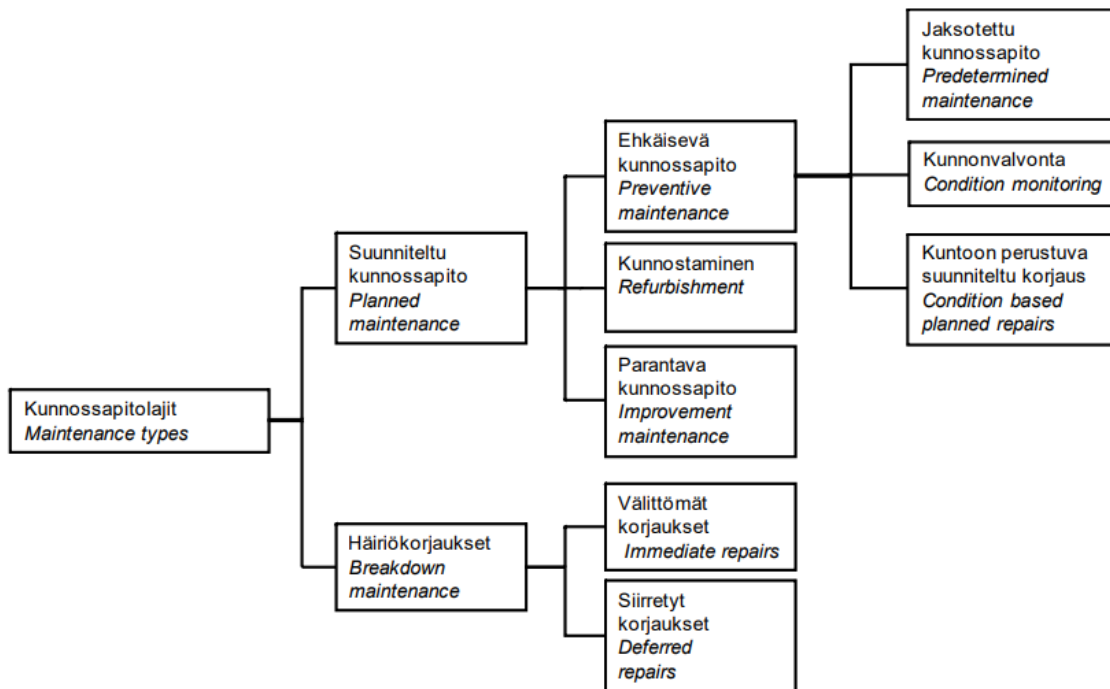
4.2 Kunnossapidon tavoitteet ja lajit

Kunnossapidon keskeisenä tavoitteena ovat hyvä käyttövarmuus sekä tuotannon kokonaistehokkuus (KNL). Käyttövarmuuteen vaikuttavia asioita ovat laitteiston toimintavarmuus, sen kunnossapidettävyyden sekä yleinen kunnossapitovarmuus. Oikein toteutettuna kunnossapito luo mahdollisuudet laitteiston hyvälle käyttöasteelle ja käyttövarmuudelle. (Järviö & Lehtiö, 2017, s. 59)

Käyttövarmuudella tarkoitetaan koneen kykyä toimia vaaditulla tavalla. Koneen käyttövarmuuteen vaikuttaa suuresti sen toimintavarmuus. Toimintavarmuudella tarkoitetaan koneen kykyä suorittaa vaadittu toiminto määrätyissä olosuhteissa vaaditun ajanjakson. Määrätyt olosuhteet voivat sisältää ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteitä sekä erilaisia koneen käyttötapoja. (SFS-EN 13306, 2017, ss. 6-7)

Lähteen mukaan kunnossapidon lajit (kuva 3.) voidaan jakaa kahteen perusryhmään. Yleisesti jakoperusteena on käytetty vikaantumisen seurannaisvaikutuksia tuotantoon. Pääryhmät on jaettu suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjauksiin. Suunnitellulla kunnossapidolla tarkoitetaan kaikkia niitä toimenpiteitä, jotka tehdään jonkin ennalta määritellyn ohjelma mukaisesti. Häiriöt määritellään

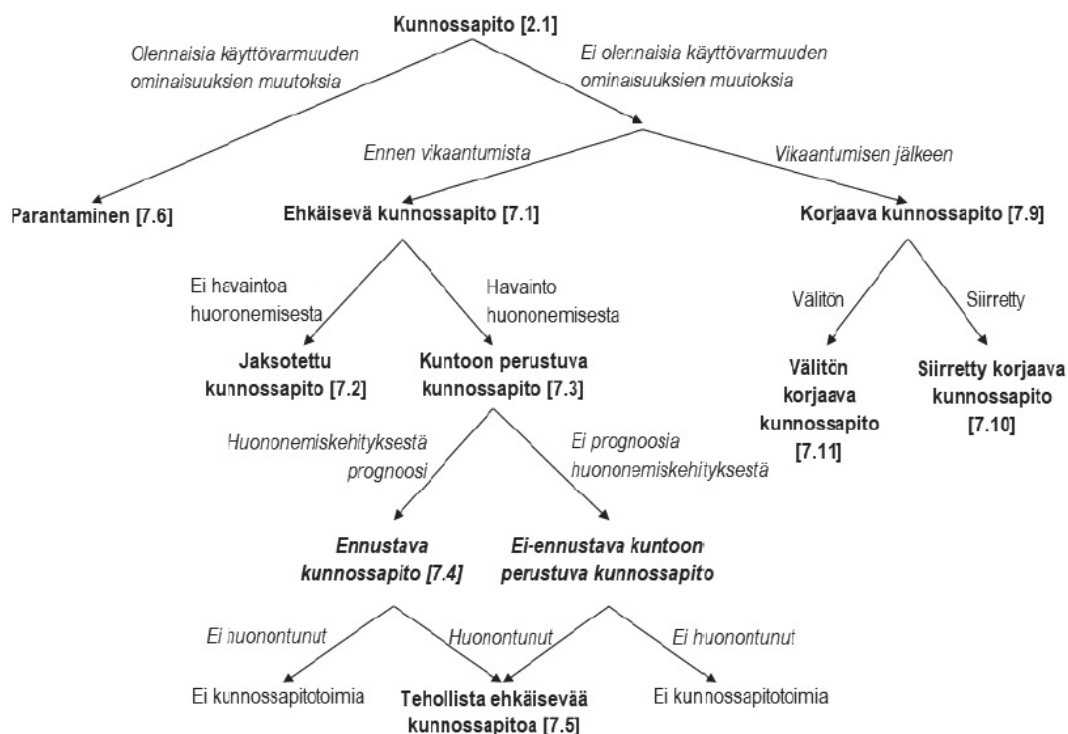
vioiksi tai virheelliseksi toiminnaksi, joka estää kohteen toiminnan sen tarkoitetulla tavalla. Häiriökorjaukset eivät perustu huoltosuunnitelmiin, vaan ne tehdään kohteen vaatimalla tavalla tarkoitukseen palauttaa kohde käyttövalmiuteen. (PSK 7501, 2010, s. 5)



Kuva 3. Kunnossapitolajit. (PSK 7501, 2010, s. 32)

SFS EN 13306 standardissa kunnossapidon perusryhmät (kuva 4.) on jaettu käyttövarmuuden olennaisten ominaisuuksien muutosten mukaan. Ehkäisevän kunnossapidon ja korjaavan kunnossapidon lisäksi niiden rinnalle on nostettu myös parantava kunnossapito.

