



**PAPERITEHTAAN PITUUSLEIKKURIEN HUOLLON OPTIMOINTI VAIHTE-  
LEVASSA KÄYNTIASTETILANTEESSA**

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Konetekniikan diplomityö

2025

Pyry Leppälä

Tarkastajat: Professori Juha Varis

TkT Mikael Ollikainen

Ohjaaja: Insinööri Anssi Koivula

## TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUTin energijärjestelmien tiedekunta

Konetekniikka

Pyry Leppälä

### **Paperitehtaan pituusleikkurien huollon optimointi vaihtelevassa käyntiastetilanteessa**

Konetekniikan diplomityö

2025

81 sivua, 21 kuvaa, 2 taulukkoa ja 2 liitettä

Tarkastajat: Professori Juha Varis ja TkT Mikael Ollikainen

Avainsanat: Kunnossapito, Paperiteollisuus, Pituusleikkuri, Käyntiaste

Paperin maailmanlaajuinen kysyntä on laskenut vuosituhaten vaihteesta lähtien merkittävästi. Paperintuottajille haastava markkinatilanne on johtanut tarkempaan kustannusseurantaan ja tuotannollisiin seisokkeihin. Tuotteiden toimitusten pysyminen aikataulussa onkin entistä kriittisempää, jolloin kunnossapito-organisaation tulee kyetä estämään yllättävät laiterikot entistä tehokkaammin tuotantolaitoksen matalasta käyntiasteesta huolimatta. Tehokkaan kunnossapidon merkitys korostuu entisestään monimutkaisissa kohteissa. WinRoll-tyyppiset keskiörullainpituusleikkurit ovat eräs tällainen kohde laajan automatisaationsa ansiosta.

Tutkimuksessa tarkasteltiin UPM Kymin paperitehtaan PK8-linjan pituusleikkureiden kunnossapidon tilaa kirjallisuuskatsauksen, tilastotutkimuksen ja kyselytutkimuksen avulla. Kirjallisuuskatsauksessa tutustuttiin kunnossapidon teoriaan ja yleisesti käytössä oleviin kunnossapitostrategioihin. Tilastotutkimuksessa todettiin tehtaan kunnossapitokustannuksien korreloivan heikosti hetkittäiseen käyntiasteeseen ja tarkasteltiin tehtaan toiminnanhallintajärjestelmään tallennettuja tietoja pituusleikkurien kunnossapidosta. Kyselytutkimuksessa selvitettiin tehtaan kunnossapidon kanssa työskentelevien työntekijöiden ja toimihenkilöiden näkemyksiä kunnossapidosta ja muilla UPM paperitehtailla käytössä olevien WinRoll-pituusleikkurien kunnossapidon toimintamalleja.

Tutkimuksen perusteella luotiin suosituksia paperitehtaan toimintamallien kehittämiseksi. Kehitysehdotukset liittyvät tehtaan kunnossapidon suunnitelmallisuuden kehittämiseen ja olemassa olevien kunnossapitoressurssien tehokkaampaan hyödyntämiseen.

## ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

LUT School of Energy Systems

Mechanical Engineering

Pyry Leppälä

### **Maintenance optimization of paper mill winders in a varied production situation**

Master's thesis

2025

81 pages, 21 figures, 2 tables and 2 appendices

Examiners: Professor Juha Varis and Mikael Ollikainen, D.Sc. (Tech.)

Keywords: Maintenance, Paper industry, Winder, Operating rate

The worldwide demand for paper has decreased significantly since the turn of the millennium. The difficult market situation has resulted in more strict cost control and production related stoppages. The ability to deliver products to customers in a timely manner has become ever more important, so the maintenance organization must be able to prevent unplanned stoppages more efficiently despite the low operating rate of the mill. The importance of effective maintenance is highlighted with complicated equipment like the WinRoll-type winders due to their wide use of automation components.

In this study the maintenance of the UPM Kymi papermill PM8-line winders is examined with a literature review, statistical analysis and a questionnaire. The theory of maintenance and commonly used maintenance strategies were examined in the literature review. It was determined in the statistical analysis portion of the study that the maintenance costs correlated poorly with the operating rate of the mill. Other data stored in the ERP-system of the mill relating to the winders was also analysed. Persons working with the winders in maintenance and production were presented with questions to determine the current state of the maintenance-operations with the winders. Other UPM production facilities with similar winders were also asked to describe their practises with the maintenance of their winders.

Recommendations for improvements were drafted based on the results obtained in the study. The recommendations relate to improving the planning of the maintenance operations and utilizing the existing maintenance resources more efficiently.

## KIITOKSET

Tämä diplomityö on tehty UPM Communication Papers Oy:n Kymin paperitehtaalle. Työ on ollut haasteellinen, mutta myös opettavainen kokemus kunnossapidon teorian ja käytännön yhteensovittamisen haasteista perinteisessä teollisessa ympäristössä. Haluankin kiittää työn ohjaajana toiminutta paperitehtaan kunnossapitopäällikkö Anssi Koivulaa sekä työn aiheesta että avusta ja opastuksesta kaikissa työhön liittyvissä asioissa. Haluan myös kiittää työn tarkastajia Professori Juha Varista ja TkT Mikael Ollikaista työni akateemisen puolen ohjaamisesta. Tehtaan työyhteisöstä haluan kiittää kaikkia työntekijöitä ja toimihenkilöitä tehtaan tuotanto- ja kunnossapito-organisaatiosta, jotka ovat tarjonneet ammattitaitoista apuaan työni toteutumisen tueksi. Kiitos myös perheelleni jatkuvasta tuesta ja kannustamisesta sekä loistavalle ja tiiviille opiskelijaporukallemme diplomityön ja koko opiskeluajan kestäneestä vertaistuesta.

Kuusankoskella

7.5.2025

Pyry Leppälä

## SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

### Roomalaiset

K	Käytettävyysskerroin
L	Laatukerroin
N	Toiminta-aste
r	Pearsonin korrelaatiokerroin
$r_s$	Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin

### Lyhenteet

ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä (Enterprise Resource Planning)
IIoT	Teollinen esineiden internet (Industrial Internet Of things)
KKP	Käyttökunnossapito
KNL	Tuotannon kokonaistehokkuus
MTBF	Keskimääräinen vikaväli (Mean Time Between Failures)
PK8	Paperikone kahdeksan
PL1	Pituusleikkuri yksi
PL2	Pituusleikkuri kaksi
RCM	Luotettavuuskeskeinen kunnossapito (Reliability Centered Maintenance)
TPM	Tuottava kunnossapito (Total Productive Maintenance)
WFC	Päällystetty hienopaperi (Woodfree Coated Paper)

## Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Kiitokset

Symboli- ja lyhenneluettelo

1	Johdanto.....	8
1.1	Tutkimuksen taustaa.....	8
1.2	Tutkimusongelma ja -kysymykset .....	11
1.3	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset .....	11
1.4	Tutkimuksen rakenne ja luonne .....	12
2	Kunnossapidon teoriaa .....	13
2.1	Teollisen kunnossapidon historia.....	13
2.2	Vikaantumismallit.....	14
2.3	Kunnossapidon lajit ja suunnittelu.....	16
2.4	Kunnossapidon kustannukset.....	21
2.5	Kunnossapidon tunnuslukuja .....	23
2.6	Kunnossapitostrategioita .....	26
2.6.1	Luotettavuuskeskeinen kunnossapito (Reliability Centered Maintenance)...	26
2.6.2	Tuottava kunnossapito (Total Productive Maintenance).....	27
2.7	Tuotanto-omaisuuden hallinta ja UPM kunnossapitostrategia .....	29
2.8	Informaatioteknologia kunnossapidossa .....	30
3	PK8-linjan pituusleikkureiden kunnossapito.....	33
4	Tutkimusmenetelmät .....	41
4.1	Tilastotutkimukselliset menetelmät .....	41
4.2	Kyselytutkimuksen menetelmät.....	42
5	Tulokset ja niiden arviointi.....	44
5.1	Tilastotutkimuksen tulokset .....	44
5.1.1	Käyntiasteen ja kustannusten välinen yhteys PK8-linjalle.....	44
5.1.2	Kunnossapitoilmoitukset ja työtilaukset.....	47
5.1.3	Muita tarkasteltuja tilastoja.....	53

5.2	Tehtaan sisäisen kyselytutkimuksen tulokset.....	57
5.2.1	Leikkurialueen kunnossapitoryhmä.....	58
5.2.2	Vikatilanteet, ennakkohuolto ja kunnossapidon suunnitelmallisuus .....	59
5.2.3	Käyntiasteen vaikutus kunnossapitotoimintaan.....	61
5.2.4	Toiminnanohjausjärjestelmän toimintopaikkahierarkia .....	62
5.3	Kyselytutkimus muille tehtaille .....	63
5.4	Tulosten objektiivisuus, luotettavuus ja virhetarkastelu .....	64
6	Johtopäätökset ja suositukset.....	66
6.1	Kehitysehdotukset.....	69
6.1.1	Pituusleikkurien huoltoryhmän osaamisen jakaminen muille asentajille .....	69
6.1.2	Asentajien aluevaihtojen järjestelmällistäminen .....	70
6.1.3	Pituusleikkurien säännöllinen huoltopäivä .....	70
6.1.4	Viikoittainen työsuunnitelma vuorokunnossapidolle .....	71
6.1.5	KKP-toiminnan tehostaminen.....	71
6.1.6	Leikkurien SAP-toimintopaikkahierarkian korjaaminen.....	72
6.1.7	Asentajan erottaminen ennakkohuoltotöihin viikoksi .....	73
6.1.8	Koulutus vikailmoitusten tekemiseen henkilökunnalle .....	73
6.1.9	Työtilauksiin sisällytetyn raportoinnin yhtenäistäminen.....	74
6.2	Suositus ehdotusten arviointi .....	74
7	Yhteenveto.....	76
	Lähteet .....	79

## Liitteet

Liite 1. Kysely pituusleikkureiden kunnossapidosta tehtaan henkilöstölle.

Liite 2. Kysely muille paperitehtaille WinRoll-pituusleikkurien kunnossapidosta.

# 1 Johdanto

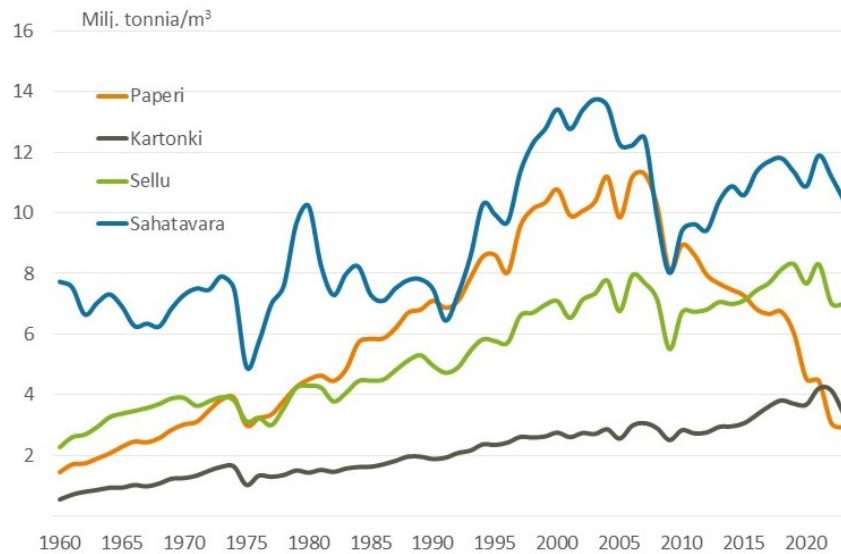
Paperiteollisuutta koettelee pysyvä muutos. Tietotekniikan jatkuvan yleistymisen seurauksena perinteisten kopio- ja lehtipapereiden kysyntä on laskussa, eikä käännettä parempaan ole näköpiirissä. Tämän kehityksen seurauksena paperintuottajilla on huomattava määrä ylimääräistä tuotantokapasiteettia. Tarjonnan ja kysynnän epäsuhdan takia on tuotantolaitoksia jouduttu sekä seisottamaan ilman tuotantoa että sulkemaan kokonaan.

Laskevan kysynnän aiheuttamat tuotannolliset seisokit vaikeuttavat kunnossapitotöiden tehokasta toteutusta. Tuotantotilanteen muutokset ovat vaikeasti ennakoitavissa ja monimutkaistavat pitkäjänteisten aikataulujen määrittämistä. Perinteiset säännöllisin väliajoin toistuvat huoltotyöt eivät myöskään aina vastaa tehokkaasti koneiden todelliseen huollontarpeeseen käyntiasteen ollessa matala.

Tämä diplomityö on tehty UPM Communication Papers Oy:lle. Tarkoituksena on määritellä, minkälainen yhteys käyntiasteen ja kunnossapidon välille on muodostunut. Tutkimuksessa etsitään menetelmiä, joiden avulla tähän suhteeseen voidaan vaikuttaa ja kunnossapitokustannuksia yhteensovittaa tuotannollisten seisokkien aiheuttamaan matalaan käyntiasteeseen kehittämällä kunnossapitoa. Menetelmiä pyritään soveltamaan Paperikone 8 -linjan pituusleikkureille, jotka koetaan tehtaalla keskimääräistä haastavammaksi huoltokohteeksi

## 1.1 Tutkimuksen taustaa

Paperin tuotannon tasainen nousu on vaihtunut laskuun vuosituhannen vaihteen jälkeisinä vuosina laskevan kysynnän takia (Kuva 1). Laskeva trendi on alkanut vuosituhannen vaihteen jälkeen graafisten papereiden kysynnän laskiessa. Juurisyy tälle laskulle on digitalisaatio, eikä suunta todennäköisesti tule muuttumaan. Eri paperiyhtiöt ovatkin joutuneet turvautumaan tuotannon ylikapasiteetin takia tuotannollisiin seisokkeihin, jotka hankaloittavat kunnossapidon työn- ja kustannusten suunnittelua. Esimerkiksi säännöllisiin huoltoväleihin perustuvat ennakkohuoltosuunnitelmat eivät välttämättä vastaa todelliseen kunnossapitotarpeeseen, kun koneiden käyntiaste on matala. (Latta, Plantinga & Sloggy 2016, 433–439.)



Kuva 1. Metsäteollisuuden tuotantomäärät Suomessa 1960-luvulta alkaen (Metsäteollisuus ry 2024).

UPM-Kymmene Oyj lukeutuu Suomen suurimpien metsäyhtiöiden joukkoon. Perinteisten sellu- ja paperiliiketoimien lisäksi UPM toimii muun muassa kehittyvillä biotuotemarkkinoilla erilaisten biopohjaisten kemikaalien saralla. Yhteensä UPM työllistää maailmanlaajuisesti yli 16 000 työntekijää ja omaa tuotantoa yli kymmenessä maassa. Suomessa UPM operoi useita sellu- ja paperitehtaita, sahoja, vaneri- ja viilutehtaita sekä vesivoimalaitoksia. UPM Energy on Suomen toiseksi suurin energiantuottaja 1900 MW kapasiteetilla. Lappeenrannan biojalostamolla tuotetaan uusiutuvaa puupohjaista dieseliä ja muita biokemian tuotteita. (UPM, 2024.)

UPM Kymin paperitehdas juontaa juurensa vuonna 1873 perustettuun Kymin osakeyhtiöön (Ahvenainen 1973). Pitkän ja monivaiheisen yrityshistorian aikana on yhtiö käynyt läpi monia muutoksia ja yhdistymisiä muiden yritysten kanssa, joiden kautta on nykyinen UPM-Kymmene Oyj muodostunut. Tytäryhtiö UPM Communication Papers Oy vastaa paperiliiketoiminnasta graafisten paperien osalta, ja hallinnoi Kymin paperitehdasta. Integraatin, jossa paperitehdas nykyisellään sijaitsee kymijoen varrella nykyisen Kouvolan kaupungin rajojen sisäpuolella, jakaa paperitehtaan kanssa erillinen sellutehdas, energiayhtiö ja usea erillinen pienempi alihankintayritys, jotka tuottavat raaka-aineita paperin valmistukseen tai myyvät kunnossapitopalveluja.

Paperitehdas tuottaa hienopaperia kahdella paperikoneella. Hienopaperin valmistuksessa ei käytetä mekaanista massaa, vaan se koostuu pääasiallisesti selluloosasta (KnowPap 2021). Tuotettu hienopaperi voi olla joko päällystettyä tai päällystämätöntä. PK8-linjalla on käytössä erillinen päällystyskone, jonka lävitse konerullat voidaan ajaa ennen pituusleikkausta. Paperitehtaan nimelliskapasiteetti on 715 000 tonnia vuodessa kaikkia valmistettavia paperilaatuja (UPM 2025).

Tuotannollisista syistä johtuvat seisokit ovat keino tuotannon hillitsemiseksi matalan kysynnän aikana. Rajallisen tuotteiden varastointikapasiteetin takia ne ovat tällöin käytännössä väistämättömiä. Tuotannollisten seisokkien aikana syntyvät kulut pyritään minimoimaan esimerkiksi tuotantohenkilökunnan määräaikaisilla lomautuksilla. Laitteiden kunnossapidon kustannukset eivät kuitenkaan välttämättä laske tällaisen seisokin aikana. Eri laitteiden kunnossapitokustannukset saattavat jopa kasvaa pitkän aikavälin tarkastelujaksolla, sillä laitteiden alas ja ylös ajaminen voi olla niille kuluttavampaa kuin tavanomainen tuotanto.

Käyntiaste on paperiteollisuudessa tärkeä tunnusluku, jonka avulla voidaan näiden kysynnästä johtuvien tuotannollisten seisokkien määrää kuvata. Sen arvo lasketaan jakamalla tarkastelujakson aikaiset käyttötunnit kuluneeseen kokonaisaikaan. Näihin käyttötunteihin lasketaan koneen suunnitellun tuotantoajan lisäksi myös suunnitellut kunnossapitotyöt ja tuotannon vaatimat pysäytykset. Käyntiasteen laskennassa huomioitaviin tunteihin ei kuitenkaan lasketa heikon markkinatilanteen aiheuttamia tuotannonrajoitusseisokkeja, jonka takia sen avulla voidaan arvioida paperin kysynnän vaikutusta tehtaan toimintaan. Tarkasteltavana kokonaisaikana on yleisesti käytetty yhtä vuotta. Käyntiastetta kuivaillaan tarkemmin luvussa 2.5. (PSK 6201 2022, 5.)

Erilaiset seisokit vaikuttavat myös tuotantolaitteiden tuotannonhallintajärjestelmään aikataulutettuihin huoltoihin. Työt, jotka ovat aikataulutettuja toistumaan tietyn ajanjakson välein tulevat suoritetuiksi liian useasti tai joutuvat manuaalisesti viivästytyiksi. Tämä luo lisätyötä kunnossapidon työnjohdolle ja vähentää aikataulutettujen töiden hyödyllisyyttä töiden suunnittelun työkaluna. Liian tiheään suoritettujen enakkohuoltotyöt eivät ole myöskään kunnossapidon kustannusten kannalta tehokkaita. Pahimmassa tapauksessa ajoitilanteeseen nähden liian tiheään ajoittuvat automaattisesti aikataulutetut enakkohuoltotarkistukset ja -työt voivat johtaa tilanteeseen, jossa ne jätetään täysin huomiotta. Tällöin palataan takaisin ”perinteiseen” kunnossapitojärjestelmään, jossa enakkohuolto tukeutuu yksinomaan kunnossapitohenkilökunnan asiantuntemukseen ilman varsinaista aikataulutusjärjestelmää.

Paperitehtaan kaltaisessa monimutkaisessa korkean suorituskyvyn tuotantolaitoksessa näin ei voida päästä tyydyttäviin lopputuloksiin.

Kymin paperitehtaan Paperikone 8 -linjan pituusleikkurit ovat eräs kunnossapidollisesti haastavimmista kokonaisuuksista paperitehtaan sisällä. Leikkurit ovat valmistuneet vuosina 2001 ja 2002 ja ovat hyvin laajalti automatisoituja. Leikkurit sisältävätkin huomattavan määrän mekaanisia, hydraulisia ja sähköisiä komponentteja. Jotkin komponentit ovat myös vanhentuneina poistuneet tuotannosta, vaikeuttaen varaosien saatavuutta. Pituusleikkureiden koetun vikaantumisherkkyuden takia ne on otettu tässä työssä tarkasteluun osana tutkimusta. Tarkoituksena on selvittää, miten esitettyjä kunnossapidollisia menetelmiä voidaan hyödyntää pituusleikkureiden kohdalla.

## 1.2 Tutkimusongelma ja -kysymykset

Työn lähtökohta on kunnossapidon kustannusten ja tehtaan käyntiasteen epäsuhta. Käyntiaste on matala, johtuen ajoittaisista tuotannollisista seisokeista. Ei ole kuitenkaan selvää, miten kunnossapidon kustannukset seuraavat käyntiasteen muutoksia, ja miten ne olisi mahdollista kytkeä toisiinsa läheisemmin. Tästä ongelmasta voidaan johtaa tutkimuksen päätutkimuskysymys:

- Miten huollon tehokkuutta ja kustannuksia voidaan optimoida vastaamaan paremmin vaihtelevaa käyntiastetta?

Tutkimuksessa on tarkoitus etsiä tapoja kunnossapidon tehostamiseen ja soveltaa löydettyjä menetelmiä pääasiassa PK8-linjan pituusleikkureihin. Voidaan siis johtaa sivututkimuskysymyksiksi:

- Mitä käytännön menetelmiä on olemassa kunnossapidon tehostamiseksi?
- Miten näitä metodeja voidaan hyödyntää pituusleikkureiden kunnossapidossa?