Parantamisella tarkoitetaan kaikkia niitä teknisiä, hallinnollisia tai liiketoiminnallisia toimenpiteitä, joiden tarkoituksena on parantaa kohteen toimintavarmuutta, kunnossapidettävyyttä tai turvallisuutta muuttamatta kohteen alkuperäistä toimintoa. (SFS-EN 13306, 2017, s. 14)



Kuva 4. Kunnossapitolajit. (SFS-EN 13306, 2017, s. 22)

4.3 Suunnitellun kunnossapidon alalajit

Ehkäisevä kunnossapito tarkoittaa kaikkia niitä toimia joiden tarkoituksena on arvioida kohteen kunnan heikentymistä ja vähentää vikaantumisen todennäköisyyttä. (SFS-EN 13306, 2017, s. 13)

Ehkäisevä kunnossapito on jaettavissa kolmeen alalajiin, joiden tarkoituksena on kohteen nykykunnan sekä tehtävien toimenpiteiden ajankohdan määrittäminen. Ehkäisevän kunnossapidon alalajit ovat:

- **Kunnonvalvonta** on mittaukseen tai aistihavaintoihin perustuvaa toimintaa, jonka tarkoituksena on määrittää kohteen nykytila ja havaita sen mahdolliset poikkeamat. (PSK 6201, 2011, s. 31)
- **Kuntoon perustuva kunnossapito** tarkoittaa kaikkia niitä toimenpiteitä, jotka on johdettu kunnonvalvonnan havainnoista. Kuntoon perustuvalla kunnossapidolla pyritään siirtämään häiriökorjauksia kuntoon perustuviksi korjauksiksi. Tämän avulla pystytään pienentämään niitä seuraamuksia, joita äkilliset laiterikot voivat aiheuttaa. (PSK 6201, 2011, s. 29)
- **Jaksotettu kunnossapito** tarkoittaa kaikkia niitä toimenpiteitä, jotka tehdään jonkin ennalta määritetyn suureen mukaan ilman edeltävää kohteen nykyisen toimintakunnan selvitystä. Toimenpiteet voivat perustua esimerkiksi kohteen käyttötunteihin, tuotantomääriin tai ennalta määritettyyn päivämäärään. (PSK 6201, 2011, s. 32)

Kunnostaminen tarkoittaa käytöstä poistetun kohteen toimintakuntoon palauttamista. (PSK 6201, 2011, s. 33)

4.4 Häiriökorjausten alalajit

Häiriöt ovat laitteiston vikoja, jotka estävät kohteen normaalin toiminnan. Häiriökorjauksilla tarkoitetaan kaikkia niitä toimenpiteitä, jotka tehdään häiriön poistamiseksi. Häiriökorjausten alalajit ovat:

- **Välittömät korjaukset** tehdään pakon edessä ja suunnittelemattomasti. Välittömät korjaukset tehdään heti häiriön havaitsemisen jälkeen ja niiden tavoitteena on palauttaa kohteen toimintakunto. (PSK 6201, 2011, s. 27)
- **Siirretyt korjaukset** tehdään tuotannon niin salliessa. Korjauksia päädytään yleensä siirtämään, koska tuotantoa pystytään jatkamaan häiriöstä huolimatta. Tuotannon jatkaminen voi olla mahdollista erityisjärjestelyin tai koska häiriö itsessään on tuotannon tai turvallisuuden kannalta merkityksettömässä laitteessa. (PSK 6201, 2011, ss. 27-28)

4.5 Stora Enson kunnossapito

Stora Enson kunnossapidossa priorisoidaan vahvasti suunnitellun kunnossapidon alalajeja. Tärkeimmässä roolissa Stora Enson kunnossapidossa ovat ehkäisevän kunnossapidon alalajit sekä niistä johdetut ennakkohuollot. Ennakkohuollot ovat laitteille yksilöllisesti määritettyjä huoltosuunnitelmia, joiden tarkoituksena on laitteiston käyttövarmuuden optimointi ja elinkaaren hallinta. Kaikkiin Stora Enson suurkorjaus- ja investointiprojekteihin sisältyy toimivien ennakkohuoltojen määrittely. Huoltosuunnitelmien laatimiseksi kaikilta laitetoimittajilta vaaditaan ennakkohuoltosuositukset. Yhtäkään projektia ei luovuteta tuotannolle ennen kuin ennakkohuollot on määritelty yhtiön toiminnanohjausjärjestelmään. Stora Enson toiminnanohjausjärjestelmästä löytyykin yli 48 000 huoltosuunnitelmaa, jotka on sidottu yli 116 000 toimintopaikalle. Huoltosuunnitelmat vaihtelevat muutaman minuutin mittaisista tarkastuksista aina kymmeniä tunteja kestäviin telahuoltoihin. Käynninaikaiset toimenpiteet on ryhmitelty ennakkohuoltoreiteiksi, joiden toteutuksesta asentajat vastaavat itse. Seisokin vaativat ennakkohuollot suunnittelee alueen kunnossapitoinsinööri. Ennakkohuoltoprosessin toimintaa mitataan erilaisilla kunnossapidon mittareilla. Toiminnan päämittareina ovat huoltojen aikataulut ja toteuma. (kuva 5.) Näitä voidaan seurata työpistetasolla seurantaan tarkoitettulla Rapsa alustalla. (Stora Enso, 2022)

Suunnitteluryhmät

Kaikki

90,2 %

EH-toteuma

95,3 %

EH-toteuma,
A-kriittiset

93,6 %

Töistä aikataulussa

100,0 %

EH-toteuma,
Voiteluhuolto

Kuva 5. Esimerkki EH-raportti. (Stora Enso, 2022)

5 KEHITTÄMISTYÖN TOTEUTUS

5.1 Kehittämistyön suunnitteluvaihe

Kehittämistyön vaiheista suunnittelu on kaikkein tärkein ja sisältää eniten toimenpiteitä. Kehittämistyön suunnitteluvaihe alkaa kehityskohteen tunnistamisesta ja alustavien tavoitteiden laatimisesta. Suunnitteluvaihe vaatii valittuun kohteeseen tutustumisen niin käytännön kuin teoriainkin tasolla. (Ojasalo;Moilanen;& Ritalahti, 2014, s. 24)

Tämä opinnäytetyö on rajattu sisältämään kehittämistyöstä pelkän suunnittelu osuuden. Opinnäytetyön pohjalta voidaan sittemmin johtaa suositellut toimenpiteet sellun kuivauskoneen käynninvarmistamiseksi.

5.2 Lähtötilanteen kartoitus

Lähtötilanteen kartoittamiseksi sellun kuivauskoneen telojen, kuivaussylinterien ja sylinterien käyttöryhmien toimintapaikoille tehtiin vikahistoria-analyysi. Analyysissä tarkasteltiin Stora Enson toiminnanohjausjärjestelmään aikavälillä 01.01.2017 – 30.04.2022. tehtyjä häiriöilmoituksia.

Stora Enson toiminnanohjausjärjestelmästä löytyvän konepaikka datan pohjalta koottu sellun kuivauskoneen telojen ja kuivaussylinterien vikahistoria-analyysi osoittaa, että suurin osa häiriöistä ovat suoraan liitännällisiä laitteiston ikään ja puutteelliseen ennakkohuoltoon. Ennakkohuoltojen puute on osaltaan kiihdyttänyt laitteiston normaaliin ikääntymiseen liittyvien häiriöiden ilmenemistä ja nykytilanteen korjaaminen vaatii huoltotöiden lisäksi parantavia toimenpiteitä.

Kuivaussylinterien osalta vikahistoria-analyysi (kuva 6.) osoittaa selkeitä merkkejä höyryn syötön komponenttien korroosiovaurioista sekä merkkejä laakerointien huonosta yleiskunnosta. Tyypillisimpiä häiriöitä kuivaussylinterillä ovat höyryvuodot joko kuivaussylinterin miesluukussa tai höyrykytkimen komponenteissa, kiertovoitelujärjestelmän vuodot tai tukkeutuminen sekä kuivaussylinterien laakerivauriot. Tyypillisesti kiertovoitelujärjestelmässä havaitut vuodot tai tukkeumat ovat aina toimineet viitteenä vioittuneesta laakerista. Jokainen kuivaussylinterillä havaittu kiertovoitelun tukkeuma, jonka yhteydessä laakerointia ei ole huollettu on puolen vuoden sisällä johtanut myös kyseisen sylinterin laakeroinnin rikkoutumiseen.

Viimeisen viiden vuoden aikana kaikkien kuivaussylinterin yhteenlaskettu häiriöiden määrä on peräti 158 kappaletta. Näistä häiriöistä 87 kappaletta on ollut erilaisia höyryvuotoja, 51 kappaletta laakerivaurioita ja 20 kiertovoitelujärjestelmän vuotoja tai tukkeumia.

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Yhteensä
Höyrykytkimen vuoto	26	12	10	13	11	4	76
Sylinterin miesluukun vuoto	8			1	1	1	11
Kiertovoitelun vuoto				2	5	6	13
Kiertovoitelun tukkeuma		3	2		1	1	7
Laakerivaurio	3	6	9	9	16	8	51
							158

Kuva 6. Kuivaussyliinterien vikahistoria-analyysi. (Tukiainen, 2022)

Kuivaussyliinterien ryhmäkäyttöjen osalta vikahistoria-analyysissä ei noussut esiin mitään säännöllistä trendiä häiriöissä. Ryhmäkäytöillä tapahtuneet häiriöt ovat olleet hyvin satunnaisia, eivätkä ne tyypillisesti toistu muilla ryhmillä.

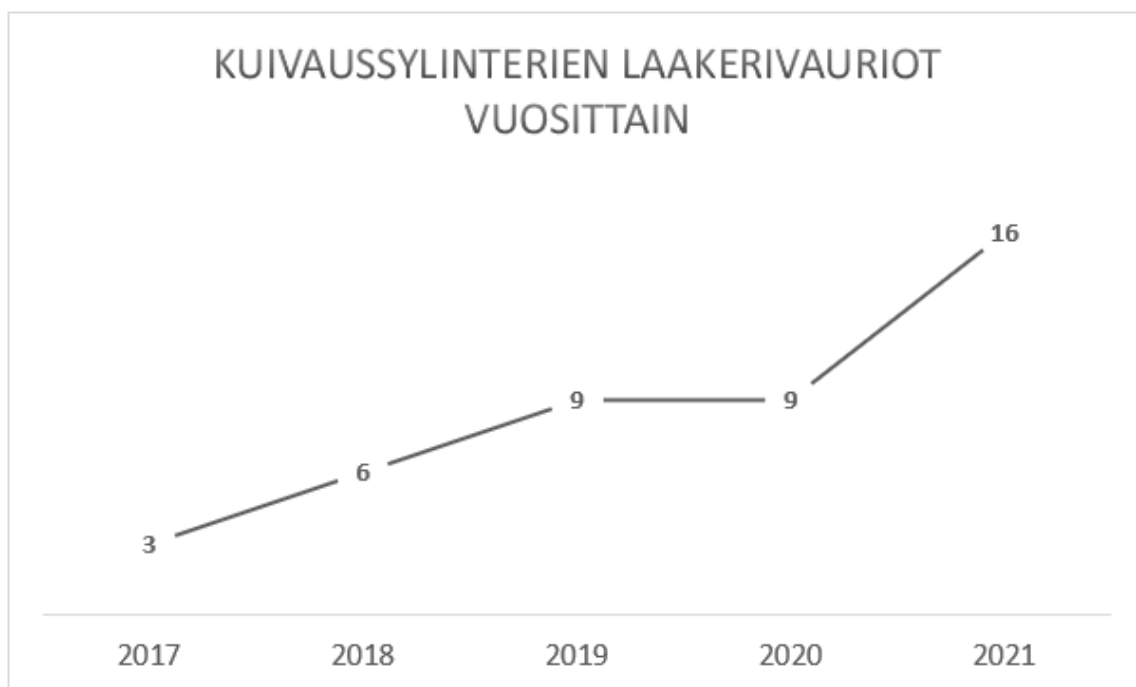
Ryhmäkäyttöjen ennakkohuoltosuunnitelma pitää sisällään säännölliset tarkastukset, mittaukset ja voiteluhuollot. Huoltosuunnitelman päivitykselle ei ole tarvetta, sillä kaikki häiriöt laitteilla on pystytty tunnistamaan ennen lopullista vikaantumista.

Telojen osalta vikahistoria-analyysi osoittaa merkkejä komponenttien normaalista kulumisesta ja laitekannan ikääntymisestä. Telojen huoltosuunnitelmaan ei ole määritelty määräaikaista telanvaihtoja, vaan kaikki huollot on tehty vasta huoltotarpeen ilmaannuttua. Tämän takia kuivauskoneella on tällä hetkellä käytössä teloja, joiden pinnoitteet ovat kuluneet tai vaurioituneet. Myös telojen varaosatilanne on huolestuttava, sillä varateloja ei joko ole tai niistä ei pidetä mitään kirjaa.

Vikahistoria-analyysillä on vaikea ottaa kantaa komponenttien ikääntymisen aiheuttamaan osuuteen laitevaurioista, sillä kuivauskoneen käyttöasteen noustua on luonnollisesti myös häiriöiden määrä koneella lisääntynyt. On kuitenkin varmaa, että käyttöasteen nousun jatkuessa tulevat myös häiriöt koneella lisääntymään, ellei laiterikkojen juurisyyhin puututa.

5.2.1 Laakeroinnit

Sellun kuivauskoneen käyttövarmuuden kannalta yhtenä suurimmista epävarmuustekijöistä tällä hetkellä ovat kuivaussyliinterien laakeroinnit. Viimeisen viiden vuoden aikana laakerivaurioita on kuivaussyliintereillä raportoitu peräti 51 kappaletta ja pelkästään viime vuoden (2021) aikana kone tuli täydestä tuotannosta kolmesti alas kuivaussyliinterin laakerivaurion takia. Vikahistoria-analyysi osoittaa myös laakerivaurioiden olevan nousu suunnassa. (kuva 7.)



Kuva 7. Kuivaussylintereillä havaitut laakerivauriot. (Tukiainen, 2022)

Laakereiden vaurioitumiselle voi olla useita eri syitä. Vaurioituminen tapahtuu usein monien eri vaurioitumismekanismien yhteisvaikutuksena. Tämä osaltaan vaikeuttaa vaurioitumisen käynnistäneen syyn selvittämistä. (Parikka & Lehtonen, 2000, s. 23)

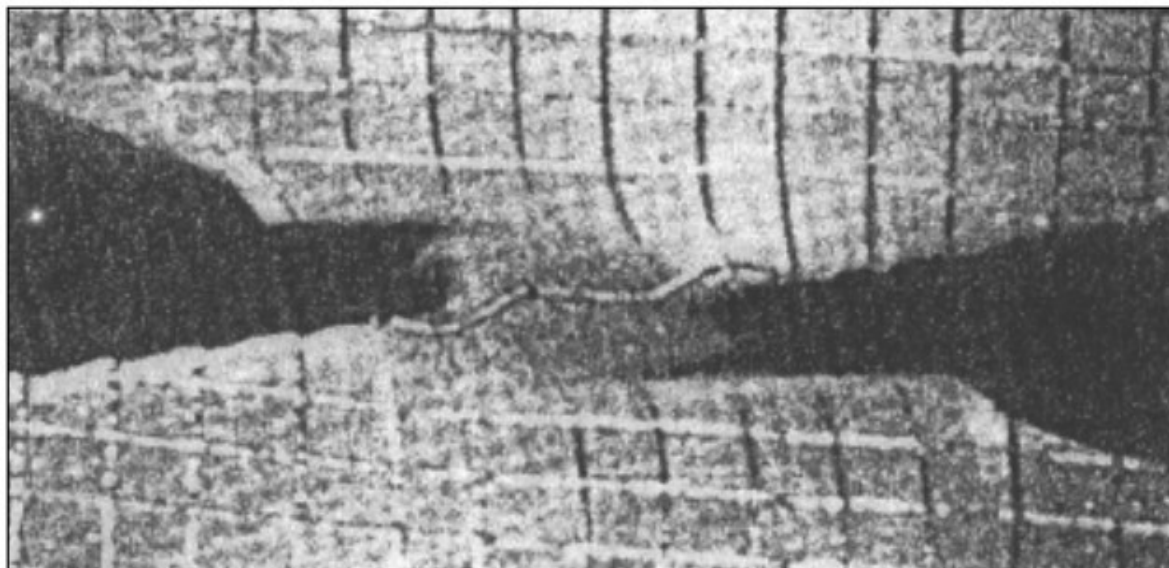
Liikkuvina mekaanisina komponentteina myös laakerissa tapahtuu ajan saatossa kulumista. Kuluminen on toisiinsa nähden liikkeessä olevien pintojen toisilleen aiheuttama ilmiö, joka aiheuttaa materiaalin irtoamista ja siten kappaleen toleranssien muuttumista. Standardissa DIN 50320 kuluminen on perusluonteensa mukaan jaettu neljään pääryhmään. Standardissa pääryhmät on jaettu tartuntaan eli adhesiiviseen kulumiseen, hiontaan eli abrasiiviseen kulumiseen, väsymiskulumiseen ja korroosioon eli tribokemialliseen kulumiseen. (Parikka & Lehtonen, 2000, s. 4)

Adhesiivisestä kulumisesta käytetään suomen kielessä useita eri rinnakkaistermejä. Tällaisia ovat esimerkiksi tartunta- ja hitsauskuluminen. Joissakin tapauksissa puhutaan myös kylmähitsautumisesta. (Parikka & Lehtonen, 2000, s. 7)