## 1.3 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Tutkimuksen päätavoite on, että tutkimuksen lopuksi voidaan esitellä ehdotuksia toimenpiteistä, jotka tehostavat tehtaan kunnossapitoa ja tuovat kustannukset lähemmäksi vallitsevan

ajotilanteen tasoa. Tämän takia selvitetään käyntiasteen ja kunnossapitokustannusten yhteys paperitehtaalla yleisesti ja etenkin PK8-linjan pituusleikkureilla.

Tutkimuksessa keskitytään etsimään kunnossapidollisia menetelmiä, jotka ovat yleisesti sovellettavissa paperitehtaan kunnossapitoon. Menetelmiä sovelletaan PK8-linjan pituusleikkureiden alueelle. Myös tilastollinen tutkimus ja kunnossapitohenkilöstölle kohdistetun haastattelun kysymysten aiheet rajataan koskemaan PK8 aluetta yleisesti ja pituusleikkureiden aluetta erityisesti.

#### 1.4 Tutkimuksen rakenne ja luonne

Tutkimuksessa hyödynnetään kolmen eri metodin triangulaatiota luotettavien vastausten selvittämiseksi. Tutkimus sisältää kirjallisuuskatsauksen, jossa on koottuna kunnossapidon teoriakäsitteitä. Kirjallisuuskatsauksen tulosten perusteella suoritetaan tilastollista tutkimusta PK8-linjan pituusleikkureiden käyntiasteesta, kunnossapitokustannuksista ja vikaantumisesta hyödyntäen oleellisia kunnossapidon tunnuslukuja. Kolmanneksi suoritetaan kyselytutkimus, jossa pituusleikkureiden kunnossapidon toimintamalleista kerätään tietoa pituusleikkureiden ajoon ja kunnossapitoon perehtyneiltä asentajilta, operaattoreilta, toimihenkilöiltä sekä myös muilta paperitehtailta.

Tutkimus toteutetaan pitkälti case- eli tapaustutkimuksena. Kunnossapidon yleiskatsauksena toimivassa kirjallisuuskatsauksessa käsitellään kunnossapidon aihetta laajemmin, mutta myöhemmissä osissa keskitytään yksinomaan PK8-linjan ja pituusleikkureiden kunnossapidolliseen tilaan ja kehitykseen. Tutkimus on sekä kvalitatiivinen että kvantitatiivinen. Tilastollisessa tutkimuksessa käytetään kvantitatiivisia menetelmiä tarkasteltaessa pituusleikkureiden toiminnasta tehtaan toiminnanohjausjärjestelmään tallentunutta dataa. Kyselytutkimus pituusleikkureiden ja tehtaan kunnossapidon tilasta ja kehityskohteista tehtaan henkilöstölle taas on osaltaan kvalitatiivinen. Tutkimuksen tulosten perusteella pyritään tuottamaan käytännön suosituksia pituusleikkureiden kunnossapidon tehostamiseksi ja kustannusten hillitsemiseksi. Tutkimusosioiden reliabiliteettiä ja validiteettiä sekä kehityssuosittelun mielekkyyttä arvioidaan työn lopussa.

## 2 Kunnossapidon teoriaa

Kunnossapitoa on alettu yhä enenevässä määrin käsitellä lisäarvoa tuottavana, monimutkaisena kokonaisuutena pakollisen menoerän sijaan. Onkin kehitetty lukuisia eri menetelmiä kunnossapitotoimintojen eri toimintojen analysoimiseksi ja tehostamiseksi. (Duffuaa & Raouf 2015, 2.)

### 2.1 Teollisen kunnossapidon historia

Historiallisesti kunnossapito on ollut tuotantotoimintaan nähden toissijainen osa tehtaan operaatioita. Kunnossapito oli lähtökohtaisesti reagoivaa toimintaa, jossa rikkoontuneet laitteet korjattiin sitä tahtia, kun tuotantoa haittaavia vikoja ilmaantui. Nykyaikaisen tiedon valossa voidaan todeta, että tällainen lähestymistapa on tehottomin, joskin yksinkertaisin tapa lähestyä kunnossapidon toimintaa. Yhä edelleen kunnossapito-organisaation viimesijainen tehtävä on korjata yllättäen rikkoutuneet laitteet mahdollisimman nopeasti, ja usein tämänkaltaiset työt vievätkin suuren osan kunnossapitäjien työajasta. 1900-luvun aikana ja etenkin vuosituhaten vaihteen jälkeisenä aikana on tavoitteeksi muodostunut kaikenlaisten vikatilanteiden ennaltaehkäisy. Näin suoritettu kunnossapito on ensinnäkin ennalta suunniteltua ja aikataulutettua eli tehokkaampaa ja toiseksi tuotantotoiminnalle aiheutuvat häiriöt pystytään minimoimaan. Suurimmat kunnossapidon kustannukset ovatkin epäsuorasti aiheutettuja rikkoutuneiden laitteiden aiheuttamia tuotannonmenetyksiä.

Laitteiden ennakoimattomien vikaantumisien estämisessä on avainasemassa ennakoiva huolto. Perusideana on tällöin, että laitteet pysäytetään huollettavaksi ennen kuin mitään varsinaista vikatilaa on päässyt syntymään. Vaikeaksi enakkohuollon toteuttamisen tekee sen arviointi, milloin enakkohuoltoa pitäisi suorittaa, kuka sen suorittaa ja mitä laitteen osia pitäisi tarkistaa, huoltaa tai vaihtaa. Kunnossapidon viime vuosisadan aikainen kehitys onkin suurilta osilta ollut teorioita, jotka pyrkivät vastaamaan näihin kysymyksiin.

Kunnossapidon kasvavaa merkitystä ajaa tuotannon jatkuva tehostamisen tarve. Yllättävät laiterikot ja korkeat kunnossapitokustannukset heikentävät yritysten kilpailuasemia. Kunnossapito on avainasemassa käytettävyyden ylläpitämisessä tarvittavalla tasolla. Kotimainen

prosessiteollisuuden standardointijärjestö PSK Standardisointiyhdistys ry määrittelee kunnossapidon standardissaan PSK 6201 (2022, 3) 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”. Varsinainen rikkoutuneiden laitteiden kunnostaminen on siis vain yksi osa kunnossapidon kokonaisuutta. Kunnossapidon suunnittelu, hallinta ja johtaminen ovat oleellinen osa kunnossapito-organisaation toimintaa.

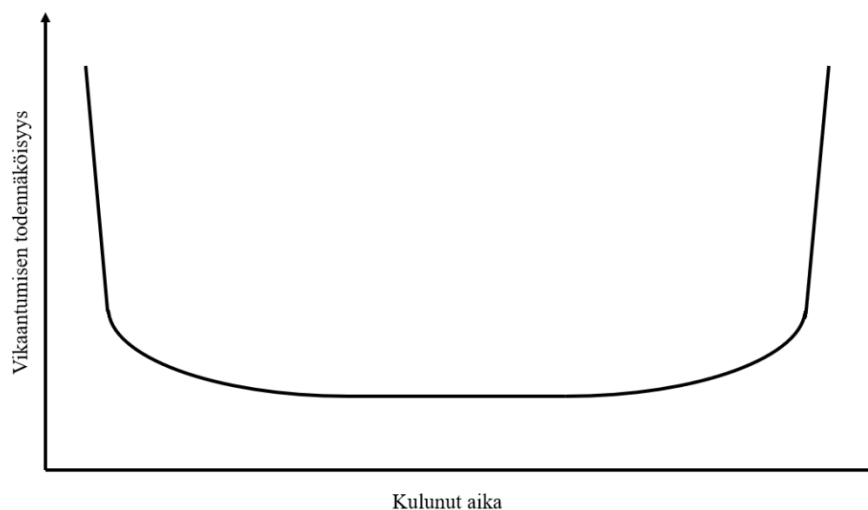
Suuremmissa teollisuuslaitoksissa liki kaikkea teollista toimintaa hallitaan ns. toiminnanohjausjärjestelmässä (ERP, Enterprise Resource Planning). Kunnossapidon eri osa-alueet ovat myös useimmiten integroituna näihin järjestelmiin (Mikkonen 2009, 113). Toiminnanohjausjärjestelmiä on hyvin erilaisia riippuen käyttökohteesta ja järjestelmän toimittajasta. Järjestelmillä voidaan ohjata miltei kaikkia tehtaan toimintoja tuotannosta kunnossapitoon ja logistiikkaan. Yleisiä kunnossapidon kannalta oleellisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi laitteiston organisointi, työtilausten luominen ja talletus, varaosien hallinta ja dokumenttien säilytys. Tallennettuina ovat usein myös moninaisia historiatietoja, jotka ovat erityisen arvokkaita laitteiden huoltojen suunnittelussa. Myös töiden aikataulut on tärkeä ominaisuus ennakko- ja huollon kannalta.

Tuotannon vaihteleva luonne asettaa haasteita tehokkaan kunnossapidon toteuttamiseksi. Vaatimukset ja toimintamallit ovat alati muuttuvia tekijöitä, joihin vastaamiseen ei ole yhtä valmista mallia. Eri toimialoilla ja myös eri teollisuudenaloilla vallitsee erilaisia näkemyksiä kunnossapidon päätavoitteista. Yleisesti tärkein prioriteetti on yrityksen tuottavuuden kasvattaminen, mutta tämän saavuttamiseksi on eri ympäristöissä asetettu erilaisia painotuksia. Esimerkkejä tavoitteista ovat esimerkiksi tuotannon toimitusten aikataulussa pysyminen, Eri tunnuslukumittareiden tavoitteisiin pääseminen, kustannusten minimointi, tuotannon laadun varmistaminen ja sekä turvallisuus ja ympäristötavoitteet (Leiviskä 2009, 277).

## 2.2 Vikaantumismallit

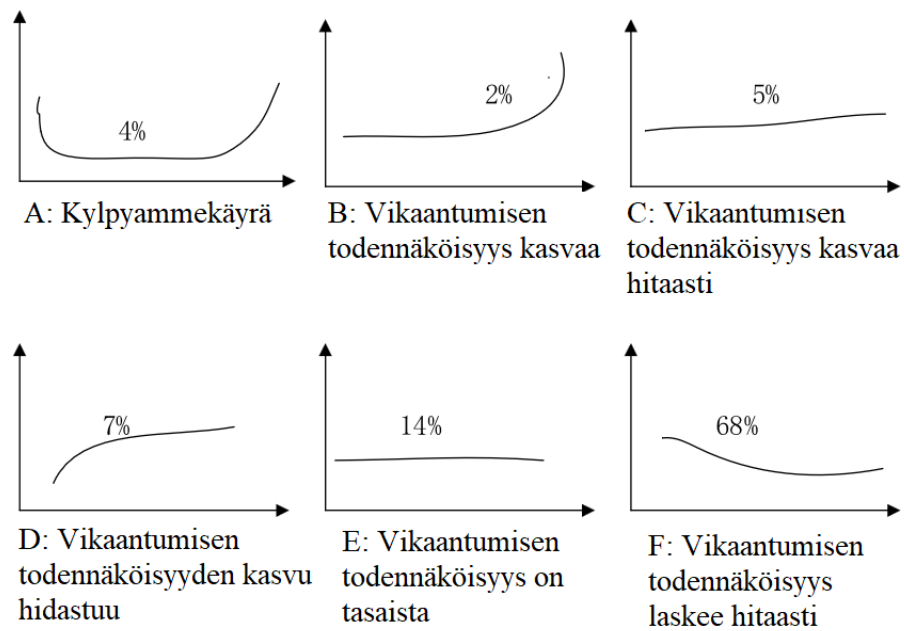
Vikaantumiselle on esitetty useita erilaisia määritelmiä. Yksinkertaisuudessaan hyvin käytökelpoinen määritelmä löytyy standardissa PSK 6201, jossa ilmaistaan vikaantumisen tarkoittavan, että ”Kohde menettää kyvyn suorittaa vaadittu toiminto”. Vikaantuminen saattaa laitteiston vikatilaan, jossa se ei kykene toimimaan normaaliin tapansa. Vikaantuminen voi

olla osittaista tai kokonaista, riippuen kuinka paljon sen tavoitellusta suorituskyvystä häviää vikaantumisen seurauksena. Perinteinen näkemys vikaantumisen olemuksesta oli, että vikaantumisen todennäköisyys kasvaa näennäisen lineaarisesti käyttöönotosta eteenpäin, kunnes suunnitellun käyttöiän lopussa se kasvaa eksponentiaalisesti. Käsitys perustui oletukseen, että uudet komponentit ovat täysin kunnossa ja ne käytön aikana kuluvat tasaisesti, kunnes ne saavuttavat käyttöikänsä pään ja rikkoutuvat. Myöhemmin huomattiin, että vastaavaa korkean vikaantumistodennäköisyyden alue esiintyy myös laitteen käyttöiän alussa. Uusissa laitteissa ja komponenteissa voi olla piileviä vikoja, ne voidaan asentaa väärin tai käyttöhenkilöstö voi käyttää niitä väärin, johtaen ennenaikaiseen vikaantumiseen. Teollisuudessa tunnettu ”ammekäyrä” (Kuva 2) kuvastaa tätä käyttäytymismallia. (Järviö 2000, 19.)



Kuva 2. Vikaantumisen ammekäyrä.

Ammekäyrän käsitteen vakiintumisen jälkeen on laitteiden vikaantumista tutkittu edelleen. Nykyaikaisen käsityksen mukaan erilaisia vikaantumiskäyriä on useita erilaisia. Onkin huomattu, että ammekäyrän ja muiden perinteisten vikaantumismallien yleisyys on varsin vähäistä (Kuva 3). (Liu, Li & Yan 2024, 59–60.)



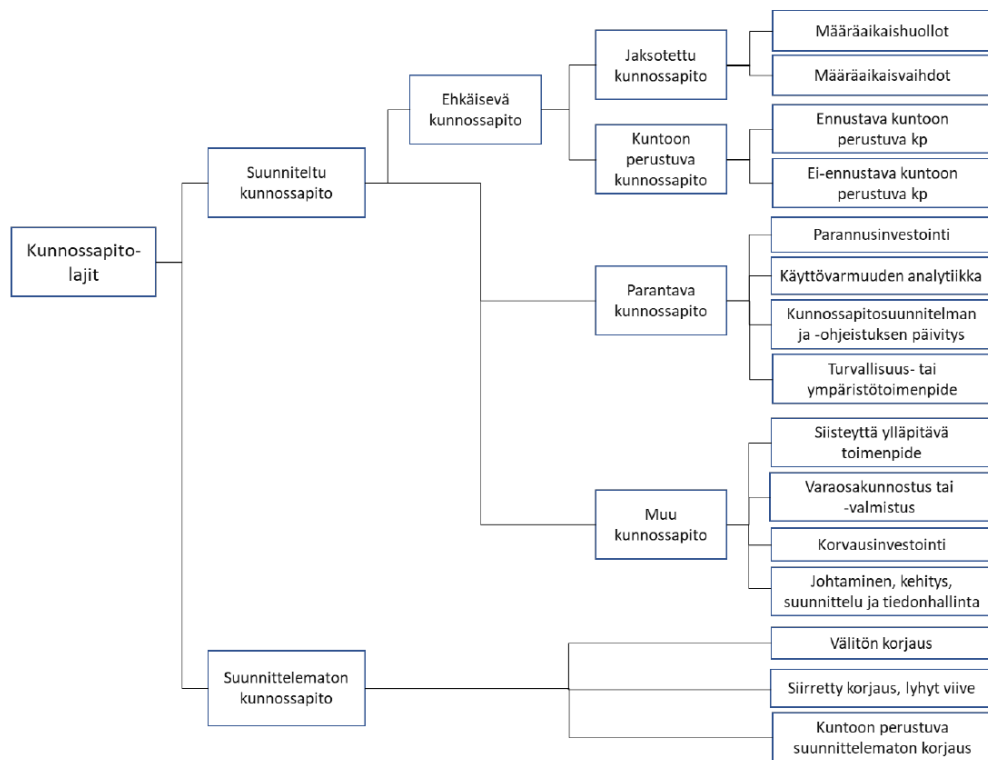
Kuva 3. Erilaisia vikaantumismalleja. Prosentit osoittavat mallien havaitun yleisyyden.

(Liu et al. 2024, 60. Suomennettu.)

Todellisuudessa komponenttien ja laitteiden vikaantuminen on hyvin monimutkaista. Oikeat vikaantumiskäyrät eivät ole oppikirjamaisia, vaan usein yhdistelmiä esitetyistä malleista. Vikaantumismallit kuitenkin perustuvat teollisuudesta kerättyyn dataan, ja niiden avulla voidaan laitteiden vikaantumista ennustaa. (Liu et al. 2024, 59–60.)

### 2.3 Kunnossapidon lajit ja suunnittelu

Kunnossapidon tarkemman analysoimisen mahdollistamiseksi on kunnossapitotoiminta jaoteltu suunniteltuun ja suunnittelemattomaan kunnossapitoon, sekä edelleen useisiin alaluokkiin. Jaottelu on standardisoitu muun muassa standardissa PSK 6201 (Kuva 4).



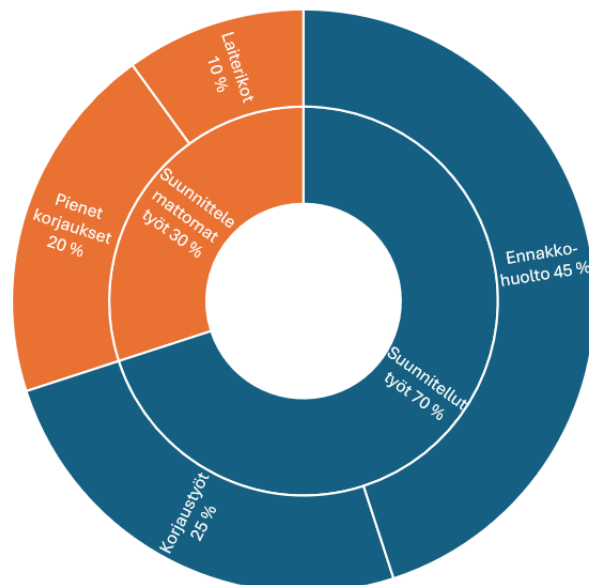
Kuva 4. Kunnossapitolajien standardisoitu luokittelu (PSK 6201 2022, 40).

Suunnittelematon kunnossapito on ei-toivottua mutta välttämätöntä. Se käsittää kaiken kunnossapitotoiminnan, jolla vastataan yllättävään, suunnittelemattomaan tarpeeseen. Tällainen tarve voi olla esimerkiksi tuotannon pysäyttävä yllättävä laiterikko. Suunnittelematon kunnossapito toteutetaan välittömästi lyhyen ajan kuluttua rikkoontumisesta. Suunnittelemattomuus ei kuitenkaan tarkoita, että tarvittavia osia tai ohjeita ei olisi saatavilla. (Duffuaa et al. 2015, 57.)

Ylenmääräistä suunnittelematonta kunnossapittoa voidaan kuvailla ”tulipalojen sammutte-  
luksi”, joka on haitallinen tilanne yrityksen koneiden luotettavuuden ja siten tuottavuuden  
kannalta (Velmurugan & Dhingra 2021, 3). Suunniteltujen kunnossapitotöiden väistyessä  
kiireellisten töiden tieltä voi kunnossapito-organisaatio ajautua kierteeseen, jossa kaikki saa-  
tavilla olevat omat resurssit kuluvat suunnittelemattomien töiden tekemiseen. Yleinen rat-  
kaisu liialliseen työmäärään on väliaikainen ulkopuolinen urakoitsijatyövoima. Suunniteltu  
kunnossapito on ennakkoon vaiheistettua ja valmisteltua. Suunniteltu työ on myös lähes aina  
aikataulutettua, vaikka poikkeukset ovat mahdollisia. Yleensä suunnitellulla työllä tarkoite-  
taankin työtä, joka on sekä suunniteltua että aikataulutettua. (PSK 6201 2022, 41.)

Tehokkaan kunnossapitosuunnittelun tavoitteena on sopiva tasapaino käytettävissä olevien resurssien ja valmiiksi suunniteltujen töiden välillä. Tarkoitus on, että tekemättömiä, mutta suunniteltuja töitä on riittävästi, ettei kunnossapidon tarvitse odottaa toimeentona, mutta ei niin paljon, että tuotanto häiriintyy, koska yllättäviin laiterikkoihin ei voida vastata riittävän nopeasti. Onnistuakseen tässä on kunnossapidon johdon osattava arvioida, kuinka monen työtunnin edestä uusia työtilauksia muodostuu tietyllä aikavälillä. Erityisen haastavaa arvioinnista tekee se, että eri työt vaativat erilaista osaamista. (Duffuaa et al. 2015, 36.)

Duffuaa et al. (2015, 58) mukaan tavoiteltavaa on, että suunnitellun työn osuus olisi n. 70 % tehdystä kunnossapitotyötunneista. Suurimman osan suunnitellusta kunnossapitotyöstä tulisi olla ennakkohuollollista työtä, joka on tehokkainta ja epäsuorien kustannuksien kannalta edullisinta. Suunniteltujen ja suunnittelemattomien töiden tavoitteellinen jakauma on esitetty alla (Kuva 5). Huomattavaa on, että ennakkohuollollisten töiden tulisi kattaa miltei puolet (45 %) kaikista töistä. Suunnittelemattomien töiden tavoiteltava määrä on huomattavasti vähäisempi, ja varsinaisiin laiterikkoihin vastaamiseen tulisi kulua vain 10 % käytössä olevasta ajasta.



Kuva 5. Suunniteltuihin ja suunnittelemattomiin kunnossapitotöihin käytettyjen työtuntien tavoiteltava suhde (Duffuaa et al. 2015, 58).

Yleisesti käytössä oleva menettely on jakaa kunnossapito ylimmältä tasolta mekaaniseen- ja sähkökunnossapitoon, joiden työnkuvat ovat lähtökohtaisesti kaukana toisistaan. Sähkötyöt myös vaativat lähtökohtaisesti tiettyjä pätevyyskriteerejä, joita ilman ei työskentely ole mahdollista. Jaottelu ei kuitenkaan toimi työnsuunnittelussa sellaisenaan, sillä myös näiden jaotte- luiden sisällä on erilaisilla taitoilla ja työnkuvilla omaavia henkilöitä. Mekatronisten laitteiden, automaation ja tiettyjen erikoislaitteiden kunnossapito sekä kunnonvalvonta vaativat omaa erityisosaamistaan, jota löytyy usein kunnossapidon henkilökunnalta vaihtelevissa määrin. Työntekijöillä voi myös olla useita eri taitoja, joka osaltaan helpottaa töiden suunnittelua. Työntekijöiden kouluttaminen uusiin taitoihin onkin, käyttökunnossapidon lisäämisen ohella, monen kunnossapitostrategian tavoite.

Tavallinen tapa suunnitella ja toteuttaa kunnossapitotöitä on työtilausjärjestelmä. Prosessi käynnistyy vikailmoituksesta, jossa vikaantumisen havaitsija kuvailee vähintään vian koh- teen ja kriittisyyden. Mahdollisimman tarkat tiedot sekä vikaantumisen laadusta, että siitä, miten vika kävi ilmi, mahdollistavat nopean vasteen vikaan. Vikailmoituksen perusteella työnsuunnittelija luo työtilauksen, joka sisältää työn suorittamiseen vaadittavat lähtötiedot. Käsiteltäessä työtilauksia osana nykyaikaista tietokoneistettua toiminnanohjausjärjestelmää, prosessia nopeuttavat automaattisesti vikailmoituksesta siirretyt tiedot kohteesta ja viasta, tiedot varaosien saatavuudesta, kohteen vikaantumishistoria ja helppo pääsy kohdetta käsit- televiin dokumentteihin. Arvioituneet ja toteutuneet kustannukset tallentuvat näin järjestel- mään, jolloin niiden kehitystä on helppo seurata. Myös työhön suunnitellut ja toteutuneet tunnit jäävät järjestelmään, jolloin työn keston arviointi on helpompaa seuraavaa vastaavaa työtä suunnitellessa. (Duffuaa et al. 2015, 58.)

Työntekijöiden taidot määrittävät minkälaisia töitä he voivat suorittaa. Työntekijöiden kou- lutus useaan eri osaamisen alaan onkin yleinen tavoite monissa kunnossapito-organisaat- ioissa töiden suunnittelun helpottamiseksi. Myös tuotanto-operaattoreiden suorittama käyt- tökunnossapito vapauttaa joustavasti lisää resursseja kunnossapidollisiin toimiin, ja on siten suositeltavaa. Joustavuus on etu, sillä ihanteellisessa tilanteessa kunnossapidon henkilökun- nalla olisi jatkuvasti sopiva määrä työtä, töitä ei olisi rästissä ja yllättäviin laiterikkoihin voitaisiin vastata välittömästi. Todellisuudessa kunnossapidon henkilöresurssit pyritään op- timoimaan siten, että rästissä on jatkuvasti tietty tuntimäärä ei-kiireellisiä töitä, ja että jatku- vasti on vapaana tai pikaisesti vapautettavissa resursseja yllättäviin tilanteisiin vastaa- miseksi. Joutilaat henkilöresurssit pyritään minimoimaan kustannussyistä siten, että

ennustettuun kunnossapitotarpeeseen pystytään juuri sopivasti vastaamaan. Laiterikkojen arvaamattomuuden takia tämä on kuitenkin mahdotonta suorittaa täydellisesti, jolloin on kunnossapidon käytettäväksi ostettava ulkopuolista työvoimaa. (Ben-Daya, Duffuaa, Raouf, Knezevic, & Ait-Kadi. 2009, 241–242.)

Kunnossapidon ”rästitöiden” optimaalisen määrän arviointi ja ylläpito on osoittautunut käytännössä hyvin vaikeaksi laiterikkojen satunnaisuuden takia (Duffuaa et al. 2015, 36). Vikaantumisteoriat perustuvat todennäköisyyksiin, jolloin suuri määrä vikaantumisia saattaa tapahtua lyhyen ajan sisällä ennakkohuoltotoimenpiteistä huolimatta. Kunnossapidon normaalien resurssien ollessa riittämättömät, kunnossapito-organisaation tarvitsee turvautua ylitöihin ja ulkopuolisten urakoitsijoiden työvoimaan. Kunnossapitokustannukset nousevat siis myös varsinaisen menetetyn tuotannon lisäksi.

Kunnonvalvonta on tärkeä osa modernia kunnossapito-organisaatiota. Kunnonvalvonta pyrkii erilaisten anturien avulla seuraamaan laitteiden kuntoa ja ennakoimaan vikaantumisia ennakoimattomien kunnossapitoseisokkien välttämiseksi. Nykyaikaiset kunnossapitostrategiat nojaavat vahvasti kunnonvalvontaan, joka on yksi suunnitellun, ennakoivan huollon kulmakivistä. Kunnonvalvonnan mahdollistama tehokas ennakoiva huolto sekä parantaa tuotettujen tuotteiden laatua ja tuotantolaitteiden käytettävyyttä että pienentää kunnossapidon työ- ja varaosakustannuksia. Etenkin paperiteollisuudessa kunnonvalvonnan avulla voidaan myös vaikuttaa tuotannon laatuun. Paperikoneissa, päällystyskoneissa, kalantereissa ja pituusleikkureissa sekä muissa laitteistoissa, joissa paperirata kulkee telojen välitse voi pienilläkin värähtelyillä olla suuri vaikutus tuotettuun paperiin. Kunnonvalvontalaitteiston avulla voidaan helpommin paikallistaa vikojen aiheuttajat, jolloin tarvittavat toimenpiteet voidaan suorittaa asian korjaamiseksi. (Leiviskä 2009, 311.)

Käytettävä värähtelymittausmetodi riippuu kohteen värähtelytaajuudesta ja mitattavasta suureesta. Valitsemalla oikea metodi on mahdollista mitata värähtelyjä nollostä hertsistä aina gigahertsiin asti. Yleisiä mitattavia suureita ovat esimerkiksi siirtymä, nopeus ja kiihtyvyys. Yleisesti mittaustulokset esitetään käyttäjälle kuitenkin taajuutena. Mittauksiin käytettäviä antureita on useita erityyppisiä, mutta yleisesti ne perustuvat jonkinlaiseen liikkeen virtapiiriin indusoimaan virtaan. Tämänkaltaiset mittauslaitteet ovat lähtökohtaisesti kosketuksissa mitattavassa kohteessa, joka voi aiheuttaa haasteita joissakin tapauksissa. Vaihtoehtoisia menetelmiä mittaamiseen ovat esimerkiksi mikrofoneihin tai lasersäteiden heijastumiseen

perustuvat mittaukset, jolloin itse tarkasteltavaan kohteeseen ei tarvitse koskea. (Mikkonen 2009, 179.)

Näiden kunnonvalvontamenetelmien lisäksi on olemassa myös muita monenlaisia menetelmiä. Kaikki tehtaan laitteiden ympäristössä työskentelevät henkilöt suorittavat yksinkertaista visuaalista kunnonvalvontaa tarkkailemalla laitteiden kuntoa aistinvaraisesti. Yleensä kunnonvalvonnalla tarkoitetaan kuitenkin varta vasten kunnonvalvontaosaston suorittamia mittauksia ja analyysyjä. Mittaukset voivat olla joko online-mittauksia, jolloin mittauksista saatava data on välittömästi käytettävissä. Esimerkiksi useimpien tärkeiden kohteiden värähtelymittaukset ovat online-mittauksia, joiden data on välittömästi hyödynnettävissä analysointiin eikä sitä tarvitse erikseen käydä mittaamassa koneen luota. Offline-mittaukset vaativat erillisiä toimia mittausten lisäksi, jolloin viive mittauksesta datan hyödyntämiseen voi olla minuutteja, tunteja tai jopa päiviä. Öljyanalyysi on yleinen esimerkki offline-mittauksesta.

#### 2.4 Kunnossapidon kustannukset

Kunnossapitoon liittyvät kustannukset voidaan jaotella suoriksi ja epäsuoriksi kunnossapitokustannuksiksi. Suorat kustannukset käsittävät varsinaisen kunnossapitotoiminnan kustannukset, kuten kunnossapitotyön ja varaosat, kun taas epäsuorat kustannukset aiheutuvat kunnossapitotöiden seurauksena (Faccio, Persona, Sgarbossa, & Zanin 2014, 86). Suurin kunnossapitotöiden aiheuttama epäsuora kustannus on aika, jolloin tuotantolaitteisto ei ole saatavilla johtaen tuotannonmenetyksiin. Kunnossapitotyöt voivat myös estää tuotanto-operaattorien työskentelyn. Jos joutenoloaikana ei pystytä järjestämään muita töitä joko aikaistamalla esimerkiksi tarkistus- ja siivoustöitä, voivat operaattorit joutua olemaan täysin jouten kunnossapitoseisokin ajan. Voidaankin yleensä sanoa, että suunnittelemattoman kunnossapidon kustannukset ovat kokonaisuudessaan suuremmat, kuin suunnitellun, ennakkohuollollisen kunnossapidon. (PSK 6201 2022, 41–42.)

Suunnittelemattomat kunnossapidolliset seisokit, jotka johtuvat laitteiden ennakoimattomasta vikaantumisesta, ovat omiaan aiheuttamaan suorien kunnossapitokustannusten lisäksi paljon epäsuoria kustannuksia. Suunnitellussa kunnossapitoseisokissa voidaan tuotantoprosessia rytmittää siten, että vaikutukset koko tuotantolaitokseen ovat minimaalisia. Tuotanto voidaan esimerkiksi järjestellä siten, että huollettavan kohteen seisokista huolimatta voidaan

tuotanto ohjata muiden vastaavien laitteiden kautta, jolloin kunnossapitotoiminnalla ei ole vaikutusta tuotannon tehokkuuteen tai se jää hyvin vähäiseksi. Jos taas tuotanto ei ole mahdollista ilman huollettavaa laitetta, voidaan tuotanto turvata kunnossapitoseisokin ajaksi tuottamalla tarvittava määrä puolivalmista tuotetta huollettavasta laitteesta varastoon, jolloin tuotanto ei häiriinny.

Mikäli muut järjestelyt eivät ole mahdollisia, tehokkain menettely on pysäyttää koko tuotantolaitos tai kaikki alueen tuotantoon vaadittavat laitteet määrätynä ajankohtana kunnossapitoseisokkiin. Näin seisokki voidaan toteuttaa mahdollisimman suunnitelmallisesti ja kokonaisvaltaisesti, ja vaikutukset tuotantoon voidaan minimoida. Kääntöpuolena tämän kaltaiset suuret seisokit vaativat kuitenkin usein suuren määrän ylitöitä olemassa olevalta henkilökunnalta ja ulkopuolisia resursseja, jolloin kunnossapidon suorat kustannukset lisääntyvät huomattavasti. Myös suunnittelun vaatimukset kasvavat, kun suuren työmäärän tekemiseen on varattu tarkasti rajattu aika, ja mahdolliset viivästykset voivat vaikuttaa kertautuvasti seuraaviin työvaiheisiin. Suuri määrä eri urakoitsijoiden työntekijöitä työskentelemässä samalla alueella lisäävät myös vahinkojen ja tapaturmien määrää.

Suunnittelemattomista seisokeista aiheutuvat kunnossapitotyöt voivat myös olla yleisesti riskialttiimpia turvallisuuskulmasta. Yllättävä laiterikko voi aiheuttaa tuotantotilanteen mukaan suuren aikapaineen, jonka seurauksena saattaa nopea, turvallisuussääntöjä rikkova toimenpide tilanteen ratkaisemiseksi vaikuttaa houkuttelevalta. Vaikkei kunnossapitotyölle olisi varsinaista kiirettä, työnsuunnitteluun kuuluva vaarojen arviointi jää väistämättä vähemmäksi suunnittelemattomassa kunnossapidossa. On siis selvää, että vakavienkin työtapaturmien riski kasvaa yllätyksellisiä kunnossapitotöitä tehdessä.

Suunnittelematon vikaantuminen voi myös aiheuttaa ylimääräistä vahinkoa ja laitteistosta riippuen rikkoa laajaltikin ympäröiviä kohteita. Etenkin paperiteollisuudessa korkeilla nopeuksilla pyörivät suuret massat ovat verrattaen yleisiä, jolloin laajemmat tuhot voivat olla mahdollisia. Myös vakavat tapaturmat voivat olla mahdollisia tällaisessa tilanteessa suojarakenteista ja rajatuista alueista huolimatta.

## 2.5 Kunnossapidon tunnuslukuja

Kunnossapidon kehittämiseksi on kehitetty tunnuslukuja objektiivisiksi laadun mittareiksi. Tunnuslukujen avulla on mahdollista arvioida luotettavasti kunnossapitotoiminnan nykytilaa ja eri aikavälien kehitystä. Pääasialliset lähteet työssä käytetyille kunnossapidon tunnusluville ovat standardit PSK 6201 ja PSK 7501.

Tunnusluvut on kehitetty mahdollistamaan tuotantolaitosten ja koneiden suorituskyvyn arviointia numeerisesti; tunnusluvut siis esittävät jonkin oleellisen tiedon tai yhdistelevät useaa erilaista tietoa yhdeksi helposti tulkittavaksi numeroksi. Tunnuslukuja voidaan luoda ja yhdistellä olemassa olevista tunnusluvuista kunkin toimijan tarpeiden mukaisesti. Erilaiset tunnuslukujen trendit ovat hyödyllisiä yrityksen nykytilan ja kehityksen arvioimisessa. Myös erilaisten laitosten vertaileminen on mahdollista samoja tunnuslukuja käyttämällä. Perusvaatimus tunnuslukujen käytölle ja analysoimiselle on luotettava data. (PSK 7051 2024, 3–4.)

Kunnossapidon kustannukset ovat sellaisinaan oleellinen tunnusluku. Kunnossapidon kustannuksien minimointi onkin etenkin perinteisesti ollut tavallinen tavoite kunnossapitoorganisaatiolle. Yleinen näkemys kunnossapidon tarkoituksesta on tänä päivänä moninaisempi, mutta kustannukset ovat edelleen tärkeässä roolissa. Etenkin vähäisen tuotannon aikoina nousee kunnossapidon kustannusten hillitseminen tärkeäksi teemaksi yrityksen kannattavuuden turvaamiseksi. Kunnossapitokustannuksia kuvataan yksinkertaisesti tiettyinä aikavälinä käytettynä rahana. Kustannuksia voidaan kuitenkin kohdentaa myös tarkemmin esimerkiksi henkilöstö- tai varaosakustannuksiksi.

Käyntiaste (U) on tunnusluku, joka kuvaa käyttötuntien (Ta) suhdetta kuluneeseen todelliseen kokonaisaikaan (T). Termin käyttö saattaa aiheuttaa hämmennystä, sillä paperiteollisuuden ulkopuolella tätä tunnuslukua kutsutaan käyttöasteeksi. Standardinmukainen käyntiaste on hyvä työkalu laitteiden kulumisen arvioimiseen. Se lasketaan jakamalla tunnit, jolloin kone tekee tuotantoa kuluneella kokonaisajalla. Paperiteollisuudessa ja tässä tutkimuksessa käytettävässä käyntiasteen määritelmässä käyntiasteen laskennassa käytettäviin käyttötunteihin kuuluu paljon aikaa, jolloin kone on itse asiassa pysähdyksissä. Tarkasteltaviin käyttötunteihin sisältyvät siis koneen käyntiajan lisäksi suunnitellut kunnossapidollisista syistä pidetyt seisokit. Myös tavanomaiseen tuotantoon liittyvät mahdolliset laitteiden pysäytykset lasketaan käyttötunteihin. Ulkoisista tekijöistä, kuten raaka-aineiden puutteesta,

markkinoiden tilanteesta tai työmarkkinoiden häiriöstä johtuvia seisokkeja ei lasketa käytötunneiksi. Käyntiasteen laskenta on kuvattu alla olevassa kaavassa (PSK 6201 2022, 5):

$$U = \frac{T_a}{T} * 100\% \quad (1)$$

Näin määritelty käyntiaste on oleellinen tunnusluku sekä tuotannollisesta että kunnossapidollisesta näkökulmasta. Sen avulla ei voida yhtä välittömästi mitata erillisten komponenttien kulumista, mutta se antaa yleiskuvan tehtaan toiminnan tilasta.

Tuotannon kokonaistehokkuus, eli KNL on eräs tärkeimmistä ja laajimmin käytössä olevista tunnusluvuista. Sen avulla voidaan yhdistää tarkasteltavan kohteen käyttö, ja tuotanto yhdeksi luvuksi. Tämä mahdollistaa kohteiden keskinäisen vertailun ja yksinkertaistaa kokonaiskuvan pitkäjänteistä seuranta. KNL muodostetaan kertomalla yhteen tarkasteltavan kohteen käytettävyys (K), toiminta-aste (N) ja laatukerroin (L).

Käytettävyyskerroin kuvastaa tarkasteltavan kohteen käyntiajan suhdetta kuluneeseen kokonaisaikaan. Se lasketaan jakamalla toteutunut käyntiaika kokonaisajalla, joka koostuu käyntiajasta ja muusta eli seisokkiajasta. Käytettävyyskerroimen laskenta on kuvattu alla olevassa kaavassa (PSK 7501 2024, 6):

$$K = \frac{\text{Käyntiaika}}{\text{Käyntiaika} + \text{Seisokkiaika}} \quad (2)$$

Toiminta-aste kuvaa toteutuneen tuotannon suhdetta kohteen suunniteltuun nimellistuotantokykyyn. Sen laskenta on kuvattu alla olevassa kaavassa (PSK 7501 2024, 7):

$$N = \frac{\text{Tuotanto}}{\text{Nimellistuotantokyky} * \text{Käyntiaika}} \quad (3)$$

Laatukerroin lasketaan hyväksyttävän laatutason täyttävän tuotannon suhteena kaikkeen tuotantoon. Suuri hylyn määrä siis laskee laatukerrointa. Sen laskenta on kuvattu alla olevassa kaavassa (PSK 7501 2024, 7):

$$L = \frac{\text{Tuotanto-Hylätty tuotanto}}{\text{Tuotanto}} \quad (4)$$

Keskimääräinen vikaväli eli MTBF (Mean Time Before Failure) on yksinkertainen tunnusluku, joka kuvaa keskimääräistä aikaa, joka kuluu häiriöiden välillä. Se lasketaan jakamalla kulunut kokonaisaika toteutuneiden häiriöiden lukumäärällä. Sen laskenta on kuvattu alla olevassa kaavassa (PSK 7501 2024, 9):

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Kulunut kokonaisaika}}{\text{Häiriöiden lukumäärä}} \quad (5)$$

Ennakoivan ja suunnitellun kunnossapidon osuutta kaikesta kunnossapitotoiminnasta voidaan mitata vertaamalla työtilauksissa toteutuneiden työtuntien määriä. Käytännössä tarkkojen tuntimäärien käyttäminen voi olla haasteellista. Tietokoneellinen toiminnanohjausjärjestelmä on ehdoton vaatimus töihin käytettyjen tuntien analysoimiseen. Vaikka kyseisenlainen järjestelmä olisikin olemassa, voi toteutuneiden työtuntien käsittely hyödylliseksi dataksi olla mahdotonta, jos tunteja ei ole eritelty työn laadun mukaan. On myös luotettava, että toteutuneet työtunnit on alun perin kirjattu oikein järjestelmään. Vaihtoehtoisesti voidaan tarkastella toteutuneiden työtilausten määriä, joskaan silloin ei voida päätellä miten paljon työtä on todellisuudessa tapahtunut. Työtilaukseen sisältynyt työaika on voinut olla mitä vain tunnista satoihin miestyötunteihin. Jos kustannukset ovat järjestelmässä helposti saatavilla työtilauksittain, voidaan niitä hyödyntää tässä vertailussa. Edellytyksenä on, että tallennetut kustannukset sisältävät esimerkiksi työtunnit ja käytetyt varaosat. Suunnittelemattomien vikaantumisien epäsuorien kustannuksien, kuten tuotannon menetyksien puuttuminen, voi olla kuitenkin vertailun heikkous.

## 2.6 Kunnossapitostrategioita

Kunnossapitostrategiat pyrkivät yhdistämään hyväksi havaittuja menetelmiä helpommin sovellettaviksi kokonaisuuksiksi. Tärkein painotus on useimmiten järjestelmällisyyden parantamisella ja tuotantohenkilökunnan osallistamisella kunnossapitotoimintaan eri asteilla.