Adhesiivinen kuluminen on kahden toisiaan vasten liukuvan pinnan pinnankarheushuippujen kiinni tarttumista. (kuva 8.) Pinnankarheuden huiput tarttuvat toisiinsa kiinni atomisidosten ja kitkalämmön vaikutuksesta syntyvien kitkaliitosten avulla. Näiden liitosten repeäminen jommankumman materiaalin puolelta siirtää materiaalia pinnalta toiselle ja näin aiheuttaa kulumista. Mikäli liitos repeää pintojen alkuperäisestä rajapinnasta, ei kulumista tapahdu. Pintojen repeytyessä syntyy pintojen väliin lopulta myös irtopartikkeleita, jotka kiihdyttävät kulumista muiden kulumismekanismien tavoin. Puhdasta adhesiivikulumista ei siis välttämättä esiinny kovin pitkään, vaan se toimii niin ikään muiden kulumismekanismien käynnistäjänä. Pintojen kuorman kasvaessa tai kitkaa alentavien pintakerrosten puuttuessa voi koko liukupinta plastisoitua ja pinnat voivat tahmaantua toisiinsa. Liikkeen py-

sähtymistä tahmaantumisen takia kutsutaan kiinnileikkaantumiseksi. Kiinnileikkaantumisen riskiä voidaan pienentää toimivalla voitelulla. Adhesiivista kulumista esiintyy tyypillisesti aina kun laitteen voitelu ei ole riittävä pintojen erossa pitämiseksi. (Parikka & Lehtonen, 2000, ss. 7-8)

Rullalaakereissa liukumista tapahtuu, kun välyksen alueella hidastuneet vierintäelimet pyrkivät nopeasti takaisin vierintänopeuteen siirryttäessä takaisin kuormituksen alueelle. Vaurioitumisriskiä voidaan pienentää oikealla voiteluainevalinnalla ja laakerin välyksen pienentämisellä. (Parikka & Lehtonen, 2000, s. 17)



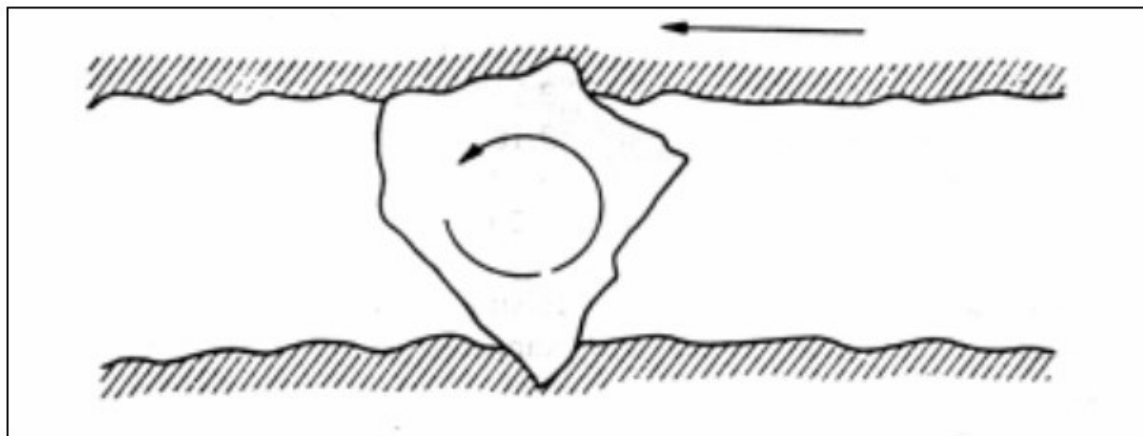
Kuva 8. Adhesiivinen liitos. (Parikka & Lehtonen, 2000, s. 7)

Abrasiivinen kuluminen on jaettavissa kahteen eri luokkaan, kahden ja kolmen kappaleen abrasiiviseen kulumiseen. Kahden kappaleen abrasiivinen kuluminen tarkoittaa tapausta, jossa kahdesta eri kovuisesta pinnasta kovemman pinnan karheushuiput kuluttavat pehmeämpää. Kolmen kappaleen abrasiivinen kuluminen (kuva 9.) tarkoittaa sitä, että vastinpintojen välissä on jokin ulkoinen partikkeli, joka kuluttaa toista tai molempia vastinpinnoista. Kahden kappaleen abrasiivinen kuluminen kehittyy yleensä kolmen kappaleen abrasiiviseksi kulumiseksi, kun pintojen väliin kulumismuokkautumisen seurauksena päätyneet irtopartikkelit kovettuvat muokkauslujittumisen seurauksena. (Parikka & Lehtonen, 2000, s. 7)

Vierintälaakereissa tällaista kulumista aiheuttavat hyvin usein likaantuneen öljyn mukana laakerointiin päässeet partikkelit. Partikkelit voivat päästä öljyn sekaan myös laakerista itsestään, sillä laakerista kulumismuokkautumisen seurauksena irronneet metallihiukkaset päätyvät usein vastinpintojen väliin ja kiertovoitelujärjestelmään. (Parikka & Lehtonen, 2000, s. 7)

Tehokkain tapa abrasiivisen kulumisen estämiseksi on luoda kohteeseen sellaiset olosuhteet, joissa liikkuvien pintojen välille saadaan mahdollisimman hyvä voiteluainekalvo ja voiteluaineesta saadaan

poistettua ylimääräiset partikkelit. Näiden puute puolestaan pudottaa laitteen käyttövarmuutta radikaalisti, sillä voiteluaineessa olevat partikkelit lyhentävät laakerin eliniän murto-osaan normaalista. (Parikka & Lehtonen, 2000, ss. 9,17)

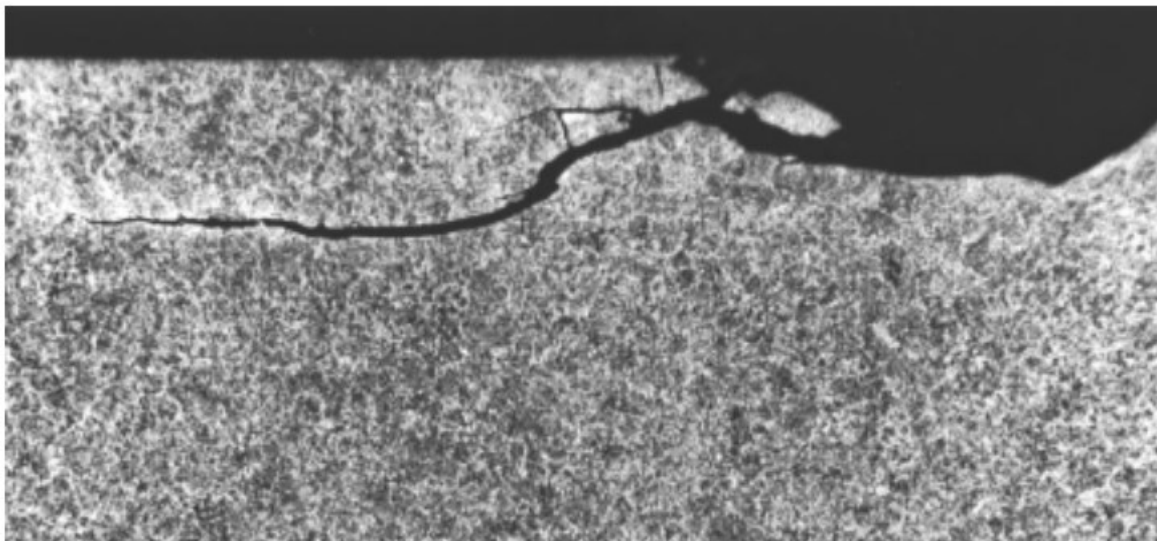


Kuva 9. Kolmen kappaleen abraasio. (Parikka & Lehtonen, 2000, s. 9)

Väsymiskuluminen on tapahtuma, jossa materiaaliin syntyy väsymismurtuma (kuva 10.) pitkään jatkuneen vaihtelevan mekaanisen kuormituksen seurauksena. Väsymismurtuma saa alkunsa kuormituspinnan alapuolelta, jossa pinnan maksimi leikkausjännitys vaikuttaa. Väsymismurtuman edetessä kappaleen pinnalle irtoaa kappaleen pinnasta kulumispartikkeleita. Adhesiivinen ja abrasiivinen kuluminen ovat vältettävissä optimaalisesti toimivalla voitelulla, mutta väsymiskulumista voi tapahtua vaikka liuku- ja vierintäpinnat eivät fyysisesti koskisi toisiaan. (Parikka & Lehtonen, 2000, s. 9)

Vierintälaakereissa vierintäväsymisen perussyynä on laakerin pintakerroksen lujuuteen nähden liian korkea pintapaineen aiheuttama jännitys. Pitkään jatkuva vaihteleva jännitys aiheuttaa lopulta kulumispartikkelin irtoamisen ja lopulta laakerin täydellisen tuhoutumisen. (Parikka & Lehtonen, 2000, s. 15)

Väsymiskuluminen on tyypillisesti pitkään kestävä ja hitaasti etenevä tapahtuma, joka ilmenee laakerin värähtelynä. Väsymiskulumisen edistymistä voidaan seurata värähtelymittauksen avulla. (Parikka & Lehtonen, 2000, s. 15)