### 2.6.1 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito (Reliability Centered Maintenance)

RCM tarkoittaa suomennettuna luotettavuuskeskeistä kunnossapitoa. Sen lähtöajatuksena on analyyttinen malli, jossa tutkittavaa järjestelmää pyritään tarkastelemaan objektiivisesti määrittämällä sen rajat, toiminnot, toiminnot mahdollistavat kohteet ja kehittämään näistä perusteista mahdollisimman ennakoiva kunnossapito-ohjelma. RCM:n juuret ovat ilmailualalla, jossa odottamattomat vikaantumiset voivat olla erityisen haitallisia. Myöhemmin RCM on levinnyt ydinvoimateollisuuden kautta muihinkin teollisuudenaloihin, joissa kunnossapitoa halutaan järjestelmällisesti kehittää. (Järviö 2000, 16–19.)

Kustannusten optimointi on myös oleellinen osa RCM-filosofiaa. Tarkasteltavien kohteiden järjestelmällinen analysointi menetelmän filosofian mukaisesti ehkäisee suunnittelemaasta säännöllisesti toistuvia liiallisia aikataulutettuja kunnossapitotyitä. RCM kannustaakin suunnittelemaan säännölliset ja kuntoon perustuvat kunnossapitotyöt siten, etteivät niiden aiheuttamat kustannukset ole suuremmat kuin yllättävän laiterikon suunnittelemttomasta kunnossapidosta aiheutuvat. (Duffuaa et al. 2015, 246–247.)

RCM-prosessi alkaa soveltuvan ryhmän muodostamisella. Ryhmän johtajalla on tärkeä rooli RCM-prosessin oikeassa toteutuksessa, ja hänen tulisikin olla aiheen asiantuntija. Ryhmän muiden jäsenten tulisi olla tarkasteltavana olevan kokonaisuuden kanssa aktiivisesti työskenteleviä henkilöitä, jotka tuntevat sen prosessit. Ryhmässä tulisi olla edustusta sekä tuotannosta että kunnossapidosta työntekijä- ja toimihenkilötasolta. Myös ulkopuolisia asiantuntijoita voidaan hyödyntää tarpeen mukaan. (Järviö 2000, 20–22.)

Tutkittavan kohteen tarkastelu suoritetaan järjestelmällisesti. Perusta myöhemmälle analyysille on rajatun kohteen päätoimintojen tunnistaminen. Kun toiminnot ovat tunnistettuja, voidaan niiden mahdolliset vikaantumisen tavat selvittää. Seuraavaksi on tärkeä selkeyttää, mistä vikaantuminen johtuu, ja mitä se konkreettisesti aiheuttaa tarkasteltavan kohteen ja

muun tuotantolinjan kannalta. Tämä on tulevien analyysin perusteelta kehitettävien kunnossapitostrategioiden kannalta erittäin oleellista. Lopuksi on listattava aktiivisia toimia, joita tulisi suorittaa tunnistettujen vikaantumistapojen estämiseksi ja vaihtoehtoisia toimintamalleja, jos ennaltaehkäiseviä toimia ei pystytä tarpeeksi tunnistamaan. (Leiviskä 2009, 316.)

Menetelmän etuja ovat sen sinällään yksinkertaiset vaiheet, joiden toteuttamiseen on saatavilla yksiselitteisiä ohjeita. Menetelmä sitouttaa ja luo puitteet tarkasteltavan kohteen kanssa työskentelevien henkilöiden yhteistyölle. Kohteiden järjestelmällinen tarkastelu ja etenkin luotu selkeä dokumentaatio edesauttavat tiedonvaihdossa ryhmän jäsenten välillä ja mahdollistaa opitun ”hiljaisen tiedon” virallistamisen kunnossapito- ja tuotantotoiminnan hyväksi.

Vaikeudet RCM-menetelmän soveltamisesta kumpuavat useimmiten joko tarkasteluvaiheen epätäydellisestä suorittamisesta tai luodun suunnitelman toteuttamatta jättämisestä. Prosessi saatetaan kokea liian vaivalloisena, jolloin toteutukseen ei sitouduta riittävällä tarmolla. Tämä on johtanut kevyempien RCM-versioiden julkaisemiseen, jotka pyrkivät puhtaalta pöydältä aloittavan RCM-prosessin sijaan muokkaamaan olemassa olevia kunnossapitoprosesseja. Vaarana kevennyksessä prosessissa on kuitenkin helpomman prosessin mahdollistamat virheet ja huomiotta jääneet vikaantumistyytit. (Duffuaa et al. 2015, 257.)

Kriittisyysanalyysi on eräs työkalu, jonka avulla RCM-prosessin läpivientiä voidaan helpottaa jo olemassa oleville teollisuuslaitoksille (Mikkonen 2009, 78). Tarkasteltavat kohteet jaotellaan eri tasoille sen mukaan, miten kriittisiä ne ovat tuotannolle ja turvallisuudelle. Tietyn kriittisyystason alle jäävät kohteet voidaan jättää tarkastelun ulkopuolelle RCM-prosessin keventämiseksi tai ne voidaan huomioida muilla tavoilla.

## 2.6.2 Tuottava kunnossapito (Total Productive Maintenance)

TPM eli Total Productive Maintenance on alun perin Japanista kotoisin oleva strategia, joka painottaa koko tehtaan henkilöstön sitoutumista kunnossapidon tehostamiseen. Termi suomenetaan tavallisesti ”tuottavaksi kunnossapidoksi”, joka kuvaa hyvin tapaa, jolla TPM pyrkii tuomaan kunnossapidon lähemmäs tuotanto-organisaatiota. Verrattuna RCM-menetelmään TPM on laajempi kokonaisuus, joka painottaa laajempialaista kulttuurin ja käytäntöjen muutosta koko organisaatiossa kaikilla tasoilla. Menetelmää on kuvailtu myös filosofiksi sen yrityksen jokaisen tason läpäisevän vaikutuksen takia. Avainkäsitteitä ovat muun

muassa koko henkilöstön sitouttaminen itsenäisten pienryhmien toimintaan, hävikkien minimoiminen, jatkuva kehitys ja yleinen siisteys ja järjestys. (Mikkonen 2009, 81–83.)

TPM on läheistä sukua Total Quality Management -menetelmälle. Ero kahden välillä piilee siinä, että hävikkien minimoimiseksi TPM keskittyy tuotantolaitteiden kuntoon, kun taas TQM liittyy enemmän itse tuotantoprosessiin ja tuotteisiin (Leiviskä 2009, 313). Tuotantolaitteiden kunnosta pyritäänkin TPM-strategioissa siirtämään vastuuta kunnossapidolta tuotanto-organisaatiolle. Käyttökunnossapito (KKP) on avainasemassa kunnossapidon tehostamisessa. Tuotantohenkilökunnan odotetaan ottavan vastuun tarkastuksien ja joidenkin yksinkertaisten, pienten kunnossapitotöiden suorittamisesta. Tämä ei tarkoita, että kunnossapidon kaikki työt siirretään tuotantohenkilökunnalle, vaan tarkoituksena on vapauttaa kunnossapidon resursseja vaativimpiin töihin, lisätä tuotannon ymmärrystä omista laitteistaan ja tehostaa kunnonvalvontaa.

Keskeisessä osassa TPM-filosofiassa on kuusi erityyppistä hävikkiä, joiden minimoimiseen tulisi kaikessa toiminnassa pyrkiä. Hävikit ovat alkuperäinen perusta KNL-tunnusluvun laskentaan, joka onkin alun perin kehitetty juuri TPM-menetelmän yhteydessä. Vastaavuudet on esitetty

Taulukko 1.

Taulukko 1. TPM & KNL kategorioiden vastaavuudet.

Hävikki	KNL
Laiterikot	Käytettävyys
Asetusajat ja säätäminen	
Tuotantokatkot	Toiminta-aste (Nopeus)
Alinopeus	
Käynnistykseen liittyvä hylky	Laatu
Viallinen tuotanto	

Tuottavan kunnossapidon integroiminen osaksi yrityksen toimintakulttuuria vaatii useamman vuoden mittaisen työn ja yritysjohtosta lähtevän prosessin. Koko organisaatio on ohjattava hallitusti omaksumaan uudet toimintatavat, jotka tulevat aiheuttamaan

muutosvastarintaa. Etenkin tuotannon operaattoreiden suorittaman käyttökunnossapidon lisääntymisen on huomattu olevan usein haastavin osa TPM-prosessia (Mikkonen 2009, 85). Tästä huolimatta ovat vuosikymmenten saatossa onnistuneet TPM-strategian käyttöönotot eri teollisuudenaloilla vakiinnuttaneet sen erääksi tärkeimmistä yleisesti käytössä olevista korkean tason kunnossapitostrategioista. (Díaz-Reza, García-Alcaraz & Martínez-Loya 2019, 319.)

## 2.7 Tuotanto-omaisuuden hallinta ja UPM kunnossapitostrategia

Esiteltyjen RCM- ja TPM-menetelmät pyrkivät molemmat pohjimmiltaan samaan lopputulemaan, eli kunnossapidon tehostamiseen ja kulujen minimoimiseen. Ne kuitenkin kohdistuvat periaatteellisesti eri tasoille toteutuksessaan. RCM voi suppeimmillaan olla yhden laitteen analysoimiseen käytettävä menetelmä, vaikkakin useimmiten tarkasteltavat kokonaisuudet ovat laajempia. Menetelmä on lähtökohdiltaan laite- ja tekniikkakeskeinen, ja koostuu useista hyväksi havaituista käytännöistä, joita myös osittain hyödyntämällä voidaan päätyä tyydyttäviin lopputuloksiin (Leiviskä 2009, 267). TPM puolestaan keskittyy menetelmänä laajempiin organisationaalsiin toimintatapojen muutoksiin. Avainasemassa ovat tällöin henkilöiden sitoutuminen tehokkaampiin kunnossapitomenetelmiin jokaisella yrityksen tasolla.

Tuotanto-omaisuuden hallintaa käsittelevä standardi ISO-SFS 55000 (2024) määrittelee tuotanto-omaisuuden hallinnan olevan organisaation koordinoituna toimintaa arvon tuottamiseksi tuotanto-omaisuudesta. Kyseessä on kokonaisvaltainen korkean tason lähestymistapa, jonka avulla pyritään hallitsemaan yrityksen erityyppisiä omistuksia siten, että ne tuottavat arvoa mahdollisimman tehokkaasti. Kunnossapito on oleellinen osa nykyaikaista tuotanto-omaisuuden hallintaa, jossa omaisuutta tarkastellaan sen koko elinkaaren ajalta hankkimisesta romutukseen.

UPM Communication Papers Oy:llä on oma vuonna 2021 päivitetty tuotanto-omaisuuden hallintastrategia (UPM, 2021). Strategia määrittelee tuotanto- kunnossapito- ja osto-organisaatioiden toimintaympäristön ja toimintamallit. Tapaturmien ehkäisy, tietoon perustuva päätöksenteko ja kustannustehokkuus ovat erikseen mainittuja tavoitteita koko organisaatiolle. Kunnossapito-organisaatiossa tavoitteisiin pyritään pääsemään lisäämällä käyttökunnossapidon määrää, hyödyntämällä sisäisiä resursseja tehokkaammin ja seuraamalla

oleellisia tunnuslukuja ja selvittämällä syyt, jos tavoitteisiin ei päästä. Strategia määrittelee käytettävyyden ja kustannukset kunnossapidon tärkeimmiksi mittareiksi.

Tuotanto-omaisuuden hallintastrategia on laaja, korkean tarkastelutason kokonaisuus, jonka toteuttamiseen sisältyy tarkemmin kohdistettujen menetelmien hyödyntäminen. Esimerkiksi käyttökunnossapidon lisääminen ja tunnusluvut ovat TPM-toiminnassa keskeisiä, ja RCM-prosessin hyväksi käyttäminen laitteistoille ja tuotantolinjoille on erikseen mainittuna tuotantoprosessin kehittämiskeinona.

## 2.8 Informaatioteknologia kunnossapidossa

Tietojenkäsittely on aina ollut tavalla tai toisella osa kunnossapitotoimintaa, mutta tietokoneiden yleistymisestä lähtien sen merkitys on kasvanut eksponentiaalisesti vuosikymmenestä toiseen. Etenkin internet on mahdollistanut suurien datamäärien kokoamisen ja käsittelyn tavalla, joka on muuttanut teollisia toimintamalleja perustavanlaatuisesti. Suuret tietomäärät ovat mahdollistaneet tuotannon ja samalla kunnossapidon tehokkuuden jatkuvan kasvun ja toiminnan optimoinnin. Tästä tosiasiasta seuraa se, että yritykset ja organisaatiot, jotka eivät panosta informaatioteknologiaan riittävästi jäävät väistämättä jälkeen kilpailukyvyssä. Kiristynyt maailmanlaajuinen kilpailu ja etenkin paperiteollisuutta koskettava heikko kysyntä pakottavat alan toimijat panostamaan myös informaatioteknologiaan.

Teollinen tietojenkäsittely ja internet ovat olleet jatkuvassa kehityksessä niiden koko olemassaolon ajan. Suuria tietomääriä pystytään tallentamaan, lukemaan ja yhdistelemään yhä tehokkaammin, jolloin voidaan teollisen tuotannon ja myös kunnossapidon johtamisessa tehdä parempia, tietoon perustuvia päätöksiä entistä nopeammin. Erilaiset tuotannonohjausjärjestelmät (ERP) ovat tuotantolaitostasolla käytössä olevia järjestelmiä, jotka yhdistävät muun muassa tuotannon, kunnossapidon, henkilöstöhallinnan ja logistiikan yhdeksi kokonaisuudeksi. Toiminnanohjausjärjestelmien avulla tietoa voidaan tallentaa helposti, tarkasti ja etenkin automaattisesti. Näin kerätyn tiedon luotettavuus on käsin kerättyä tietoa parempaa ja uutta, tuoretta tietoa saadaan jatkuvasti. Monentyyppinen tieto on myös jatkuvasti saatavilla yhdestä paikasta, jolloin tuotantolaitoksen kokonaistilanteen arvioiminen helpottuu. Tämänlaisen tiedon ”siiloutumisen” murtaminen lisää myös eri osastojen välistä yhteistyötä. (Sarferaz 2024, 2–5.)

Eri valmistajien toiminnanohjausjärjestelmät ovat kaikki omanlaisiansa, eikä ole olemassa yhtä kuvausta siitä, mitä toiminnanohjausjärjestelmän tulisi käsittää. Yksi merkittävä yhteneväisyys on kuitenkin se, että järjestelmät eivät ole rajattuja mihinkään yksittäiseen toiminta-alueeseen, vaan ne ovat kokonaisvaltaisia ratkaisuja, jotka sitovat yhteen liiketoiminnan eri osa-alueita (Sarferaz 2024, 27). Kunnossapidon kannalta oleellisia tavanomaisia piirteitä ovat muun muassa työtilausten luominen ja käsittely, toimintopaikkojen ja laitteiden järjestelty listaus, varaosavarastojen hallinta ja kunnossapidon kustannusten arviointi. Myös laitteiston dokumentaation ja huoltohistorian säilöminen yhdessä paikassa helpottaa kunnossapidon suunnittelua huomattavasti. Uudemmat toiminnanohjausjärjestelmät myös analysoivat niihin tallennettua dataa. Uusimmat ERP-ohjelmistot kilpailevat yhä kasvavien datamäärien maailmassa tehokkaammilla analytiikkatyökaluilla. Suurten datamäärien käsittelyyn on alettu käyttämään myös koneoppimiseen pohjautuvia ratkaisuja.

Industry 4.0 on termi, jolla on pyritty kuvaamaan informaation kasvavaa merkitystä teollisuuden toiminnassa, verraten sitä aikaisempiin teollisiksi vallankumouksiksi jälkeensä nimettyihin suuriin kehitysaskeliin. Industry 4.0 -konseptin ytimessä on niin kutsuttu Industrial Internet of Things (IIoT), jossa koneet ja laitteet pystyvät kommunikoimaan keskenään saumattomasti internetin välityksellä. Informaation keräämisen ja välittämisen mahdollistavat sensorit, järjestelmällinen datan keräys ja yhteensopivat koneiden väliset protokollat. Kaikkien laitteiden pystyessä kommunikoimaan toistensa kesken internetin välityksellä, on myös data helposti saatavilla laaja-alaisesti organisaation sisällä tietoon perustuvien päätösten tueksi. (Kalpakjian & Schmid 2023, 1970–1972.)

IIoT:n tuottaman suuren datamäärän analysoimiseksi on tietojenkäsittelyssä alettu hyödyntämään erilaisia tekoälyyn pohjautuvia ratkaisuja. Teko- tai keinoälyiksi kutsutaan ohjelmistoja, jotka yleensä erilaisia neuroverkkoteknologioita hyödyntäen simuloivat ihmisaivojen ongelmanratkaisukykyä tietokoneessa. Tekoäly pystyy käsittelemään ja yhdistelemään dataa tavoilla, jotka eivät ole perinteisille ohjelmille mahdollisia. Yksinkertaisimmillaan kunnossapidossa mahdollisesti hyödylliset menetelmät perustuvat koneoppimiseen, jossa luotua tietokonemallia ”opetetaan” tunnistamaan haluttuja asioita suuresta datamäärästä. Tätä toimintaa kutsutaan hahmontunnistukseksi, ja sen kehittäminen on koneoppimisen ja tekoälykehityksen keskiössä. Hahmontunnistus on ihmisille luontaisesti hyvin helppoa, mutta tietokoneille se on perinteisesti ollut erittäin vaikeaa. Koneoppimismallien koulutus on hyvin monimutkaista, mutta käytännössä kehitettävälle mallille esitetään dataa, josta sen on tehtävä

johtopäätöksiä. Koneoppimismalleille tehdään satunnaisia muutoksia ja sille syötetään lisää dataa. Mallin säätöjä ja testaamista toistetaan, kunnes se tuottaa toivotunlaisia tuloksia. (Liu et al. 2024, 246–251).

Toiminnanohjausjärjestelmissä tekoälypohjaisia ratkaisuja hyödynnetään esimerkiksi ennakoinnin tukena, mutta myös muilla teollisuuden osa-alueilla kuin kunnossapidossa. Esimerkiksi tuotannon ja henkilöstön optimoinnissa voidaan hyödyntää tekoälyä. Näihin käyttötarkoituksiin tarvitaan suuret määrät luotettavaa dataa. Tekoälyjärjestelmät ovatkin pohjimmiltaan datankäsittelytyökaluja. Niiden avulla voidaan suuret datamäärät tiivistää muotoon, jonka avulla tuotantolaitoksen henkilöstö voi nopeuttaa päätöksentekoaan.

### 3 PK8-linjan pituusleikkureiden kunnossapito

Paperitehtaan tuotanto ja kunnossapito on jaoteltu linjaorganisaatioihin. Paperikone 8:n linja käsittää varsinaisen paperikoneen, välirullaimet, paperin päällystyskoneen, matta- ja superkalanterit, pituusleikkurit ja rullapakkauksen. Myös tuotteiden kuljettamiseen käytettävät ratkaisut kuuluvat linjaorganisaatioon, tarkoittaen konerullien siirtoon käytettäviä vaunuja ja rullia pituusleikkureilta pakkaukseen kuljettavaa vaunukuljetinta. Paperikone 8 on valmistunut vuonna 1983, ja se on uusittu perusteellisesti vuonna 2001. Samaan aikaan rakennettiin erilliseen halliin paperin päällystyskone C3. PK8 nimellinen maksimi ratanopeus on 1600 m/min ja päällystyskone C3 2200 m/min. Koneiden rataleveys on 8,5 m.

PK8 linjalla valmistetaan erillisen päällystyskoneen avulla päällystettyä hienopaperia (WFC). Hienopaperi valmistetaan kemiallisesta sellusta sellutehtaassa, jonka valmistuksessa käytetään puusta vain selluloosaa. Sellun valmistuksessa puuhakkeesta erotellaan kuidut yhteen sitova ligniini lipeän avulla. Puhtaan sellun käyttö paperin raaka-aineena tuo monia etuja kuten lujuuden, joka mahdollistaa paperikoneille suuremmat ajonopeudet mekaaniseen massaan verrattuna. Hienopaperi on myös puhtaan valkoisena ideaali pohja korkeatasoisille väripainatuksille ja kellastumattomana myös arkistointikelpoista. PK8-linjalla valmistettava hienopaperi voidaan myös päällystää, jolloin tuotteena on erittäin vaativaan painatukseen käytettävää WFC-paperi. (KnowPap 2021).

Kun paperi on ajettu paperikoneen jälkeen lopulliseen muotoonsa tarvittavien prosessien, kuten välirullauksen, päällystyskoneen ja kalanteroinnin jälkeen, on se leikattava asiakasrulliksi. Tähän pisteeseen asti on paperi ollut käärittynä konerullaksi tampuuritelan ympärillä, johon se on rullattu paperikoneen kiinnirullaimessa. Pituusleikkauksen jälkeen tyhjät tampuuritelat kuljetetaan takaisin paperikoneelle, jossa ne aloittavat kiertonsa alusta. Keskeytykset missä tahansa prosessin vaiheessa voivat aiheuttaa tilanteen, jossa täysiä tampuuriteloja ei keretä purkamaan tarpeeksi nopeasti. Jos tyhjät tampuuritelat loppuvat paperikoneelta on kyseessä niin sanotusti rautapulaksi kutsuttu tilanne, joka tarkoittaa pahimmassa tapauksessa paperikoneen alasajoa ja tuotannon pysäyttämistä. (KnowPap 2021).

PK8-linjalla tampuuriteloja kuljetetaan paperikoneelta päällystyskonehalliin ja hallin sisällä erityisillä tampuurivaunuilla (Kuva 6). Vaunut kykenevät kuljettamaan kymmenien tonnien

painoiset täydet tampoirit kiskoja pitkin prosessin seuraavaan vaiheeseen ja ne ovatkin oleellisia tehtaan tuotannon sujuvuuden kannalta. Etenkin tuotantohallien välillä kulkeva tampoirivaunu on prosessin kannalta erittäin kriittinen, sillä sitä ei voida rikkoutumisen ajaksi korvata millään muulla siirtomenetelmällä. Päälystyslaitoksen sisäiset siirrot voidaan suorittaa myös hallin nostureiden avulla, jos vaunut ovat rikkoutuneet. Laitteiden kriittisyyden takia niiden tarkistuksiin ja ennakkohuoltoon on kiinnitetty erityistä huomiota. Hallien välillä kulkevan vaunun rikkoontuminen voi aiheuttaa tyhjien tampoiritelojen loppumisesta johtuvan koneen alasajon lisäksi myös tuotannon keskeytymisen päälystyslaitoshallin laitteissa.



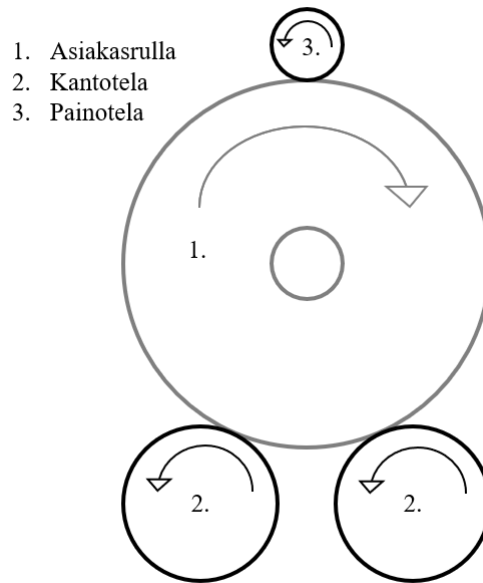
Kuva 6. Tampoirivaunu kuljettamassa konerullaa.

Paperikoneen suunnittelematon pysäytys ja käynnistys on aikaa vievä toimenpide, joka sotkee tarkasti suunnitellun tuotannon ja maksaa huomattavia summia. Tästä syystä on tuotanto- ja kunnossapito-organisaatioiden huolehdittava, että yllättävät laiterikot ovat hyvin harvinaisia ja niihin vastataan nopeasti. Ennakkohuolto ja kunnonvalvonta ovat myös tällöin tärkeässä osassa sujuvan tuotannon jatkumisen varmistamisessa. Varsinkin kun matalan kysynnän takia on tuotantolinjojen käyntiasteet matalat, on tuotannon onnistuttava ilman

vaikeuksia silloin kun tuotetta voidaan tehdä. Tämä johtuu siitä, että koneiden tuotannolliset seisokit on suunniteltu viikkoja ja kuukausia etukäteen, jolloin tuotannon viivästyminen voi sekoittaa ajojärjestyksen ja suunnitellut tuotannolliset seisokit. Suunniteltujen seisokkien siirtäminen on kallista ja vaatii järjestelytyötä. Haastavassa markkinatilanteessa asiakastyytyväisyys on myös erittäin tärkeää. Suuren ylitarjonnan takia paperia ostavat asiakkaat ovat hyvin vahvassa asemassa ja vaihtoehtona onkin kohtuuttoman viivästyksen sattuessa paperintoimittajan vaihtaminen kilpailevaan yritykseen.

Pituusleikkaus on tärkeä vaihe paperinvalmistuksessa, sillä tuote on ensimmäisen kerran myytävässä muodossa, kun se on ajettu pituusleikkurin läpi asiakasrulliksi (Leiviskä 2009, 242). Suuret konerullat, jotka ovat edelleen paperikoneen radan levyisiä ja mahdollisesti jopa yli sadan kilometrin pituisia, leikataan pienemmiksi ja helpommin käsiteltäviksi asiakasrulliksi. Näiden rullien leveydet ja halkaisijat voivat vaihdella paljon asiakkaan vaatimusten mukaisesti. Jos asiakasrullaksi leikattu paperi myydään sellaisenaan asiakkaalle, se on pituusleikkauksen aikana viimeisen kerran ilman pakkauksen tarjoamaa suojaa. Pakkaaminen tapahtuu yleensä käärimällä asiakasrulla kartonkiin erillisessä pakkaamossa. Kartonki suojaa asiakasrullaa kuljetuksen aikaiselta käsittelyltä. Pakkaus sisältää myös kunkin asiakasrullan tarkat tiedot, kuten valmistuspaikan, paperilaadun ja tuotantoerän. Jos paperia ei myydä asiakasrullina, se voidaan leikata erilaisiksi arkeiksi. Yksittäiselle kuluttajalle tutuin arkkimuoto on niin kutsuttu konttoripaperi eli yleisimmin A4-koon paperiarkki. Erilaisille painotoimintaa harjoittaville yrityksille voidaan paperi myydä suurempina folioarkeina, joiden koko riippuu asiakkaan tarpeista. (KnowPap 2021.)

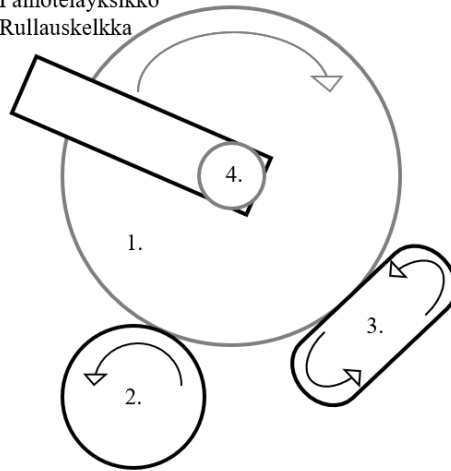
Pituusleikkurit jaotellaan pääasiallisesti sen mukaan, miten valmistuvaa rullaa kannatellaan. Vaihtoehdot rullan kannatteluun ovat sen tukeminen istukoilla rullan keskiöstä, sen kannattelu ulkoreunasta teloilla tai telastoilla tai näiden yhdistelmä. Ulkoreunan kannattelu voidaan toteuttaa teloilla tai telastojen hihnoilla. Kantotelaleikkuri, jossa rullaa kannatellaan kahden telan päällä, on perinteisin ja yksinkertaisin ratkaisu. Poikkileikkaus sen toimintaperiaatteesta on esitetty Kuva 7. kantotelaleikkurin käyttöä kuitenkin rajoittavat tilanteet, joissa rullan paino kasvaa liian suureksi paperin kestävykseen nähden. Suurien rullien paino voi aiheuttaa rullaan liikaa puristusta, joka ilmenee vikoina ja vaurioina rullassa. (Rautiainen 2010, 248–250.)



Kuva 7. Kantotelaleikkurin rullausperiaate.

Kantotelaleikkureiden ongelmien ratkaisemiseksi on kehitetty leikkureita, jotka kannattelevat rullaa sen keskellä olevan hylsyn rei'istä. Keskiörollain kannattelee rullaa yksinomaan istukoilla sen keskeltä, jolloin herkün paperin liiallisen puristumisen aiheuttamilta ongelmilta vältytään. Ongelmaksi muodostuu kuitenkin käytettyjen hylsyjen kestävyys; yksinomaan hylsystä rullaa kannattelevilla leikkureilla ei voida tuottaa painavia asiakasrullia. Ratkaisuksi on kehitetty leikkuri, jossa rullaa kannatellaan sekä hylsystä että teloilla, matolla tai näiden yhdistelmällä sen ulkopinnasta. Näin voidaan rullan eri osa-alueisiin kohdistuvat voimat pitää kohtuullisina ja suunnitella kullekin paperilaadulle ja tuotantokapasiteetille sopiva leikkuri. Voimia voidaan myös kohdistaa tarkasti rullan ulkopintaan haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi. Kymen paperitehtaan PK8-linjan pituusleikkurit ovat tällaisia edistyneitä ja täysin automaattisia WinRoll-keskiörollainleikkureita. Niiden rullausperiaate on esitetty Kuva 8. (KnowPap 2021)

1. Asiakasrulla
2. Rullaussylinteri
3. Painotelayksikkö
4. Rullauskelkka



Kuva 8. WinRoll-pituusleikkurin rullauseriaate.

Muita oleellisia osia pituusleikkureissa ovat aukirullausosa, jossa konerullan paperi syötetään hallitusti leikkuriin ja leikkausosa, jossa rata leikataan osaradoiksi. Aukirullausosassa konerulla lukitaan paikalleen ja se yhdistetään sähkökäyttöön hammaskytkimellä. (Kuva 9) Käytöllä luodaan paperirainaan sopiva kireys vastustamalla konerullan pyörimistä ja sen avulla voidaan tarvittaessa myös pysäyttää konerulla nopeasti. (KnowPap 2021)



Kuva 9. Pituusleikkurin aukirullausosa.

Paperirata syötetään leikkausosaan, jossa pyörivät leikkuuterät leikkaavat sen halutun levyiseksi osaradoiksi. Myös rainan reunat leikataan pois niin kutsutuiksi reunanauhoiksi, sillä ne eivät täytä asiakasvaatimuksia. Leikkuuterinä käytetään kokonaisuutta, jossa kaksi pyörivää terää leikkaavat saksen tavoin rainan siististi halki. Teristä alemmaa käyttää moottori, joka pyörittää sitä hieman paperirataa suuremmalla kehänopeudella. Alempi ja ylempi terä ovat painettuina toisiinsa, jolloin myös yläterä pyörii samalla nopeudella.

Eri vaiheissa ennen ja jälkeen leikkausta paperirataa levitetään erilaisilla levitysteloilla. Levityksen tarve juontuu paperin valmistusprosessin aikana siihen ilmaantuvista epätasaisuuksista sen venyvyys- ja paksuusprofiileissa. Levityksen avulla rata saadaan ohjattua suorassa linjassa leikkaaviin terälaitteisiin. Leikkauksen jälkeen osarainoja levitetään Kaarevien telojen avulla, jotta ne sataisiin tehokkaasti erotettua toisistaan. Rako ratojen ja rullien välillä pyritään pitämään 0,1 mm – 0,5 mm alueella. (KnowPap 2021)

PK8-linjaan kuuluu kaksi WinRoll-pituusleikkuria, joiden toimittajana on toiminut Metso Oyj, joka tunnetaan nykyään Valmet Oyj:nä. Leikkuri PL1 on valmistunut vuonna 2001 ja PL2 vuonna 2002. Leikkurit ovat edistyneitä ja täysin automaattisia keskiörullainleikkureita, jossa asiakasrullia tuetaan sekä hylsystä että ulkopinnasta. Kukin rulla valmistuu omalla rullausasemallaan, jolloin jokaista rullaa voidaan tarkastella yksilöllisesti rullaustapahtuman aikana. Valmiit rullat poistuvat pituusleikkurista automaattisesti ja kone asettelee automaattisen hylsysisahan oikean mittaisiksi valmistelemaat hylsyt paikoilleen.

Leikkurit on suunniteltu kykenemään jopa 3000 m/min ajonopeuksiin. Pituusleikkureilla valmistettavien asiakasrullien maksimipaino on 6000 kg. Asiakasrullat voivat olla leveimmillään 4400 mm leveitä ja halkaisijaltaan 4000 mm. Leikkureilla voidaan valmistaa yhden muuton aikana hyvin monenlaisia rullia muuttamalla leikkuuterien ja rullausasemien paikoituksia.

Edistyneen rakenteen ja moninaisten toiminnallisuuksien takia pituusleikkureiden huollossa on omat haasteensa. Korkea automatisaation aste vaatii suuren toimilaitemäärän lisäksi myös monia erilaisia antureita kuhunkin rullausasemaan. Erityisesti näiden automaatiokomponenttien vanhenemisesta aiheutuvat ongelmat hankaloittavat leikkureiden huoltoa. Koneiden kulumisen aiheuttamat välysten kasvut vaikeuttavat myös koneiden ajamista, sillä jokaista muodostuvaa asiakasrullaa on hallittava tarkasti, jotta sen ominaisuuden kuten pinnan kovuus saadaan oikeanlaisiksi. Asiakasrullien tarkka mittaus ja hallinta ovat myös oleellisia

ajettavuuden kannalta, sillä heikosti hallinnassa olevat rullat eivät välttämättä kestä suuria ajonopeuksia, jolloin tuotanto hidastuu. Koska asiakasrullia hallitaan erikseen, ovat kaikki mittaukset siis toistettava joka asemalle erikseen. Pituusleikkurin rullausasemat ovat esitettyinä Kuva 10.



Kuva 10. Pituusleikkurin rullausasemat.

Kunnossapito-organisaatio on jaettu PK8-linjalla mekaaniseen sekä sähköautomaatio-osastoihin. Osastojen vastuualueina on koko linjaorganisaation tuotantolaitteisto paperikoneen massankäsittelystä rullienpakkaukseen. Koko tehtaan alueella toimiva mekatroniikka-asentajien ryhmä vastaa PK8-linjan hydraulikkalaitteiden vianetsinnästä ja kunnossapidosta. Linjalla on myös vastuhenkilö tehtaan kunnonvalvontaosastolla. PK8 pituusleikkureille on muodostettu mekaanisen, sähköautomaatio ja mekatroniikkaosastojen asentajista ryhmä, jonka jäsenet erityisesti keskittyvät pituusleikkureiden huoltamiseen. Tämän alueellisen ryhmän muodostamisella on pyritty vastaamaan tuotannon kannalta kriittisten pituusleikkureiden kunnossapidon suhteelliseen haastavuuteen.

Tehtaan kunnossapidon ohjaus ja hallinta pohjautuu työtilausjärjestelmään. Työtilaukset ohjaavat yksittäisen kunnossapitotyön suunnittelua ja toteutusta, ja toimivat tiedon siirron välinä sekä työnjohdolta työn suorittajalle työskentelyn aikana että työn toteutushetkestä

tulevien töiden suunnittelijoille historiatietoina. Normaalitilanteessa työtilaus luodaan vikailmoituksen perusteella. Vikailmoituksen voi kirjata järjestelmään kuka tahansa oikeat toiminnanohjausjärjestelmän käyttöoikeudet omaava henkilö ja tehdyt ilmoitukset ovat kaikkien muiden käyttäjien nähtävillä välittömästi. Hyvässä vikailmoituksessa ovat ilmoittajan toimesta kirjattuna vikaantuneen kohteen tiedot ja vian laatu, jotta korjaustoimenpiteiden suunnittelu on mahdollisimman helppoa. Kunnossapidon työnjohto luo kustakin vikailmoituksesta asianmukaisen työn, joka suunnitellaan ja aikataulutetaan toteutettavaksi sopivana ajankohtana. Vikailmoitukseen merkattujen tietojen perusteella voidaan toiminnanohjausjärjestelmästä tarkistaa kohteessa aiemmin tapahtuneet vikatilanteet ja korjaukset sekä lukea järjestelmään tallennettuja piirustuksia, toimintaohjeita ja muita dokumentteja. Työhön tarvittava oma henkilöstö, varaosat ja mahdollinen ulkoinen työvoima suunnitellaan näiden tietojen perusteella. Oikein täytetyt vikailmoitukset ovatkin erittäin tärkeä osa kunnossapitotilauksiin perustuvaa järjestelmää. Jos alkutiedot ovat puutteelliset, voi vian vakavuus tai muut ominaisuudet jäädä epäselväksi ja työn suunnitteluun kuluu ylimääräistä aikaa.

Vikailmoituksista manuaalisesti luotujen kunnossapitotyötilausten lisäksi voidaan työtilauksia myös luoda automaattisesti. Tyypillisiä käyttökohteita automaattisille tilauksille ovat määräaikaishuoltoina suoritettavat työt. Järjestelmä voidaan asettaa luomaan automaattiset työtilaukset tiettyjen ajanjaksojen välein tai tietyn ajan kuluttua suoritettuna työtilauksen sulkemisesta. Tavallisia vikailmoituksista luotuja työtilauksia merkitään koodilla PM10 ja yleisimpiä automaattisesti luotuja työtilauksia koodilla PM12.

## 4 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksen johdantona toimivassa kirjallisuuskatsauksessa keskitytään kokoamaan työn aihepiirin kannalta hyödyllisiä käsitteitä ja tunnuslukuja. Pääasiallisia lähteitä ovat alan teknillinen kirjallisuus, kotimaiset standardit ja alan toimijoiden muut julkaisut. Osiossa perehdytään aiemmin tehtaalla eri asteisesti käyttöön otettuihin ja yleisesti teollisuudessa käytössä oleviin menetelmiin. Myös pituusleikkureiden peruseriaatteita ja tehtaan kunnossapitotoiminnan yleisjärjestelyitä esitellään. Esitetyn tiedon pääasiallinen tarkoitus on pohjustaa työn muita tutkimusosia.

### 4.1 Tilastotutkimukselliset menetelmät

Tilastotutkimuksessa hyödynnetään paperitehtaalla käytössä olevaan SAP ERP -toiminnan ohjausjärjestelmään ja muihin tietokantoihin tallennettua pitkän aikavälin dataa. Koottua tietoa tulkitaan erilaisten soveltuvien tunnuslukujen avulla. Tarkoituksena on selvittää PK8-linjan pituusleikkureiden kunnossapidollista historiaa, nykytilanne ja kehityssuunta. Erityisen tarkkailun alla on käyntiasteen ja kunnossapitokustannuksien keskinäinen suhde. Tuloksia hyödynnetään kehityssuosituksen luomisessa. Käyntiasteen ja kunnossapitokustannuksien keskinäistä riippuvuutta pyritään hahmottamaan laskemalla viimeisen viiden vuoden ajalta muuttujien kuukausittaisille muutoksille kaksi eri korrelaatiokerrointa. Kahden muuttujan välinen korrelaatio ei kuitenkaan tarkoita sitä, että muuttujilla olisi toisiinsa suora vaikutus (Chen, P. Y. & Popovich 2002, 7–9). Ei myöskään voida varmasti sanoa, että kumpi muuttujista vaikuttaa kumpaan. Tässä tutkimuksessa on Korrelaation tutkiminen auttaa kuitenkin ymmärtämään miten muuttujat käyttäytyvät.

Käyntiasteen ja kunnossapitokustannuksien kuukausittaisten muutosten korrelaatioita mitataan sekä Pearsonin korrelaatiokertoimella, että Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimella. Laskennallisen korrelaatiokertoimen arvo sijoittuu nollan ja yhden välille, yhden tarkoittaessa täydellistä riippuvuutta. Nolla tarkoittaa, että muuttujien arvot vaihtelevat täysin toisistaan riippumattomina. Korrelaation merkityksellisyyteen vaikuttaa myös laskentaan käytetyn otoksen koko. Voidaan kuitenkin sanoa, että alle 0,3 arvoon jäävä korrelaatiokertoimen arvo tarkoittaa heikkoa korrelaatiota. Pearsonin korrelaatiokerroin kuvastaa muuttujien

välistä lineaarista korrelaatiota. Muuttujille  $x$  ja  $y$  sen laskenta tapahtuu alla esitetyllä tavalla. Muuttujat  $\bar{x}$  ja  $\bar{y}$  kuvaavat  $x$ - ja  $y$ -havaintojen aritmeettisiä keskiarvoja. Pearsonin korrelaatiokertoimen laskenta on esitetty alla (Valtanen 2019, 140–141):

$$r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}} \quad (6)$$

Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin kuvastaa myös kahden eri muuttujan keskinäistä riippuvuutta. Toisin kuin Pearsonin korrelaatiokerroin, joka kuvaa kahden muuttujan lineaarista riippuvuutta Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin perustuu muuttujien järjestykseen. Se mittaa muuttujien monotonista yhteyttä, eli kasvaako muuttuja  $y$  aina muuttujan  $x$  kasvaessa. Arvo  $d_i$  kuvaa yhden  $x$ ,  $y$  parin järjestyslukujen erotusta. Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimen laskenta on esitetty alla (Valli 2015, 61–67):

$$r_s = 1 - \frac{6 \cdot \sum d_i^2}{n \cdot (n^2 - 1)} \quad (7)$$

Saaduista eri korrelaatiokertoimien arvoista voidaan tehdä päätelmiä mahdollisesta käyntiasteen ja kunnossapitokustannuksien yhteydestä. On kuitenkin huomioitava, että korrelaatio ei ole sama asia kuin muuttujien välinen kausaliteettisuhde. Mahdollinen korrelaatio voi antaa syyn epäillä jonkinasteista kausaliteettisuhdetta, mutta se ei ole sen tae. Voi esimerkiksi olla, että korrelaation takana on jokin kolmas tekijä, jolla on kausaliteettisuhde molempiin tutkittaviin muuttujiin. Mahdollinen kausaliteettisuhde voi myös olla olemassa käytössä olevien metodien indikoimasta matalasta korrelaatiosta huolimatta.

## 4.2 Kyselytutkimuksen menetelmät

Kyselytutkimusosioon valitaan vastaajiksi aktiivisesti pituusleikkureiden kanssa työskenteleviä henkilöitä paperitehtaalta. Kyselylomake koostuu yhdeksästä vapaasti vastattavasta kysymyksestä, joiden avulla kartoitetaan pituusleikkureiden kunnossapidon nykytilaa ja

kehitystä. Tarkoituksena on sekä tuoda yleiseen tietoon piilossa olevia näkemyksiä, että koota havainnot yhteen, jolloin tuloksia voidaan vertailla sekä toisiinsa että tilastotutkimuksellisen vaiheen tuloksiin. Kyselyssä kysytäänkin erikseen, miten pituusleikkureiden kunnossapitotoiminnan on koettu muuttuneen kahden viime vuoden aikana.