Kuva 10. Vierintäväsymisestä syntynyt särö. (Parikka & Lehtonen, 2000, s. 10)

Tribokemiallinen eli korroosio kuluminen tarkoittaa materiaalin pinnan kulumista korroosion seurauksena. Korroosio kulumista tapahtuu tyypillisesti yhdessä muiden kulumismekanismien kanssa. Korroosion vaikutuksesta kulunut pinta usein irtoaa mekaanisen vaikutuksen takia paljastaen altaan lisäksi korroosiolle altista pintaa. Muut kulutusmekanismit toimivat yleensä korroosio kulumisen käynnistäjänä. (Parikka & Lehtonen, 2000, s. 12)

Vierintälaakereissa korroosioauriot ilmenevät pieninä pistemäisinä syöpyminä tai vierintäelinten jatkoa seuraavina tummina juovina. Korroosioaurion syynä on tyypillisesti veden pääseminen laakeriin. Vesi voi päästä laakeriin esimerkiksi koneen käydessä erilaisten kiertovoitelun vuotojen kautta, koneen seisoessa pesun tai kondensoinnin takia. Laakereissa voi esiintyä myös soviteruostetta, joka johtuu liian löysästä sovitteesta tai akselin muotovirheestä. (Parikka & Lehtonen, 2000, s. 19)

5.2.2 Kiertovoitelu

Vierintälaakereiden voitelulla voidaan vähentää laakereihin kohdistuvaa kitkaa ja erilaisia kulumismekanismia erottamalla vierintäpinnat toisistaan ohuella voiteluainekalvolla. Voitelulla voidaan myös kuljettaa lämpöä ja epäpuhtauksia pois laakereista. Kokeet ja käytäntö osoittavat voitelun olevan laakereiden käyttöiän kannalta äärimmäisen kriittisessä asemassa. (FAG Finland Oy, ss. 3-6)

Kiertovoitelujärjestelmän tarkoitus on voidella, jäädyttää ja puhdistaa kohdetta. Järjestelmän toiminta perustuu öljyn kierrättämiseen suljetussa piirissä. Laakerin läpi kulkenut voiteluaine palaa takaisin järjestelmään, jossa se suodatetaan ja jäädytetään. Tämän jälkeen öljy on jälleen uudelleen käytettävissä. Kiertovoitelujärjestelmässä laakereiden kitkan ja prosessin aiheuttama lämpö vähenevät, prosessin värinät vaimenevat ja öljystä voidaan poistaa kiinteät sekä nestemäiset epäpuhtaudet. (SKF yhtymä, 2016, s. 214)

Kuumissa kohteissa kiertovoitelujärjestelmän lämmönsiirtokyky on todella tärkeässä roolissa, koska laakerin korkea lämpötila vaikuttaa öljyn viskositeettiin merkittävästi. Liian alhainen öljyn viskositeetti aiheuttaa laakerin vierintäpintojen väliin liian ohuen voiteluainekalvon. Tällä on suora ja mer-

kittävä vaikutus laakerin kulumismekanismeihin. Liian ohut voiteluainekalvo aiheuttaa vierintälaakerilla pinnan karheushuippujen kosketuksia, epäpuhtauksien kertymistä vierintäpintojen väliin sekä vierintäpintojen pintapaineen kasvua. Tällaisissa olosuhteissa laakerilla voi esiintyä kaikkien neljän kulumisen pääryhmän kulumismekanismeja. Kitkan ja laakerin kulutuksen edelleen jatkuessa jatkaa myös lämpötila laakerilla kasvuaan. Tämä huonontaa kohteen voitelutilannetta entisestään ja voi johtaa laakerin lopulliseen hajoamiseen. (Parikka & Lehtonen, 2000, ss. 13-14)

Toinen kiertovoitelujärjestelmän tärkeistä tehtävistä on epäpuhtauksien poisto voiteluaineesta. Kiinteät tai nestemäiset epäpuhtaudet laakereilla aiheuttavat laakereiden nopeaa kulumista ja laakereiden kulumisen puolestaan aiheuttaa epäpuhtauksia voitelujärjestelmään. Epäpuhtaudet voivat päätyä järjestelmään myös ulkoisista syistä. Tällaisia ovat esimerkiksi laakereiden asennus- tai huolto-työt, järjestelmän vuodot tai laakereiden huolimaton varastointi. (Parikka & Lehtonen, 2000, s. 14)

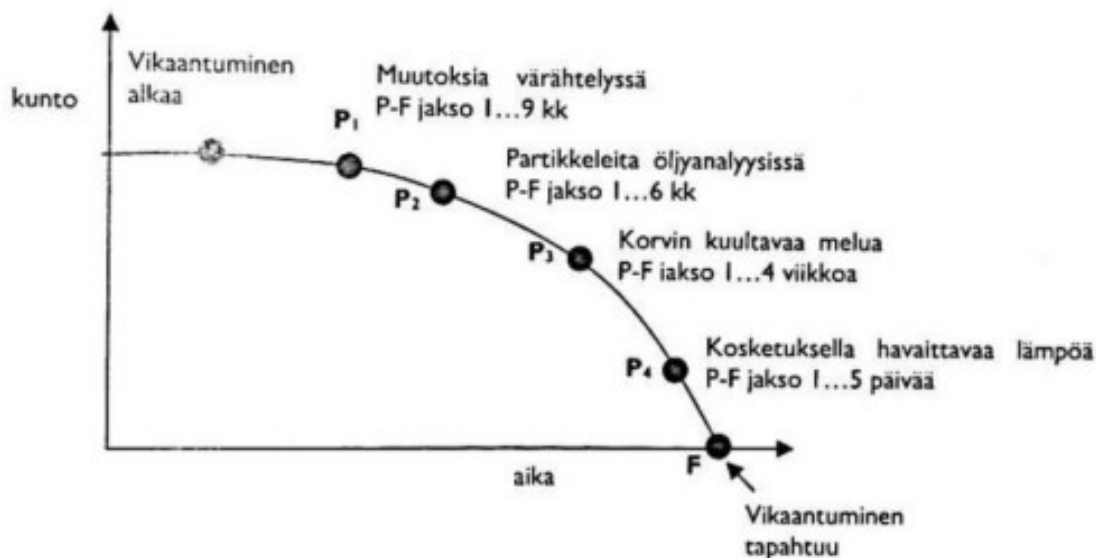
Varkauden sellun kuivauskoneella kiertovoitelujärjestelmässä esiintyy ongelmia niin lämmönpoiston kuin voiteluaineen suodatuksenkin suhteen. Koneen kuivaussylinterien laakeroinneilla on havaittu paljon kaikkien neljän kulumistyyppin oireita. Osa laakerivaurioista johtuu varmasti laakereiden normaalista väsymiskulumisesta, mutta suuressa roolissa ovat myös puutteet laitteen kiertovoitelujärjestelmässä. Laakereiden paikoittainen ylikuuminen on ajansaatossa aiheuttanut öljyn pikeentymistä ja laakerivaurioiden yhteydessä kiertovoitelujärjestelmään on päätyneet paljon irtohiukkasia. Tästä selvänä merkinä ovat poikkeuksellisen usein tapahtuvat kiertovoitelujärjestelmän suodattimien ja laakeripesien öljynpoistoputkien tukkeutumiset sekä virtausmittareiden umpeen pikeytyminen. (Kunnonvalvonta, 2022)

Puutteellinen voitelu aiheuttaa yli puolet kaikista laakerivaurioista. Useissa muissa vaurioissa, joissa voitelua ei voida johtaa suoraksi vaurion aiheuttajaksi, se on kuitenkin jollain lailla osallisena. (FAG)

5.2.3 Kunnonvalvonta

Kulumismekanismien alkamisen ei aina tarvitse johtaa häiriöön asti, sillä toimivalla kunnonvalvonnalla kulumismekanismien kehitystä pystytään seuraamaan ja näin ajoittamaan huollot oikein. Toimintaan kunnonvalvonnalla on oltava käytössään oikeat työkalut ja menetelmät vikaantumismallien tunnistamiseksi ja seuraamiseksi. Vikaantumismallien tunnistaminen ja seuraaminen edellyttävät, että laitteen vikaantumismekanismit tunnetaan ja ne pystytään mittauksilla osoittamaan todeksi. Vikaantumismekanismit on pystyttävä todentamaan riittävän ajoissa, jotta niiden kehitystä pystytään seuraamaan ja huoltotoimenpiteisiin valmistautumaan ennen laitteen lopullista vikaantumista. (Mikkonen, ym., 2009, s. 140)