Kyselyyn on pyydetty osallistumaan henkilöstöä pituusleikkureille osoitetun aktiiviryhmän jäsenistä. Ryhmään kuuluu mekaaninen asentaja, sähköautomaatioasentaja ja mekatroniikkaryhmän henkilöstöä. Muita kyselyyn osallistuneita työntekijätason henkilöitä ovat alueen vastaava kunnonvalvoja, alueella aktiivisesti toimivia vuoroasentajia ja leikkureiden ajamisesta vastaavia tuotantohenkilöitä. Toimihenkilöistä kyselyyn on pyydetty vastaamaan kyseisten työntekijöiden esihenkilöt, joiden työnkuvaan leikkureiden kunnossapito osaltaan kuuluu. Käytetty kyselylomake on esitetty liitteessä 1.

Kunnossapitotoimintaa vertaillaan myös muihin UPM paperitehtaisiin. Lyhyt kysely lähetetään Suomessa toimiville UPM paperitehtaille, joilla on käytössä samankaltaisia WinRoll keskiörullaleikkureita kuin Kymin paperitehtaallakin. Kysely lähetetään tehtaiden kunnossapito-organisaatioiden johtohenkilöille, jotka voivat määritellä sopivan paikallisen asiantuntevan henkilön vastaamaan kyselyyn. Kyselyssä pyritään selvittämään, onko muilla tehtailla käytössä pituusleikkureiden alueella kunnossapitokäytäntöjä, jotka ovat tehostaneet kunnossapitotoimintaa ja laskeneet kustannuksia vaihtelevan käyntiasteen vallitessa. Lähetetyt kysymykset ovat esitetty liitteessä 2.

## 5 Tulokset ja niiden arviointi

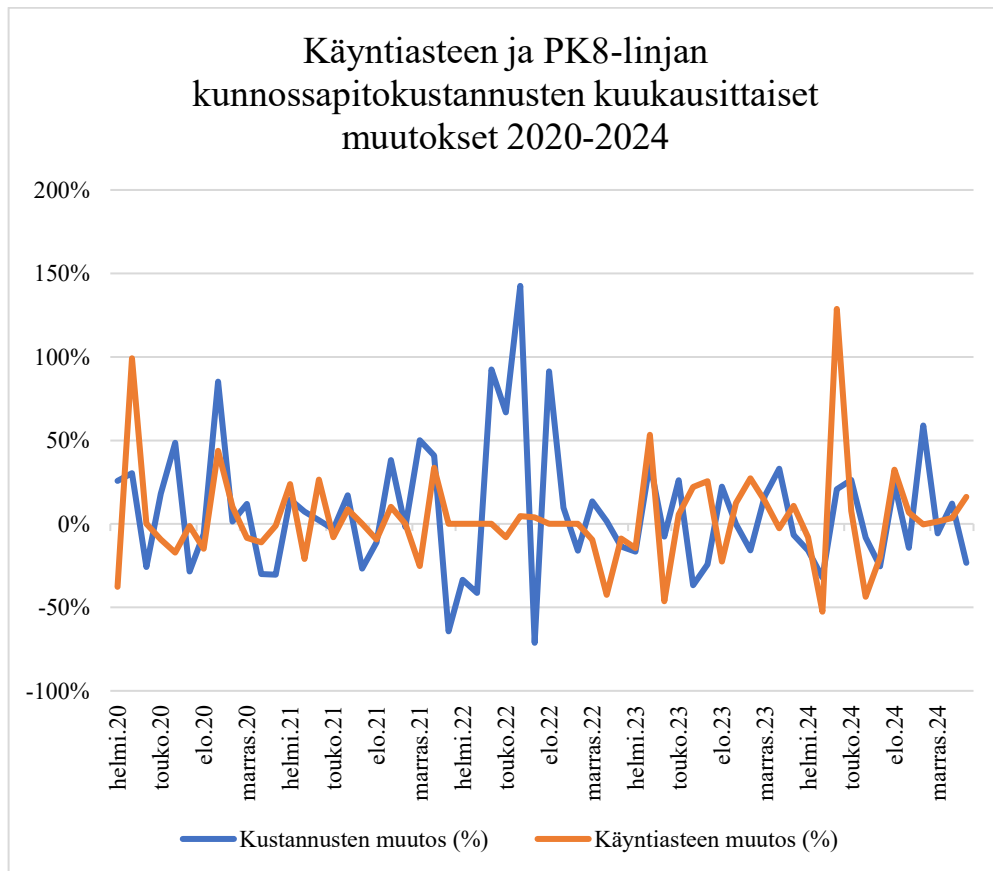
Tässä kappaleessa esitellään tilastollisen- ja kyselytutkimuksen tuloksia ja arvioidaan niiden merkitystä. Tilasto- ja kyselytutkimuksen tulokset tukivat toisiaan ja kirjallisuuskatsauksen tuloksia.

### 5.1 Tilastotutkimuksen tulokset

Tilastollisen tutkimuksen tuloksien avulla pyrittiin löytämään yhteyttä kunnossapitokustannuksien ja käyntiasteen välille tarkastelemalla niiden muutosten välistä korrelaatiota. Toiseksi tutkittiin, miten pituusleikkureiden alueelle tehdyt vikailmoitusten ja erilaisten kunnossapitotilausten määrät ovat muuttuneet toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotosta lähtien vertailemalla niiden vuosittaisia määriä. Kolmanneksi tarkasteltiin, onko käyntiasteella ja valikoiduilla kunnossapidollisilla vikatilanteilla olemassa olevaa yhteyttä. Tutkittaviksi kohteiksi valikoituivat pituusleikkureiden ja tampusuorivaunun vikaantumisten aiheuttamat paperikoneen alasajot, jotka ovat johtaneet paperikoneen pysäyttämiseen ja pituusleikkureiden loppuliimalaitteelle suoritettujen työtilausten tiheys. Myös tuotantohenkilöstön tekemiä KKP-työtunteja, tarkasteltiin jotta voidaan arvioida ovatko käyttökunnossapitotoimintatunnit kasvussa.

#### 5.1.1 Käyntiasteen ja kustannusten välinen yhteys PK8-linjalle

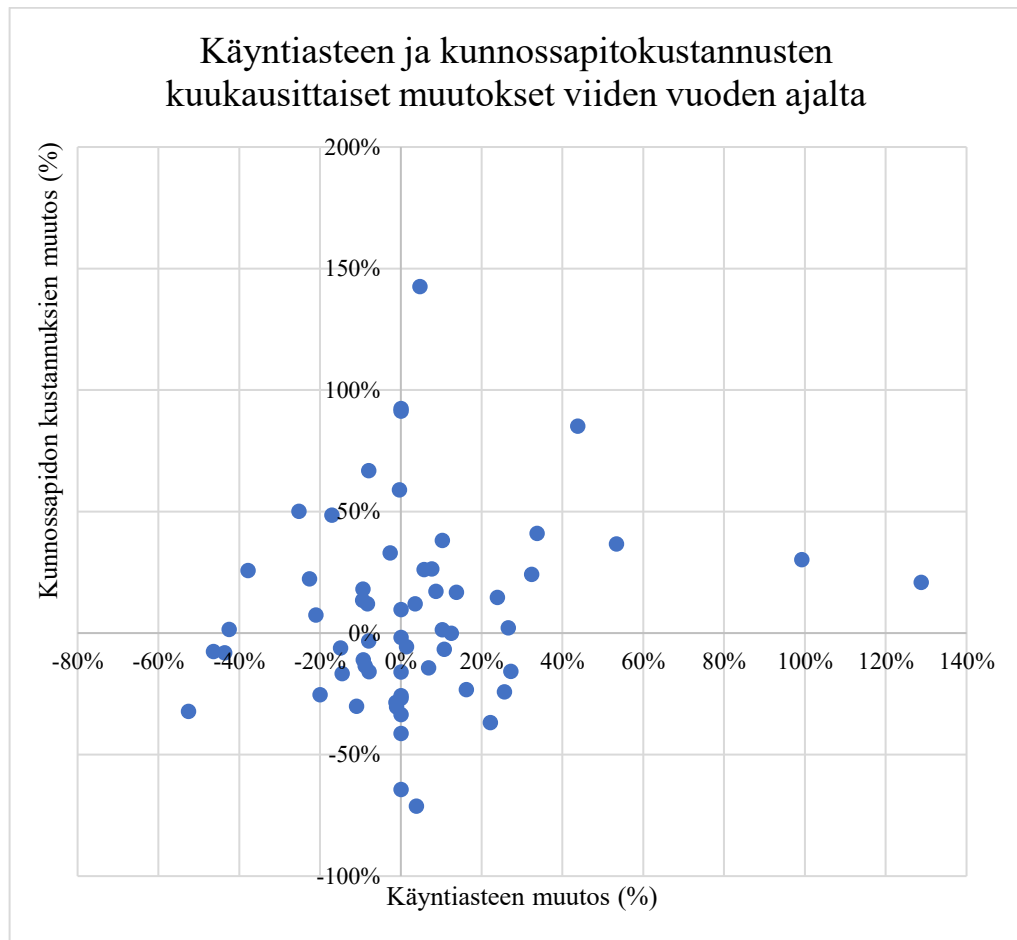
Käyntiasteen ja kunnossapitokustannusten yhteys on keskeinen osa suoritettua tutkimusta. Käsitteiden yhteen kytkeminen on kuitenkin varsin haastavaa, sillä suoraa yhteyttä kunnossapitokustannusten nousulle tai laskulle käyntiasteen vaihtelujen seurauksena ei ole tiedossa. Tutkimuksessa päädyttiin keskittymään selvittämään sitä, miten kunnossapitokustannuksien muutokset korreloivat käyntiasteen muutokseen. Kuukausittaisia muutosprosentteja viiden vuoden ajalta on esitetty Kuva 11.



Kuva 11. PK8-linjan käyntiasteen ja kunnossapitokustannusten kuukausittaiset muutokset.

Kuvaajista ei voida suoranaisesti havaita riippuvuutta muuttujien välillä. Kasvu- ja laskupiikit ovat osittain päällekkäisiä, mutta toisinaan taas päinvastaisia. Vuoden 2022 alkuvaiheessa käyntiasteen pysyessä tasaisena heilahtelevat kunnossapitokustannukset laajalti. Kyseiseen ajankohtaan sijoittuu kuitenkin tehtaan käytännön toiminnan pysäyttänyt lakko, joten ajankohdalle ei välttämättä ole järkevää asettaa suurta painoarvoa.

Kunnossapitokustannusten korrelaatiota paperitehtaan käyntiasteeseen voidaan paremmin arvioida sijoittamalla havainnot pistekaavioon (Kuva 12). Lineaarista korrelaatiota ei ole havaittavissa suoraan ja havaintopisteet vaikuttavat olevan jakautuneina varsin tasaisesti ympäri kenttää. Pearsonin korrelaatiokerroin on havainnoille 0,163, jota voidaan pitää osoituksena matalasta lineaarisesta korrelaatiosta arvojen välillä. Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin on myös varsin matala, vain 0,157. Molemmat arvot jäävät noin puoleen heikon korrelaation 0,3 rajasta.



Kuva 12. PK8-linjan käyntiasteen ja kunnossapitokustannuksien kuukausittaiset muutokset sijoitettuna pistekaavioon.

Kuvasta on myös visuaalisesti havaittavissa, ettei lineaarinen korrelaatio ole kovin suuri. Tarkasteltavat pisteet ovat hajautuneet varsin tasaisesti, eikä selvää suoraa tai muuta tunnistettavaa korrelaatioon viittaavaa kuviota ole havaittavissa. Nyt suoritettu tutkimus huomioi kuitenkin vain samana kuukautena tapahtuneet muutokset. On kuitenkin mahdollista, että korrelaatiota tai jopa kausaliteettinen suhde on olemassa viivästettynä. Tutkimuksessa tällaista käyttäytymistä ei kuitenkaan havaittu. Kuukauden käyntiasteen muutos korreloi yhtä heikosti seuraavan kuukauden kunnossapitokustannuksien muutokseen, mutta negatiivisesti. Kuukauden käyntiasteen korrelaatio kahden kuukauden päähän osoitti hieman vahvempaa, joskin edelleen heikkoa positiivista korrelaatiota. Lasketut korrelaatiokertoimet on esitetty Taulukko 2.

Taulukko 2. Käyntiasteen ja kunnossapitokustannusten muutosten korrelaatiot eri viiveillä.

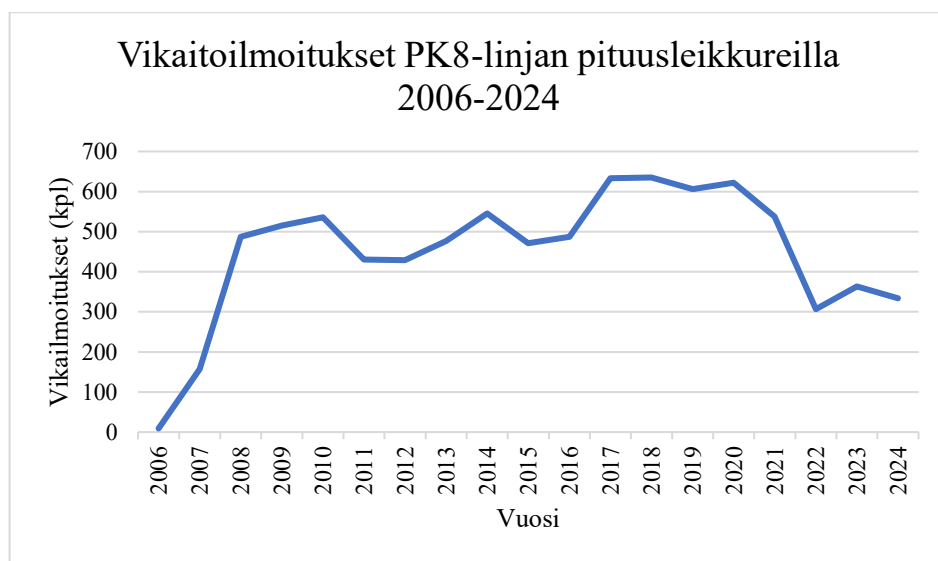
	Pearsonin korrelaatiokerroin	Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin
Saman kuukauden käyntiasteen ja kunnossapitokustannusten muutosten korrelaatio	0,163	0,157
Kuukauden käyntiasteen muutoksen korrelaatio seuraavan kuukauden kunnossapitokustannusten muutokseen	-0,128	-0,125
Kuukauden käyntiasteen muutoksen korrelaatio seuraavaa kuukautta seuraavan kuukauden kunnossapitokustannusten muutokseen	0,126	0,301

Voidaan siis todeta, että korrelaatiota käyntiasteen ja kunnossapitokustannusten muutosten välillä ei ole havaittavissa käytetyllä tarkasteluvälillä. Ei ole myöskään havaittavissa viivästynyttä korrelaatiota, jossa esimerkiksi käyntiasteen lasku näkyisi kuukauden tai kahden päästä. Ainoastaan kahden kuukauden päästä voidaan korrelaation sanoa olevan Spearmanin järjestyskorrelaation mukaan olevan edes heikkoa.

### 5.1.2 Kunnossapitoilmoitukset ja työtilaukset

PK8-linjan pituusleikkureiden kunnossapitotoiminnassa koetun haasteellisuuden takia tutkittiin, miten kunnossapidollisesti merkittävät tekijät ovat muuttuneet laitteiden kuluessa. Käytännössä tehtaan toiminnanohjausjärjestelmään tallennettua dataa voitiin hyödyntää luotujen vikailmoitusten ja kunnossapitotilausten kartoittamiseen pitkältä aikajaksolta. Dataa on tallennettuna järjestelmään sen käyttöönotosta alkaen vuodelta 2006. Tuloksia arvioitaessa on kuitenkin huomioitava etenkin järjestelmän eri aikakausilla vallinneet erilaiset toimintamallit vikailmoitusten ja työtilausten luomisen ja toteutuksen osilta. Etenkin järjestelmän toiminta-ajan alun käytännöt ovat voineet olla erilaisia, kun järjestelmän käyttöönotto oli vielä kesken. Järjestelmän luotettavuutta ja muutoksia sen olemassaolon aikana tutkitaan työn kyselytutkimusosiossa.

Järjestelmään PK8-linjan pituusleikkureiden alueelta kirjatut vikailmoitukset ovat esitettyinä Kuva 13. Järjestelmän käyttöönoton jälkeisen kasvun jälkeen on vikailmoitusten määrä pysynyt varsin tasaisena pientä vuosittaista satunnaisvaihtelua lukuun ottamatta. Vuoden 2022 jälkeen on kuitenkin havaittavissa selvä lasku ilmoitusten määrässä. Vuoden alussa tehtaan toiminnan pysäyttänyt lakko voi selittää yksittäisen vuoden pienemmän kokonaisilmoitusmäärän, mutta se ei selitä, miten ilmoitusten määrä on pysynyt samankaltaisena seuraavinakin vuosina.

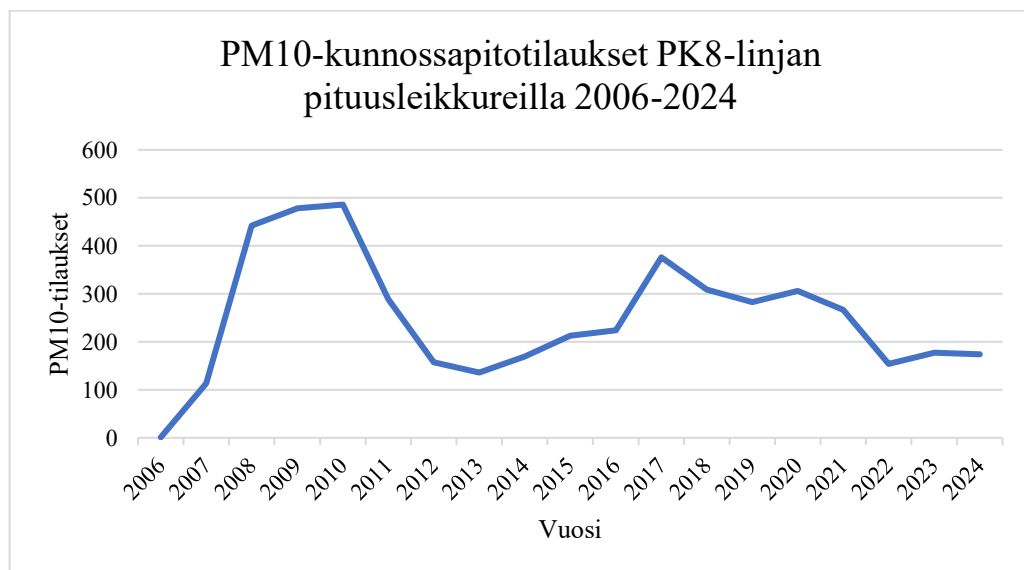


Kuva 13. PK8-linjan pituusleikkureille kirjatut vikailmoitukset vuosilta 2006–2024.

Yksi selitys vikailmoitusten vähäisemmälle määrälle voidaan arvioida olevan esimerkiksi heikosta kysynnästä johtuvat tuotannolliset seisokit, jotka ovat johtaneet myös henkilöstön määräaikaisiin lomautuksiin. Toinen selitys ilmiölle voi olla myös koneiden vähentynyt kuluminen kasvaneen seisokkiajan takia. On mahdollista, että vikoja yksinkertaisesti syntyy vähemmän tuotantolaitteiden seisoessa toimettona. Vasta-argumentti tähän hypoteesiin on se, että myös laitteiden alas ja ylös ajolla on kuluttava vaikutus koneisiin. Vielä eräs selitys pienemmälle vikailmoitusten määrälle on se, että lakon ja lomautusten seurauksena vikailmoituksia tekemässä on vähemmän henkilökuntaa. Vikailmoitusten määrä korreloisi siis henkilötyötunteihin, jotka ovat vähentyneet. On myös mahdollista, että pituusleikkureiden kunnossapitoon keskittyvän ryhmän perustaminen on vaikuttanut myös leikkureiden

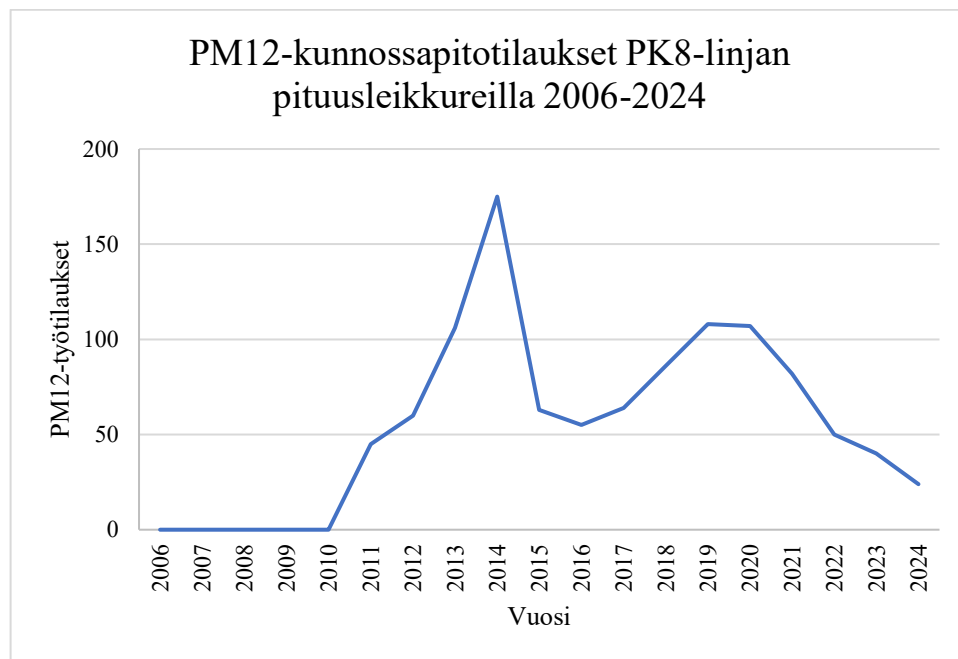
kunnossapitoon huomattavasti. Korjaustaakkaa on voitu saada kiinni rästitöitä tekemällä ja parantuneen ennakkohuollon avulla vikaantumiset ovat merkittävästi vähentyneet.

Vikailmoituksiin perustuvat PM10-työtilaus on yleinen, useimpiin kunnossapitotöihin käytetty tilaustyyppi. PK8-linjan pituusleikkureille luodut PM10-työtilaukset ovat esitettyinä Kuva 14. Kuvaajasta voidaan havaita, että alkuvaiheen työtilausten määrän nousun jälkeen määrät ovat pienentyneet, kunnes ne ovat taas hieman nousseet ja pysyneet koholla vuoteen 2021 asti. Tätä vuotta voidaan pitää tarkastelun kannalta merkittävänä, sillä kyseiseen vuoteen sijoittuu tehtaan nykytilanteeseen vaikuttaneita tapahtumia. Jo aiemmin mainittu neljän kuukauden mittainen lakko käytännössä pysäytti tehtaan toiminnot poikkeuksellisen pitkäksi ajaksi, mutta alhaisemmat ilmoitusten ja työtilausten määrät ovat pysyneet matalina myös seuraavina vuosina. Vuosi 2022 merkitsi myös selvää rajapistettä matalamman käyntiasteen vakiintumisessa paperitehtaalla kysynnän laskiessa.



Kuva 14. PK8-linjan pituusleikkureille luodut PM10-työtilaukset vuosilta 2006–2024.

PM12-ennakkohuoltotyötilausten vuosittaiset määrät ovat esitetty Kuva 15. Kuvaaja selittää osaltaan PM10-työtilausten alussa nähtyä töiden määrän kasvua ja myöhempää laskua. Toiminnanohjausjärjestelmän ensimmäisinä vuosina työt toteutettiin käytännössä kokonaan PM10-tilauksina, mutta vuoden 2010 aikana saatiin osa töistä siirrettyä automaattisesti kunnossapitosuunnitelmasta vapautuviksi PM12-töiksi.



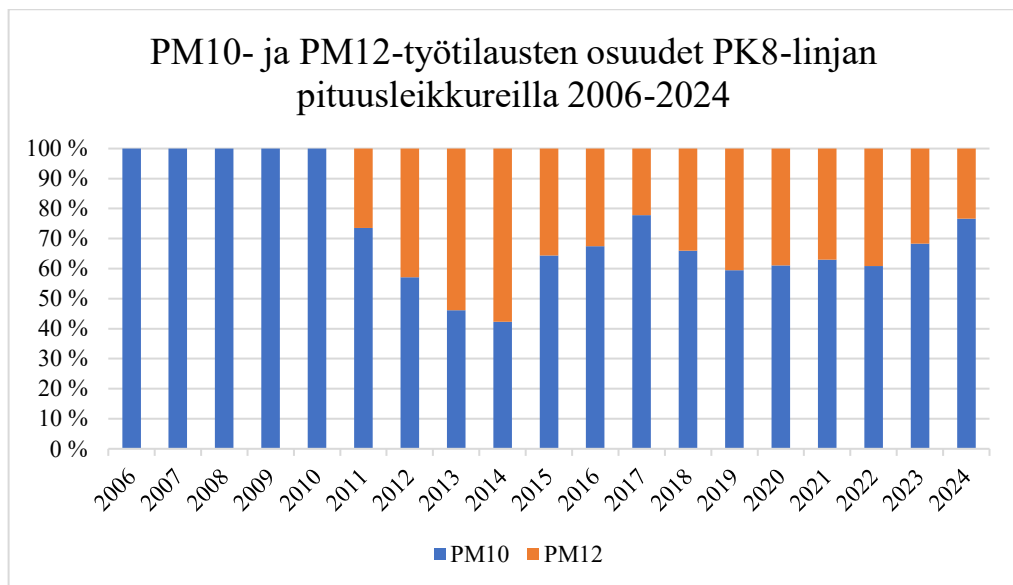
Kuva 15. PK8-linjan pituusleikkureille luodut PM12-työtilaukset vuosilta 2006–2024.

Molemmista työtilaustyypeistä on kuitenkin havaittavissa samanlainen työtilausten määrän lasku etenkin vuodesta 2022 eteenpäin. Tämä kehityskulku puoltaa näkemystä, jonka mukaan matala käyntiaste säästää laitteita kulumiselta, jolloin ne vikaantuvat vähemmän. On kuitenkin muistettava myös jo aiemmin esitetty vaihtoehtoinen selitys leikkureilla työskentelevän henkilökunnan poissaolon vaikutuksesta vikaantumiseen. Tämän ei kuitenkaan voida olettaa selittävän kaikkea tilausten laskua, sillä etenkin PM10-työtilaukset vastaavat useimmin johonkin olemassa olevaan havaittuun vikaan. Kriittiset tuotantoon vaikuttavat viat tulisivat kuitenkin vastaan tuotanto- tai kunnossapitohenkilökunnalle ennemmin tai myöhemmin, vaikka pituusleikkureilla ei jatkuvasti henkilökuntaa olisikaan.

Ennakkohuollollisten töiden tavoitteelliseksi osuudeksi kaikesta kunnossapitotoiminnasta on aiemmin työssä esitetty 70 %. Nykyisestä toiminnanohjausjärjestelmästä kustakin työtilauksesta toteutuneiden työtuntien kerääminen käyttökelpoiseksi dataksi on osoittautunut haastavaksi. Yksittäisten työtilausten määrän vertaaminen ei välttämättä anna yhtä tarkkaa kuvaa työmäärästä, sillä erilaisiin töihin kuluu eri määrä aikaa. Tasaisin väliajoin ja automaattisesti luotujen PM12-töiden kohdalla on myös mahdollista, että työtunteja ei ole merkitty lainkaan. Tutkimuksessa käytettävää aineistoa tutkittaessa on huomattu, että toiminnanohjausjärjestelmään merkityt työtunnit eivät aina kuvasta todellisuutta. Työtilauksille on

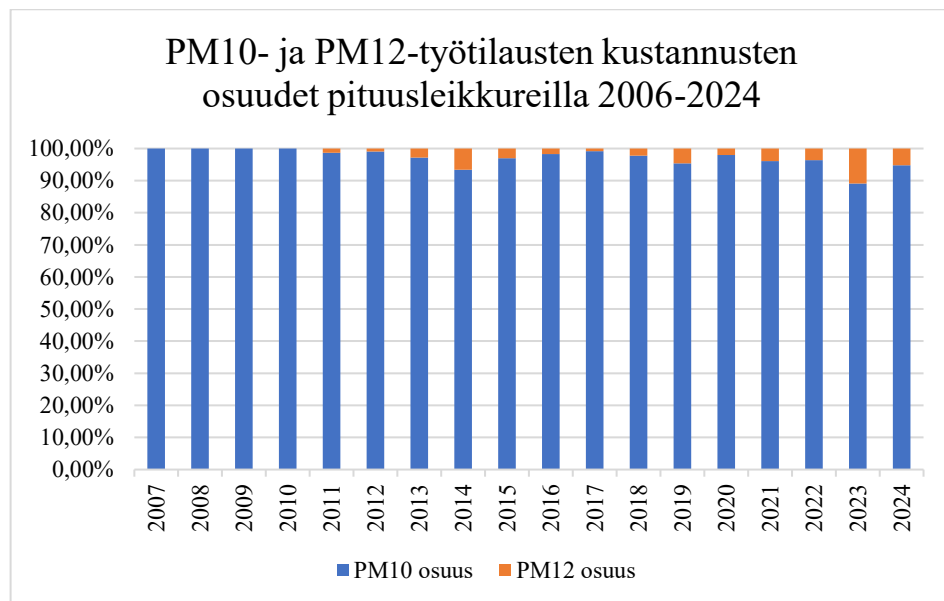
esimerkiksi kohdennettu varaosia, vaikka yhtään työtuntia ei ole merkitty. Käytännöt, joiden mukaan työtilauksia luodaan ja niihin merkitään tietoa vaihtelevat jonkin verran tuotanto- ja kunnossapitohenkilöstön sisällä. Vaikka tällaisella vaihtelulla ei sinänsä ole haitallista vaikutusta tehtaan ja kunnossapidon päivittäiseen toimintaan, hankaloittaa se toiminnanohjausjärjestelmään tallennettujen tietojen myöhempää analysointia. Tilastollisessa osiossa tarkasteltavien tietojen todenmukaisuutta tuleekin arvioida tästä näkökulmasta. Kyselytutkimusosiossa on mahdollista perehtyä ilmiön syihin tarkemmin. On myös syytä harkita, josko tehtaan kirjauskäytäntöjä tulisi yhtenäistää.

PM10- ja PM12-työtilausten suhteesta voidaan kuitenkin saada suuntaa antavaa tietoa ennakkohuollon määrästä. Molempien tilaustyyppien suhteelliset osuudet on esitetty Kuva 16. Ennakkohuoltotyöt ovat olleet määrällisessä enemmistössä vuonna 2013 ja 2014. Määrät selittävät erilaiset ennakkohuoltosuunnitelmat. Kyseisenä aikana luotiin suunnitelmallisesti yksittäisiä vuorokohtaisia tarkistustöitä, jotka eivät kuitenkaan vaikuta aiheuttaneet paljoa työtä henkilöstölle. Edelleen on avoin kysymys, miten paljon hyvin ennakkohuoltosuunnitelmia ja -töitä on eri aikakausina noudatettu.



Kuva 16. PK8-linjan pituusleikkureille luotujen PM10- ja PM12-työtilausten osuudet vuosilta 2006–2024.

Totuudenmukaisempi kuva työtilaustyyppien suhteesta voidaan saada vertaamalla molempien tyyppisille töille merkittyjen kustannusten osuuksia. Kustannuksien osuuden ovat esitetty Kuva 17. Voidaan huomata, että todellisuudessa PM12-tyypin kunnossapitokustannukset ovat murto-osa PM10-kunnossapitotilauksista. Yksi selitys tälle voi olla se, että ennakkohuoltotöiden kustannukset ovat sekä teoriassa että käytännössä todettu huomattavasti pienemmiksi korjaavaan kunnossapitoon verrattuna. Näissä kustannuksissa ei kuitenkaan ole huomioitu kunnossapidon epäsuoria kustannusvaikutuksia kuten tuotannonmenetyksiä, jotka ovat suunnittelemattomien korjaustöiden suurimmat kustannukset. Käytännössä on huomattu, että automaattisesti järjestelmästä luoduille töille ei ole merkittyinä yhtään työtunteja tai varaosatilauksia. Toisinaan kierrostyyppisille ennakkohuoltotöille on merkattu varaosia mutta ei yhtään työtunteja. Voikin siis herätä kysymys siitä, että kuinka totuudenmukaisena toiminnanohjausjärjestelmään tallennettua dataa voidaan pitää.



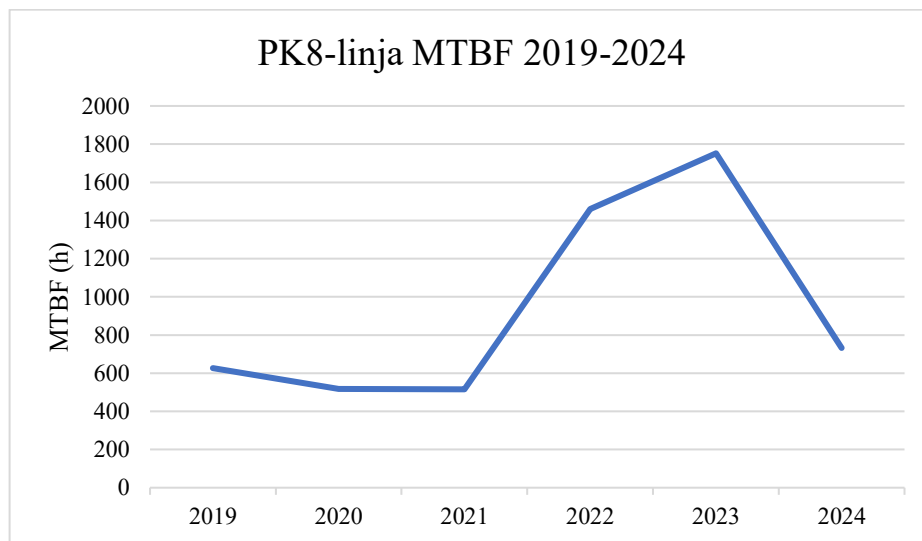
Kuva 17. PK8-linjan pituusleikkureille luotujen PM10- ja PM12-työtilausten kustannusten osuudet vuosilta 2006–2024.

Toiminnanohjausjärjestelmä on hyvä väline tiedon tallentamiseen. Tieto on helposti saatavilla ja loogisesti toimintopaikoittain ja työtilauksittain järjesteltyinä, jolloin sen hyödyntäminen on mahdollista työnsuunnittelun aikana. Tieto voi kuitenkin olla vain niin hyödyllistä, kuin se on luotettavaa. Hyvin tallennettu väärä tieto on parhaimmillaankin hyödytöntä ja

pahimmillaan harhaanjohtavaa. Töihin käytetyt miestyötunnit ja varaosat ovat kenties tärkeimmät yksittäiset tiedot, jotka tallentuvat järjestelmään. Nyt ei kuitenkaan ole selvää mitkä järjestelmään tallentuneet tiedot ovat luotettavia ja mitkä eivät ole.

### 5.1.3 Muita tarkasteltuja tilastoja

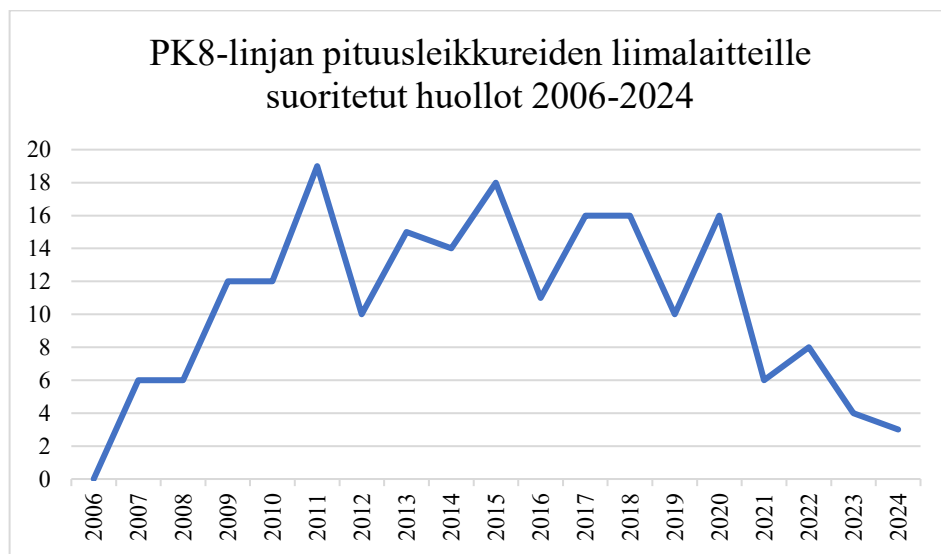
Koko PK8-linjaan vaikuttaneet suunnittelemattomat seisokit ovat vähentyneet reilusti vuosina 2022 ja 2023. Tutkimuksessa lasketaan seisokeiksi tilanteet, joissa jonkin laitteen vikaantuminen on johtanut paperikoneen suunnittelemattomaan alasajoon. Kuva 18 voidaan huomata, että kyseisinä vuosina MTBF on ollut erityisen korkea verrattuna muihin tarkasteltaviin vuosiin.



Kuva 18. PK8-linjan laskennallinen MTBF vuosittain 2019–2024.

Voidaan olettaa, että vikaantumisien harventumisiin ovat vaikuttaneet jo edellä mainituista syistä etenkin vuoden 2022 pitkä lakko ja myöhemmin pidetyt tuotannolliset seisokit. Näiden pysähdysten aikana ei voi tietenkään koneen pysäyttäviä vikatilanteita tapahtua koneiden ollessa jo muista syistä pysäytettyinä. Tuotannollisten seisokkien aikana voidaan myös rajallisesti suorittaa kunnossapitotöitä, joiden voidaan osaltaan ajatella ehkäisevän vikaantumisia. Ei kuitenkaan ole selvää mistä johtuu vuoden 2024 paluu aikaisemman kaltaisiin numeroihin

Myös yksittäistä laitetta tarkastelemalla voidaan arvioida kunnossapidon tilan kehitystä. Pituusleikkureiden loppuliimalaitteet ovat säännöllisesti huollettavia kohteita, joiden huoltohistorioita tarkastelemalla voidaan selvittää, miten leikkureiden ajotilanne on vaikuttanut yksittäisen laitteiston kulumiseen. Molempien leikkureiden liimalaitteille kirjatut työtilaukset ovat esitettyinä Kuva 19. Tarkastelun ulkopuolelle on jätetty säännölliset voitelutyöt sillä tapa, jolla voitelutyöt ovat merkitty toiminnanohjausjärjestelmään on muuttunut merkittävästi tarkastelujakson aikana. Laitteiden matalan käyntiasteen ei myös pitäisi sinällään vaikuttaa säännöllisten voitelutöiden toteutukseen.



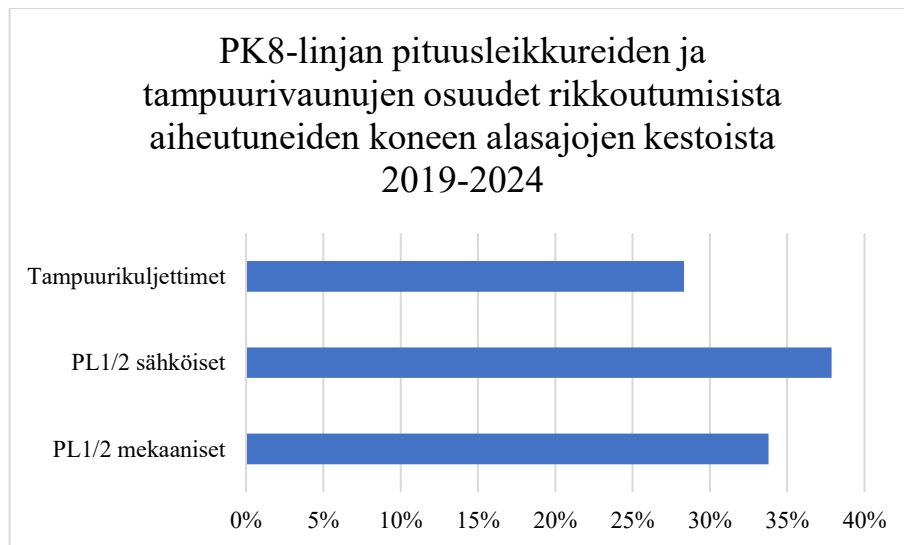
Kuva 19. PK8-linjan pituusleikkureiden loppuliimalaitteille suoritetut huollot 2006–2024.

Voidaan huomata, että loppuliimalaitteille suoritetut huollot ovat vähentyneet noin vuodesta 2021 eteenpäin, niiden määrän aiemmin pysyttyä vuositasolla varsin vakaana. Pysyvältä vaikuttava lasku töiden määrässä on kuitenkin havaittavissa. On vaikea esittää varmaa syytä tälle ilmiölle. On mahdollista, että kyseessä on muutos tavassa, jolla loppuliimalaitteita huolletaan. On myös mahdollista, että alaspäin suuntautuva trendi selittyy muuttuneella tavalla, jolla työt on kirjattu toiminnanohjausjärjestelmään. Huomattavaa on kuitenkin, että muutos vaikuttaa tapahtuneen jo vuonna 2021, vuotta ennen kuin käyntiasteessa tapahtui huomattava pudotus alaspäin.

Leikkureiden huoltoon keskittyvän kunnossapitoryhmän toiminnalla voi myös olla vaikutus loppuliimalaitteen kaltaisiin kohteisiin, joiden vikatilanteita voidaan ehkäistä säännöllisin

tarkastuksin. Jos pieniä vikoja korjataan tai vähäisiä likoja puhdistetaan esimerkiksi osana ennakkohuoltotöitä, ei toiminnanohjausjärjestelmään jää erillistä merkintää. Järjestelmän luomiin säännöllisiin ennakkohuolto- ja tarkistuskierröstöihin tehtyjen toimenpiteiden merkitseminen on myös ollut vajavaista.