Vikaantumismekanismien kehittymistä pystytään seuraamaan P-F-käyrällä. (kuva 11.) P-F-käyrä kuvaa vikaantumisen etenemisen vaiheita, vikaantumisen havaintohetkestä lopulliseen hajoamiseen. Reagointiaika vikaantumisen havaitsemisen ja lopullisen vikaantumisen välillä voi vaihdella silmän räpäyksestä kymmeneen vuosiin. (Järviö, 2006, s. 51)



Kuva 11. Vierintälaakerin vikaantuminen P-F-käyrällä. (Mikkonen, ym., 2009, s. 141)

5.2.4 Värähtelymittaus

Teollisuudessa pyörivien laitteiden kunnonvalvontaan käytetään tyypillisesti värähtelymittausta. Värähtelymittauksen tarkoituksena on mitata muutoksia pyörivän laitteen muodostamassa värinätaajuudessa. Koneiden ja laitteiden osat aiheuttavat pyöriessään herätteitä, jotka aiheuttavat muutoksia mitattavan kohteen värähtelytaajuudessa. Muutokset muuten säännöllisessä värähtelytaajuudessa viittaavat muutokseen laitteen toiminnassa. Tyypillisesti värähtelytaajuuden muutokset kertovat jonkin komponentin kulumisesta tai vaurioitumisesta. (Mikkonen, ym., 2009, ss. 223-224)

Varkauden sellun kuivauskoneessa värähtelymittaus tehdään kiihtyvyyssantureilla. Koneen kuivausosalla käyttöpuolen laakeroinnit on varustettu kiinteillä kiihtyvyyssantureilla, joista mittaukset voidaan tehdä koneen huuvan ulkopuolelta. Kaikki muut koneella tehtävät mittaukset joudutaan tekemään käsin. Käsin mittaamisessa ongelmana on huuvan sisäpuolen korkea lämpötila. Hoitopuolen laakerointeja ei pystytä mittaamaan kuin koneen ylös ajon aikana, koska huuvan sisällä ei ole käynnin aikana mahdollista työskennellä. Koneen ylös ajon tapahtuessa tyypillisesti kunnonvalvonnan työaikojen ulkopuolella voivat hoitopuolen laakerointien mittausvälit välillä venyä todella pitkiksi. Mittausvälien venyessä liian pitkäksi riski äkilliselle ja täysin odottamattomalle vauriolle kasvaa. (Stora Enso, Kunnonvalvonta, 2022)

5.2.5 Kriittisten varaosien hallinta

Kunnossapitotoimintana pidetään usein vain kunnossapidon tarkastus, mittaus, huolto tai korjaustehtäviä. Todellisuudessa kunnossapitoon kuuluu todella paljon muutakin hallinnallista toimintaa. Materiaalien ja tietojen hallinta toimivat perustana kaikille muille kunnossapidon käytännön toiminoille. Materiaaleilla tarkoitetaan kaikkia kunnossapidon varaosia, tarvikkeita ja komponentteja. Tiedolla tarkoitetaan kaikkea kunnossapidon hallinnoimaa ja käyttämää dataa, kuten raportteja ja piirustuksia. Tietojen hallinta on tärkeässä roolissa materiaalien tarpeen ennustamisessa ja tunnistamisessa sekä materiaalien hallinnassa ja käytössä. (Järviö;Piispa;Parantainen;& Åström, 2007, s. 197)

PSK 6800 standardissa kriittisyydellä kuvataan kohteeseen liittyvää riskiä. Riski voi liittyä työ- tai tuoteturvallisuuteen, tuotannon menetyksiin tai muihin hyväksymättömiin seurauksiin. Riskin suuruudella kuvataan vikaantumisen vaikutuksen ja todennäköisyyden tuloa. (Mikkonen, ym., 2009, s. 148)

Sellun kuivauskoneella puutteet kriittisten varaosien hallinnassa näkyvät eniten koneen teloilla. Nykyisellään tarvittavan varatelan löytäminen on jätetty täysin koneen parissa pidempään työskennelleen henkilöstön muistin varaan. Tietoa käypäisistä varateloista tai niiden teknisistä ominaisuuksista ei ole kirjattu mihinkään yhtiön toiminnanohjausjärjestelmiin. (Stora Enso, Henkilöstö haastattelut, 2022)

6 JATKOTOIMENPITEET

Tehdyn selvitystyön perusteella sellun kuivauskoneen käyttövarmuuden kannalta tärkeimpinä jatko-toimenpiteinä voidaan pitää kuivaussylinterien huoltoa, kiertovoitelujärjestelmän päivytystä, kunnon-valvonnan parantamista sekä kriittisten varaosien täsmällisempää hallintaa.

Kuivaussylinterien kuluneet laakeroinnit ja höyrynsyötön komponentit on kaikki tulevaisuudessa vaihdettava. Laakerointien uusinta ja höyrynsyötön komponenttien huolto poistavat yhden koneen suurimmista epävarmuustekijöistä ja osaltaan tehostavat kiertovoitelun toimintaa, kun järjestelmästä saadaan samalla poistettua ylimääräisiä epäpuhtauksia. Kuivaussylinterien toimintopaikoille tehdyn vikahistoria-analyysin mukaan suurinta osaa kuivaussylinterien laakeroinneista ei tiedettävästi ole vaihdettu koskaan (kuvat 11 ja 12). Koneen käyttövarmuuden kannalta pelkkä laakerointien kulumi-nen on tällä hetkellä todella suuri riski, sillä äkillinen laakerivaurio yhdelläkään koneen seitsemästä-kymmenestä kuivaussylinteristä pysäyttää koneen välittömästi.

Sylinterien laakeroinnin vaihto ja höyrykytkimen huolto kestävät tyypillisesti noin kahdeksan tuntia. Nykyisellä seisokkisyklillä, kun huoltoseisokki pystytään järjestämään keskimäärin kahdesti kuukau-dessa, pystytään kaikki loput huollot tekemään vuoden 2024 loppuun mennessä. Tämä aikataulu vaatii kahden laakeroinnin huollon jokaisessa kuivauskoneen lyhyessä huoltoseisokissa. Aikataulua pystytään tarvittaessa nopeuttamaan huoltamalla kuivaussylintereitä myös tehtaalla vuosittain jär-jestettävässä viikon mittaisessa huoltoseisokissa.

Laakerointien huoltojärjestyksessä tulee huomioida kunnonvalvonnan viimeisimmät raportit laake-rointien kunnosta. Laakerointien nykytilanne on esitetty kuvissa 12 ja 13, Laakerointien nykytilaa kuvataan väreillä seuraavasti:

- Vihreä laakeri on vaihdettu kolmen vuoden sisään.
- Keltainen laakeri on vaihdettu edes joskus.
- Oranssia laakeria ei tiedettävästi ole vaihdettu koskaan.
- Punainen kuvastaa poikkeamaa laakeroinnilla.

Hoitopuoli	Vaihdettu	Tarkastettu	Havainto
VA-KS-8701			
VA-KS-8702			
VA-KS-8703			
VA-KS-8704			
VA-KS-8705			
VA-KS-8706			
VA-KS-8707	28.12.2022		
VA-KS-8708	1.12.2021		
VA-KS-8709	10.2.2022		
VA-KS-8710	8.3.2022		
VA-KS-8711			
VA-KS-8712	22.4.2021		
VA-KS-8713			
VA-KS-8714			
VA-KS-8715			
VA-KS-8716			
VA-KS-8717	26.9.2018		
VA-KS-8718			
VA-KS-8719	22.11.2019		
VA-KS-8720	14.2.2022		
VA-KS-8721			
VA-KS-8722	4.3.2022		
VA-KS-8723			Öljyvuoto
VA-KS-8724	4.5.2019		
VA-KS-8725	22.4.2021		
VA-KS-8726			
VA-KS-8727			
VA-KS-8728	28.12.2021		
VA-KS-8729			Öljyvuoto
VA-KS-8730			
VA-KS-8731	10.5.2019		
VA-KS-8732	12.3.2019		
VA-KS-8733			
VA-KS-8734	4.12.2017		
VA-KS-8735			
VA-KS-8736			
VA-KS-8737			
VA-KS-8738			
VA-KS-8739			
VA-KS-8740		2.10.2020	
VA-KS-8741	29.12.2021		
VA-KS-8742			
VA-KS-8743			Öljyvuoto
VA-KS-8744			
VA-KS-8745	19.5.2021		
VA-KS-8746	28.5.2020		
VA-KS-8747	24.3.2022		
VA-KS-8748			Öljyvuoto
VA-KS-8749	7.12.2021		
VA-KS-8750			Öljyvuoto
VA-KS-8751	10.1.2022		
VA-KS-8752	2.10.2020		
VA-KS-8753			
VA-KS-8754			
VA-KS-8755	18.12.2019		Höyrykytkin ääntää
VA-KS-8756			
VA-KS-8757			
VA-KS-8758			Öljyvuoto
VA-KS-8759	8.11.2018		
VA-KS-8760			Öljyvuoto
VA-KS-8761			
VA-KS-8762	15.7.2021		
VA-KS-8763			Vikaantumisen alkanut
VA-KS-8764	1.2.2019	11.1.2022	
VA-KS-8765			Öljyvuoto
VA-KS-8766			
VA-KS-8767	27.1.2017		
VA-KS-8768	14.11.2018		
VA-KS-8769	22.1.2019		
VA-KS-8770	13.10.2018		

Kuva 12. Hoitopuolen laakerointien tilanne toukokuussa 2022. (Tukiainen, 2022)

Käyttöpuoli	Vaihdettu	Tarkastettu	Havainto	Käyttöpuoli	Vaihdettu	Tarkastettu	Havainto
VA-KS-8701				VA-KS-8736			
VA-KS-8702	10.2.2022			VA-KS-8737			
VA-KS-8703			Vikaantumisen alkanut	VA-KS-8738			
VA-KS-8704	24.10.2017			VA-KS-8739		11.5.2016	
VA-KS-8705				VA-KS-8740			
VA-KS-8706				VA-KS-8741	2.4.2020		
VA-KS-8707	22.5.2015			VA-KS-8742		11.5.2016	
VA-KS-8708				VA-KS-8743			
VA-KS-8709	10.2.2022			VA-KS-8744			
VA-KS-8710				VA-KS-8745			
VA-KS-8711				VA-KS-8746			
VA-KS-8712				VA-KS-8747			
VA-KS-8713				VA-KS-8748		24.2.2020	
VA-KS-8714	11.5.2016			VA-KS-8749			
VA-KS-8715				VA-KS-8750			
VA-KS-8716				VA-KS-8751	11.5.2016		
VA-KS-8717	30.9.2020			VA-KS-8752			
VA-KS-8718				VA-KS-8753			
VA-KS-8719				VA-KS-8754	5.4.2016		
VA-KS-8720				VA-KS-8755			
VA-KS-8721		10.4.2019		VA-KS-8756			
VA-KS-8722		2.10.2020		VA-KS-8757	2.11.2011		
VA-KS-8723				VA-KS-8758	25.2.2022		Vikaantumisen alkanut
VA-KS-8724	18.1.2019			VA-KS-8759			
VA-KS-8725				VA-KS-8760			
VA-KS-8726		24.2.2020		VA-KS-8761	29.7.2018		
VA-KS-8727				VA-KS-8762			
VA-KS-8728				VA-KS-8763			Öljyvuoto
VA-KS-8729	13.6.2021			VA-KS-8764	26.2.2020		
VA-KS-8730				VA-KS-8765			
VA-KS-8731				VA-KS-8766	1.9.2021		
VA-KS-8732	10.12.2020			VA-KS-8767			Vikaantumisen alkanut
VA-KS-8733				VA-KS-8768		4.4.2016	
VA-KS-8734	1.12.2021			VA-KS-8769			
VA-KS-8735	10.12.2020			VA-KS-8770			Vikaantumisen alkanut

Kuva 13. Käyttöpuolen laakerointien tilanne toukokuussa 2022. (Tukiainen, 2022)

Jotta kuivaussylintereiden uusitut laakerit eivät lähde kulumaan liian nopeasti, tulee koneen saastunut kiertovoitelujärjestelmää päivittää. Kiertovoitelujärjestelmän toiminta on epävarmaa järjestelmän pikeentymisen ja siinä kulkevien epäpuhtauksien takia. Pelkkä järjestelmän huuhtelu ei kuitenkaan ole pysyvä ratkaisu tilanteeseen, vaan järjestelmän putkistokokoa tulee osin kasvattaa ja virtausmittarit päivittää, jotta laakerointien lämmönpoistoa saadaan tehostettua. Tehostamalla laakerointien lämmönpoistoa pystytään jatkossa välttymään öljyn pikeentymiseltä kiertovoitelujärjestelmässä.

Kiertovoitelujärjestelmän päivitys on työnä niin pitkäkestoinen, että sitä ei tuotannollisista syistä pystytä toteuttamaan kuin koko tehtaan viikon mittaisessa vuosihuoltoseisokissa. Järjestelmän uusiminen putki kerrallaan ei ole hyvä vaihtoehto, koska järjestelmässä olevat epäpuhtaudet pääsisivät saastuttamaan myös uusitut putkistot.

Kuivatusosan kunnonvalvontaan tulee panostaa lisäämällä hoitopuolen laakeroinnit off-line mittausjärjestelmän piiriin. Lyhentämällä laakerointien mittausväliä pystytään kulumismekanismien alkua ja etenemistä seuraamaan tehokkaammin ja tulevaisuudessa huollot pystytään ajoittamaan paremmin.

Kiihtyvyyssantureiden asennustyöt voidaan tehdä kuivauskoneen lyhyiden päiväseisokkien aikana. Antureita voidaan asentaa ja kytkeä paikoilleen yksi kerrallaan ja ne ovat käyttöön otettavissa välittömästi. Antureiden mittauspäätteet on jo asennettu koneelle ja testit lämmönkestoltaan parhaan anturin valitsemiseksi on aloitettu.

Telojen osalta puutteelliseen varaosien hallintaan tulee panostaa lisäämällä varatelat telojen laitepaikkojen alle yhtiön toiminnanohjausjärjestelmään. Varaosien hallinta voidaan toteuttaa samalla mallilla, jota käytetään Varkauden tehtaan kartonkikoneella. Kartonkikoneella jokainen tela on yksilöity omaksi toimintapaikakseen ja toimintapaikan alta löytyvältä laitekortilta pystytään hakemaan kyseisen telan tarkat tekniset tiedot. Kuivauskoneen osalta yksikertaisempi nimike mallikin voisi olla toimiva järjestelmä, sillä kuivauskoneen kaikista teloista ei ole saatavissa tarkkoja teknisiä tietoja eikä kaikille teloille edes löydy varatela. Myös varatelojen hankintaan on lähiaikoina panostettava, sillä suunnitellutkin telahuollot kestävät useita tunteja tai jopa viikkoja. Äkilliset häiriöt voivat aiheuttaa huomattavasti pidempiäkin tuotantokatkoja.

Varatelojen hankintaa varten tulee kuivauskoneen teloille tehdä PSK 6800 standardin mukaiset kriittisyysluokittelut, joiden avulla telojen hankintajärjestys pystytään määrittämään. Kriittisyysluokittelussa tulee vahvasti huomioida kunkin telan nykykunto, koska pelkästään tuotannonmenetyksen näkökannalta lähes kaikki telat on nimettävä kriittisiksi.

7 YHTEENVETO

7.1 Kehittämistyön tulokset

Kehittämistyöllä pystyttiin tuomaan esiin suurimmat puutteet sellun kuivauskoneen käyttövarmuuden näkökannalta. Työn tilaajalla on nyt selkeä suunta, johon edetä koneen kunnossapito strategian suhteen.

Kuivaussyliinterien huoltotyöt laakerointien ja höyrykytkimien vaihdon kannalta on aloitettu ja ne etenevät aikataulussaan. Priorisoimalla lyhyissä huoltoseisokeissa huollettavat laakeroinnit kunnonvalvonnan viimeisimpien havaintojen mukaan on toistaiseksi pystytty välttämään äkillisiltä laakerivaurioilta.

Kiertovoitelujärjestelmän päivitystä on esitetty toteutettavaksi vuoden 2023 aikana. Projektista on olemassa alustava kustannusarvio ja työsuunnitelma.

Kuivatusosan hoitopuolen lisääminen koneen off-line mittausjärjestelmän piiriin on suunnittelussa. Koneella tehdään testejä parhaan anturityypin valitsemiseksi ja testien tuloksen pohjalta projektia esitetään toteutettavaksi vuoden 2023 aikana.

Telojen osalta tehdään kartoitus olemassa olevien varatelojen suhteen ja määritetään kriittisyysluokitukset mahdollisia telahankintoja varten. Olemassa olevien varatelojen vienti järjestelmään voidaan tämän jälkeen aloittaa.

7.2 Kehittämistyön ja tuloksien arviointi

Kehittämistyön aikana ilmi tuodut puutteet sellun kuivauskoneen käyttövarmuudessa pystyttiin tunnistamaan hyvin jo heti työn alku vaiheessa. Työ rajattiin onnistuneesti ja sen takia pystyttiin todella keskittymään koneen käytön kannalta kaikkein kriittisimpiin komponentteihin. Sellun kuivauskoneessa on lukuisia muitakin komponentteja, joiden ennakkohuoltosuunnitelmat kaipaisivat tarkastelua, mutta rajaamalla työ kaikkein kriittisimpiin komponentteihin pystyttiin paremmin keskittymään juurisyihin häiriöiden takana. Uskon työni tarjonneen tilaajalle tärkeää tietoa, jota voidaan hyödyntää sellun kuivauskoneen kokonaisvaltaisessa kunnossapitosuunnitelmassa. Työn lopputulos vastaa tilaajan asettamia tavoitteita.

Vaikka työssä esitettyjä jatkotoimenpiteitä ei sellun kuivauskoneella vielä olekaan toteutettu, on työllä onnistuttu tuomaan esiin puutteet koneen kunnossapitoon ja käyttövarmuuteen liittyvissä asioissa. Koneen komponenttien kuluminen on tunnustettu ja kunnonvalvonnan tärkeyttä on korostettu päivittäisessä tekemisessä. Kuivaussyliinterien laakerointeja huolletaan jokaisessa lyhyessä huoltoseisokissa ja toistaiseksi laakeroinnit on ehditty huoltaa ennen äkillisten vaurioiden tapahtumista.

7.3 Kehittämistyön luotettavuus ja eettisyys

Opinnäytetyön toteutuksessa on noudatettu Savonia-ammattikorkeakoulun ohjeistusta opinnäytetyön eettisyydestä. Kaikki työssä käytetyt lähteet on merkitty asianmukaisesti plagioinnin välttämiseksi. Lähteet on merkitty Wordin APA-lähdeviitteitä käyttäen tekstiin ja lähdeluetteloon. Kaikki työssä esitettävä data yhtiön laitteistosta ja sen puutteista tai ominaisuuksista on kerätty itse ja hyväksytetty tilaajalla.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa on käytetty tuoreimpia saatavissa olleita lähteitä työn luotettavuuden lisäämiseksi.

7.4 Kehittämistyön hyödynnettävyys

Tämä kehittämistyö on tehty täysin opinnäytetyön tilaajan asettamien tavoitteiden mukaisesti. Työ rajattiin yhteisymmärryksessä työn tilaajan kanssa niin, että se on kokonaisuudessaan hyödynnettävissä sellun kuivauskoneen käynninvarmistamiseksi meneillään olevassa kehityssuunnitelmassa. Työssä pystyttiin paitsi tunnistamaan poikkeamat vaadituista osakokonaisuuksista, myös määrittelemään juurisyyt häiriöiden takana.

Uskon opinnäytetyöni vaikuttavan positiivisesti sellun kuivauskoneen käyttövarmuuteen, sekä tilaajan kunnossapitotoimintaan. Työ sisältää kuvauksen sellun kuivauskoneen yleisestä prosessista, kunnossapidon toiminnoista sekä yleisimmistä kulumismekanismeista. Työssä on myös selvennetty merkittävimmät eroavaisuudet uuden ja vanhan kuivauskoneen välillä sekä näytetty esimerkki vikaistoriatietojen mahdollisista sovelluskohteista.

Uskon opinnäytetyöni olevan hyödyllinen, koska äkilliset vauriot sellun kuivauskoneella aiheuttavat aina tuotannonmenetyksiä ja katkot koneella vaikuttavat jatkossa koko sellutehtaan ajettavuuteen merkittävästi. Siksi onkin erityisen tärkeää, että puutteet sellun kuivauskoneen käyttövarmuudessa pystytään tunnistamaan ja korjaamaan suunnitelmallisesti.

7.5 Ammatillinen kehitys

Opinnäytetyön aikana tekninen tietotaitoni kehittyi huomattavasti. Opin työn aikana paljon vierintälaakereiden toiminnasta, voiteluhuollosta, kunnonvalvonnasta sekä kriittisten varaosien hallinnasta. Työ kasvatti minua tekniikan alan asiantuntijana merkittävästi. Työn aikana oli hienoa huomata, kuinka opintojen aikana eri kursseilta haalittu teoretieto pystyttiin viemään käytäntöön. Esimerkiksi materiaalitekniikka ei koulussa ollut vahvin osaamisalueeni, mutta tämän työn jälkeen uskon ymmärtäväni periaatteet erilaisten kulumismekanismien taustalla paremmin. Omaksuin työn aikana paljon uutta tietoa erilaisista kunnossapidon toiminnoista ja kehityin tiedon haussa. Suhtaudun lähdetietoihin kriittisemmin ja ymmärrän niiden luotettavuuden tärkeyden. Tärkeimpänä työn tarjoamana oppina pidän kuitenkin saamaani ymmärrystä sellun kuivauskoneen ja koko sellutehtaan prosessien toiminnasta. Uskon tämän hyödyttävän minua tulevaisuudessa paljon työssäni kyseisen sellutehtaan kunnossapitoinsinöörinä.

8 LÄHDELUETTELO

- FAG Finland Oy. *Vierintälaakereiden voitelu. Julkaisu No. WL 81 115/4 Fib.* Espoo: FAG Sales Europe - Finland. Haettu 02. 5. 2022 osoitteesta https://www.schaeffler.com/remotemedien/media/_shared_media/08_media_library/01_publications/schaeffler_2/publication/downloads_18/wl_81115_4_fi_fi.pdf
- Järviö, J. (2006). *Kunnossapito* (3 p.). Helsinki: KP-Media Oy.
- Järviö, J.;& Lehtiö, T. (2017). *Kunnossapito: tuotanto-omaisuuden hoitaminen*. Helsinki: Promaint ry.
- Järviö, J.;Piispa, T.;Parantainen, T.;& Åström, T. (2007). *Kunnossapito* (4 p.). Helsinki: KP-Media Oy.
- KnowPulp. (2022). *KnowPulp*. Haettu 25. 4. 2022 osoitteesta <https://www.knowpulp.com>
- Stora Enso, Kunnonvalvonta. (T. Teemu, Haastattelija)
- Mikkonen, H.;Miettinen, J.;Leinonen, P.;Jantunen, E.;Kokko, V.;Riutta, E.;. . . Mäkeläinen, R. (2009). *Kuntoon perustuva kunnossapito*. Helsinki: KP Media Oy.
- Ojasalo, K.;Moilanen, T.;& Ritalahti, J. (2014). *Kehittämistyön menetelmät - Uudenlaista osaamista liiketoimintaan*. Sanoma Pro Oy.
- Parikka, R.;& Lehtonen, J. (2000). *Kulumismekanismit ja niiden merkitys vierintälaakereiden eliniälle*. VTT Technical Research Centre of Finland. Haettu 1. 5. 2022 osoitteesta <https://cris.vtt.fi/en/publications/kulumismekanismit-ja-niiden-merkitys-vierint%C3%A4laakereiden-elini%C3%A4ll>
- PSK 6201. (2011). *Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät*. (4 p.). PSK standardisointi. Haettu 24. 4. 2022 osoitteesta <https://psk-standardisointi.fi/wp-content/uploads/PSK6201.pdf>
- PSK 7501. (2010). *Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut*. PSK standardisointi. Haettu 27. 4. 2022 osoitteesta https://psk-standardisointi.fi/wp-content/uploads/PSK7501_2p.pdf
- Sakari Partanen / Yle. (15. 6. 2021). *Yle*. Haettu 6. 4. 2022 osoitteesta <https://yle.fi/uutiset/3-11983020>
- Savonia-ammattikorkeakoulu. *Savonia-ammattikorkeakoulu*. Haettu 5. 4. 2022 osoitteesta <https://www.savonia.fi/opiskele-tutkinto/loyda-koulutusalsi/>
- SFS-EN 13306. (2017). *Kunnossapito. kunnossapidon terminologia*. Haettu 24. 4. 2022 osoitteesta <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/840250.html.stx>
- SKF yhtymä. (2016). *Laakerien kunnossapito*. Haettu 2. 5. 2022 osoitteesta https://www.skf.com/binaries/pub154/Images/0901d196805f9f76-SKF-laakerien-kunnossapito---SKF-bearing-maintenance-handbook---10001_1-FI_tcm_154-290853.pdf
- Stora Enso. Henkilöstö haastattelut. (T. Teemu, Haastattelija)

Stora Enso. *Stora Enso*. Haettu 5. 4. 2022 osoitteesta <https://www.storaenso.com/fi-fi/about-stora-enso/stora-enso-locations/varkaus-mill>

Stora Enso. *Stora Enso*. Haettu 5. 4. 2022 osoitteesta <https://www.storaenso.com/fi-fi/about-stora-enso>