Toiseksi erilliseksi tarkastelukohteeksi valittiin pituusleikkureiden ja tampoaurivaunujen aiheuttamat tilanteet, joissa niiden ennakoimattoman rikkoutumisen takia ei paperikoneelta tuotettuja konerullia saada tarpeeksi nopeasti tyhjennettyä. Paperikoneelta loppuvat siis tyhjä tampoauritelat, jolloin kone joudutaan ajamaan alas. Tarkasteluun otettiin mukaan tampoaurivaunuista aiheutuneet tuotannon pysäytykset, sillä niiden koetaan olevan myös erittäin kriittinen kokonaisuus koneen jatkuvan toiminnan varmistamisen kannalta. Onkin olemassa halu selvittää, miten pituusleikkureiden ja tampoaurikuljettimet vertautuvat tällä saralla. (Kuva 20)

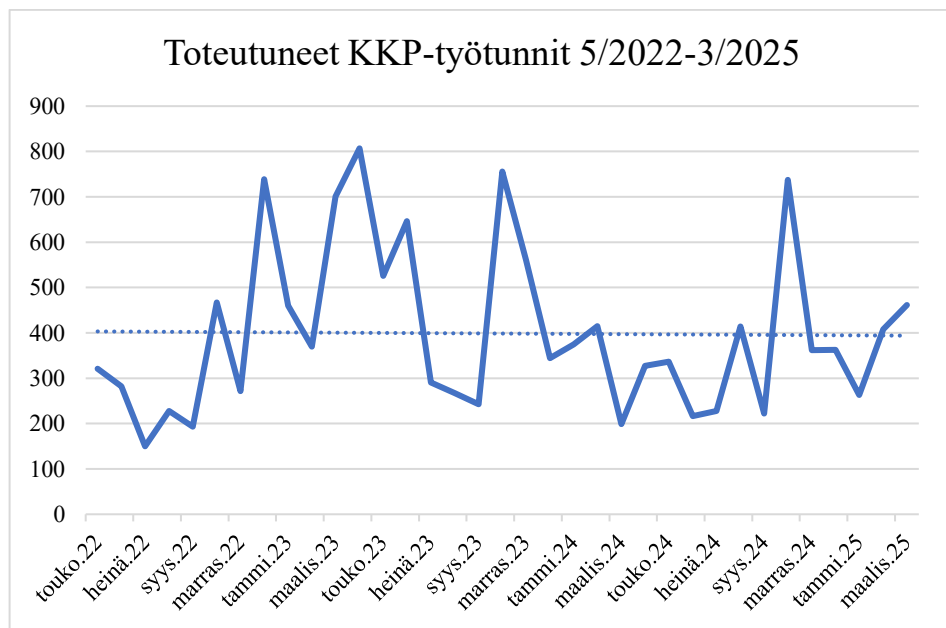


Kuva 20. PK8-linjan pituusleikkureiden ja tampoaurikuljettimien osuudet vioista aiheutuneiden koneen alasajojen kestoista 2019–2024.

Nähdään, että pituusleikkurit ovat aiheuttaneet noin kaksinkertaisesti tilanteita, joissa paperikone on jouduttu ajamaan alas. Tampoaurivaunujen aiheuttamien alasajojen määrää voidaan silti pitää verrattaen suurena, sillä käytännössä vain yhden vaunun vikaantuminen voi aiheuttaa kuvatuslaisen tilanteen. Melkein kaikkien tampoaurikuljettimien toiminnot voidaan toteuttaa myös päällystyslaitoksen nosturien avulla. Ainoastaan vaunua, joka kulkee

paperikonehallista päällystyslaitoksen halliin, ei voida korvata millään muulla menetelmällä. Käytännössä kyseinen vaunun vikaantumisen seurauksena seuraa paperikoneen pysäytys hyvin nopeasti, jos kuljetinta ei saada toimintakuntoon. Pituusleikkurit ovat tärkeitä linjan tuotannon kannalta, mutta vian korjaukseen on enemmän aikaa verrattuna tampoerikuljettiin. Yksikin leikkuri on teoriassa kykenevä käsittelemään koko linjan tuotannon, jos tuotettava paperilaji kestää nopean ajon.

Tehtaan tuotantohenkilökuntaa on mukana KKP-toiminnassa (Käyttö ja kunnossapito). Kuten aikaisemmassa teoriaosuudessa on tuotu esille, KKP-toiminnan tehostaminen on tärkeä osa kunnossapidon yleistilan tehostamista. Se on oleellinen osa esimerkiksi TPM-menetelmää tuotannon ja kunnossapidon tehostamisen kannalta. Kymin paperitehtaalla KKP-toimintaan osallistuvista työntekijöistä ja heidän suorittamistaan KKP-tunneista pidetään kirjanjapitoa, joka mahdollistaa toiminnan seuraamisen ja kehittämisen. Vuoden 2022 toukokuun ja vuoden 2025 maaliskuun välisen ajan toteutuneet KKP-tunnit ovat esitettyinä Kuva 21.



Kuva 21. Toteutuneet KKP-työtunnit ajalta 5/2022–3/2025.

KKP-työtuntien toteumassa on havaittavissa vaihtelua, mutta selvää laskua tai nousua ei ole mittaushistorian ajalta havaittavissa. Suuri vaihtelu on selitettävissä sillä, että KKP-työn tarvetta ohjaavat pitkälti kunnossapito-organisaation hetkittäiset tarpeet. KKP-henkilöt

toimivat lähtökohtaisesti vain avustavissa rooleissa varsinaisten kunnossapitoasentajien kanssa ryhmässä. Toiminnan kasvua ei ole ohjattu suunnitelmallisesti, joka selittää kasvun puutteen. UPM kunnossapitostrategiassa on KKP-toiminnan kehittäminen listattu yhdeksi oleelliseksi tuotantolaitosten vastuualueeksi. Nykyjärjestelmässä KKP-toimintaan osallistuva tuotannon työntekijä on oikeutettu määrätyn suuruiseen palkanlisään. Tehtyjä tunteja seurataan työntekijäkohtaisesti kuukausittain.

Käyttö- ja kunnossapitotoimintaa tulisi kehittää sekä osallistuvien tuotantotyöntekijöiden että KKP-henkilökunnan hyödyntämisen osalta. Tavoiteltava tilanne olisi, että koko tuotantohenkilöstö olisi käytettävissä KKP-töihin. Tämä lisäisi henkilöstön käytön joustavuutta työnsuunnittelun näkökulmasta ja lisäisi mahdollisuuksia KKP-työntekijöiden hyödyntämiseen. Osallistumisen kasvattaminen vaatisi käytännössä vähintään tuotantolaitoksenlaajuista toimintamallimuutosta tai KKP-toimintaan osallistumisesta maksettavan korvauksen nostamista. Nykyisellä osallistumismäärälläkin olisi KKP-henkilöiden tehokkaampi hyödyntäminen kunnossapitotöissä mahdollista. Esimerkiksi TPM-strategian mukaisesti kaikki pienemmät tarkistus-, huolto- ja korjaustehtävät tulisivat olla tuotannon KKP-henkilöstön suoritettavissa. Varsinaista kunnossapito-organisaatiota tulisi käyttää vain monimutkaisemmissa töissä, jotka vaativat erityisosaamista ja syvällisempää suunnittelua. Etenkin ennakkohuollon piiriin kuuluvat työt, kuten tarkistukset pienten komponenttien vaihdot olisivat tarkoituksenmukaista suorittaa KKP-töinä. Nykyisessäkin toimintamallissa KKP-toiminta on kuitenkin osittain operaattorilähtöistä ja itsenäistä. Operaattorien itsenäisten KKP-töiden määrää tulisi kuitenkin edelleen lisätä.

## 5.2 Tehtaan sisäisen kyselytutkimuksen tulokset

Kyselytutkimukseen osallistui pituusleikkureiden kanssa työskenteleviä tuotannon ja kunnossapidon työntekijöitä ja toimihenkilöitä. Kyselyyn vastasi 15 henkilöä. Kysely toteutettiin sähköisenä ja täysin anonymisti Microsoft Forms -sovelluksella. Kyselyssä edellytettiin vastaajilta yksinomaan kirjallisia vastauksia, eikä mitään toimintaa pyydetty arvioimaan numeroarvosanoin. Vastauksiksi saatiin keskimäärin tasapainoisia ja laadukkaita vastauksia. Vastaamiseen käytetty aika vaihteli noin kolmestatoista minuutista miltei puoleentoista tuntiin. Yleisesti otettuna vastausprosenttia voidaan pitää riittävänä ja vastauksista voidaan muodostaa riittävän tarkka tilannekuva ja kehitysehdotuksia. Suurin haaste vastauksien

keräämisessä oli vastaajien kiireiset aikataulut, jolloin kyselyyn vastaamiseen ei ollut aikaa. Tutkimuksen kyselyosaan laadituista vastauksissa oli havaittavissa yhteneviä teemoja. Vaikka kysely oli toteutettu täysin anonyymisti, olivat teemat niin monessa vastauksessa esillä, että voidaan sanoa niiden olevan yhteisiä eri henkilöstöryhmille.

### 5.2.1 Leikkurialueen kunnossapitoryhmä

Pituusleikkureiden alueelle muodostettu kunnossapitoryhmittymä, joka yhdistää asentajia mekaanisen kunnossapidon, mekatronisen kunnossapidon ja sähköautomaatiokunnossapidon osastoilta koettiin erittäin positiiviseksi asiaksi. Vastauksissa yhdistyi näkemys, jonka mukaan ryhmän toiminta on onnistunut kohdistamaan rajalliset kunnossapitoresurssit tehokkaasti pituusleikkureille, joiden koetaan kerryttäneen paljon kunnossapidollista velkaa vuosien saatossa. Esiin nousi kuitenkin samassa yhteydessä huoli siitä, että leikkureiden kunnossapito nojaa hyvin vahvasti yksinomaan ryhmän jäsenten tietotaitoihin. Jos ryhmän henkilöstöä on poissa esimerkiksi terveyssyistä vikaantumisen sattuessa, voi laitteiden kunnostaminen olla hyvin haastavaa.

Ryhmän koetaan kehittäneen etenkin kommunikaatiota ja yhteistyötä eri kunnossapito-osastoiden välillä. Leikkureiden ollessa monimutkainen mekaniikasta, mekatroniikasta ja automaatiosta koostuva kokonaisuus on sen vikojen korjaaminen ja oireiden juurisyiden selvittäminen helpottunut ryhmän työskennellessä alueella. Kommunikaatio kunnossapidon ja tuotannon välillä on myös kehittynyt asentajien ollessa säännöllisesti välittömässä keskusteluyhteydessä tuotantohenkilökunnan kanssa. Etenkin henkilöt, jotka mainitsivat vastauksissaan työskennelleensä pituusleikkureiden tuotannossa niiden käyttöönotosta lähtien, vertasivat nykyistä kunnossapitoryhmää yli kymmenen vuotta sitten käytössä olleeseen alue-miesjärjestelmään. Kyseisessä järjestelmässä alueen kunnossapidosta vastasivat tietyt asentajat, jotka toimivat nykyisen ryhmän tavoin tiiviissä yhteistyössä tuotantohenkilöstön kanssa. Nyt käytössä olevassa toimintamallissa kunnossapito on jaoteltu linjaorganisaatioihin ja se perustuu toiminnanohjausjärjestelmän kautta luotuihin työtilauksiin.

Kehityskohteena nykyisessä toimintamallissa pidetään alueella tarvittavan erityisosaamisen liiallinen kasaantuminen tietyille avainhenkilöille. Kyseinen tilanne luo haasteita etenkin automaatiokunnossapidolle. Leikkureiden automaatiojärjestelmien ohjelmistoihin on jouduttu vuosien saatossa tekemään muokkauksia, joista on vastannut pitkälti yksi henkilö. Kyseisen

henkilön ollessa lomalla, sairaana, muissa töissä tai muuten estyneenä, on pituusleikkureiden automaatio-ongelmien ratkominen haastavaa. Ratkaisuksi tähän ongelmaan on kyselyn vastauksissa esitetty systemaattista tiedon ja osaamisen levittämistä kunnossapito-organisaatioissa. Käytännössä tämä tarkoittaisi muun automaatiohenkilökunnan systemaattista osallistamista leikkureiden kunnossapitoon ja perehdyttämistä erilaisilla koulutuksilla. Olisi myös syytä tarkistaa, miten hyvin muutoksia on dokumentoitu toiminnanohjauksjärjestelmään ja muihin tietokantoihin. Näiden kehitysehdotuksien hyödyntämistä rajoittaa kuitenkin kunnossapito-organisaation rajalliset resurssit ja työntekijöiden ja toimihenkilöiden aika, joka on pääasiassa käytettävä varsinaisten työtehtävien parissa.

### 5.2.2 Vikatilanteet, ennakkohuolto ja kunnossapidon suunnitelmallisuus

Pituusleikkureilta tunnistettiin useita vikaantuvia kohteita. Mekaaniset ongelmat painottuivat koneen kiinnirullausosan rullausasemiin ja etenkin painoteloihin. Rullausasemien ongelmiksi mainittiin etenkin varsinaisten rullauspäiden laakeroinnit ja erilaiset välykset rullausasemissa. Painotelat olivat mainittuina useassa vastauksessa haastavana kunnossapitokohteenä. Etenkin painoteloja käyttävät moottorit aiheuttavat säännöllisesti ongelmia johtuen automaattirasvauksesta. Sähkömoottoreihin kertyy rasvaa, jonka seurauksena ne vikaantuvat enneaikaisesti. Painotelojen hihnat ovat myös asentajia työllistävä kohde, mutta ovat kulu-  
tustavaraa, joiden vaihtamiseen voidaan varautua. Molempia pituusleikkureita koskeva ongelma on yli kahden vuosikymmenen ajan kestäneen tuotantokäytön aiheuttamat välykset koneissa. Leikkurit on suunniteltu hyödyntämään automaation mahdollistamia suuria ajonopeuksia. Välykset aiheuttavat mittausvirheitä ja heikentävät siten leikkureiden kykyä ajaa suurilla nopeuksilla.

Sähköautomaatiokunnossapidon ongelmina pidetään kyselyn vastausten mukaan etenkin erilaisten automaatiokomponenttien vanhenemista. Korkean automatisaatioasteen takia leikkurit sisältävät suuren määrän erilaisia automaatiokomponentteja. Erilaiset anturit ja ohjainkortit ovat komponentteja, joiden vikaantuminen voi aiheuttaa mittausvirheitä tai leikkurin toimintalogiikan häiriöitä. Erityisen haastavan automaatiokomponenttien vikaantumisessa tekee niiden ikä. Komponentit ovat voineet olla alun perin harvinaisia ja monen valmistus on leikkureiden yli kahden vuosikymmenen käyttöajan aikana lopetettu.

Leikkureiden hydraulikkajärjestelmien viat ovat kyselyn perusteella useimmiten erilaisia öljyvuotoja. Letkut, sylinterit, tiivisteet ja venttiilit ovat tavallisimpia kohteita vuodoille. Hydraulikkaöljyn vuotaminen ja tuotteeseen päätyminen on etenkin ongelmallista tehtaan noudattamien elintarviketurvallisuusstandardien, kuten ISO22000 takia. Vuodot myös saattavat aiheuttaa toimilaitteiden ei-toivottuja liikkeitä, kuten rullausasemien kelkkojen valumista. Varsinaiset venttiilien tai toimilaitteiden häiriöt eivät vaikuta olevan kovin yleisiä. Eri komponenteille on pyritty suorittamaan ”massavaihtoja”, joissa kaikki tietynlaiset komponentit vaihdetaan kerralla. Massavaihdot mahdollistavat tehokkaan työskentelyn ja helpottavat osaltaan kunnossapidon suunnittelua, kun tiedetään aika, jolloin kaikki tietynlaiset komponentit ovat vaihdettu leikkureille. Massavaihtojen huono puoli on kuitenkin yksittäisten käyttökelpoisten komponenttien ennaikainen vaihtaminen. Pituusleikkurien suuri hydraulikkakomponenttien määrä kuitenkin vaatii, että kunnossapitotoiminta on mahdollisimman tehokasta saatavilla oleviin resursseihin nähden, jolloin komponenttien massavaihdot ovat hyvä käytäntö.

Ennakkohuollon käytännön toteutuminen koetaan kyselyn vastausten perusteella heikoksi. Annettuja syitä ovat muun muassa osaavan henkilökunnan puute, kiire ja muiden kunnossapitoalueiden korkeampi prioriteetti. Toiminnanohjausjärjestelmään tallennettuja määräajoin toistuvia töitä ei ole ylläpidetty vastaamaan nykyistä henkilöstömäärää ja toimintamallia, joten tarkastustöitä on jäänyt suorittamatta. Tehokkaampi tuotantohenkilökunnan osallistaminen KKP-toimintaan voisi olla tehokas ratkaisu ennakkohuollollisten tarkistusten ja pienten korjaustöiden suorittamisen tehostamiseksi.

Suunnitelmallisuuden ja ennakkohuoltotoiminnan kehittämiseksi myös vuorokunnossapidon tehokkaampi hyödyntäminen on mahdollista. Nykyisessä toimintamallissa vuorokunnossapidon työt eivät ole yleisesti suunniteltuja. Vuorokunnossapito koostuu paperitehtaan laajuisesti yhdestä mekaanisen puolen asentajasta sekä yhdestä sähköasentajasta ja he vastaavat vuoron aikana ilmenneisiin yllättäviin vikatilanteisiin, jolloin toiminta on reagoivaa. Vuorokunnossapidon työstä voitaisiin tehdä tehokkaampaa suunnittelemalla heille töitä etukäteen, joita he voisivat suorittaa illan ja yön aikana. Töiden tulisi kuitenkin olla pienimuotoisia tarkastus- ja huoltotöitä, joiden yllättävästä keskeytymisestä ei olisi merkittävää haittaa tuotannolle.

### 5.2.3 Käyntiasteen vaikutus kunnossapitotoimintaan

Pituusleikkurit on suunniteltu kykenemään jopa 3000 m/min ajonopeuksiin. Käytännössä kulloinkin käytetty ajonopeus on alhaisempi ja se vaihtelee ajettavan paperilaadun mukaan. Ajonopeuksia on pyritty nostamaan eri keinoin, mutta etenkin herkempien paperilaatujen kanssa vaikeuksia aiheuttavat ratakatkot ja rullien sivusiirtymät. Koneiden kulumisen seurauksena kasvaneet erilaiset välykset ovat omiaan vaikeuttamaan suurien ajonopeuksien saavuttamista. Kunnossapidon kannalta tilanne merkitsee sitä, että molempia pituusleikkureita tarvitaan käytännössä jatkuvasti tuotannon ylläpitämiseksi, eikä normaalikäynnin aikana ole helppoa suorittaa kunnossapitotoimia yhdelle leikkurille. Tutkimuksessa saaduissa vastauksissa painottui näkemys, että koko linjaa koskevien seisokkien aikana jäävät pituusleikkurit ja päällystyskonehalli toissijaisiksi paperikoneelle tehtäviin huoltoihin nähden. Monen vastaajan näkemys on, että alueella aktiivisesti toimivasta ryhmästä huolimatta ei pituusleikkureille kyetä kohdistamaan lisäresursseja, joita tarvittaisiin niiden perusteellisten huoltojen suorittamiseen, ennakkohuollollisista töistä puhumattakaan. Tuotannollisten seisokkien aikana suoritettuja kunnossapitotöitä vaikeuttavat myös tuotantohenkilöstön puute. Heitä tarvitaan kunnossapitotöiden aikana etenkin laitteiden asianmukaiseen turvallistamiseen, mutta myös ajamaan laitteiden huoltotöiden aikana tarvittavia liikkeitä, diagnosoimaan vikojen pohjasyitä ja tuomaan tuotannon näkökulmaa kunnossapitotoon yleisesti. Voidaankin siis sanoa, että kysynnän laskusta seuraavia tuotannollisia seisokkeja ei pystytä hyödyntämään täysimääräisesti kunnossapito- ja tuotantohenkilöstöresurssien puutteen takia.

Tuotantolinjan ja etenkin pituusleikkurien huoltotoiminnan suunnitelmallisuutta tulisi vastausten mukaan kehittää. Kyselyn vastausten perusteella koetaan, että nykyisen matalan kysynnän markkinatilanteen seurauksena pidetyt tuotannolliset seisokit eivät ole kunnossapitotoimintaan ideaaleja. Koetaan, että käynnin aikana ilmenneet korjaustarpeet kasautuvat tehtäviksi tuotannollisten seisokkien aikana. Tuotantohenkilökuntaa ei kuitenkaan voida usein tällöin käyttää, jolloin joidenkin kohteiden huoltaminen on vaikeaa tai mahdotonta. Tuotantohenkilökuntaa tarvitaan kunnossapidon yhteydessä ajamaan laitteita tarvittaviin asentoihin ja turvallistamaan ne asianmukaisesti. Myös käyttökunnossapitotoon osallistuvien tuotantotyöntekijöiden hyödyntäminen vaikeutuu. Ratkaisuksi on ehdotettu esimerkiksi säännöllisen leikkurien huoltopäivän pitämistä myös tavallisen käynnin aikana. Yhdellä pituusleikkurilla on mahdollista ajaa koko paperikoneen tuotanto tietyillä paperilajeilla. Malli

vaatisi tiivistä yhteistyötä tuotannon ja kunnossapidon työnjohdon kesken, mutta mahdollistaisi esimerkiksi yhden viikonpäivän valitsemisen leikkurien kunnossapitotoimintaa varten.

Kunnossapidon toimintamalleja olisi myös mahdollista kehittää siten, että matala käyntiaste huomioidaan konkreettisesti vähentämällä tai lisäämällä kunnossapitotoimintaa paperikoneen käyntiasteen muuttuessa tiettyjen kynnysten ylitse. Esimerkiksi käyntiasteen laskiessa puoleen voitaisiin tietoisesti rajoittaa ennakkohuollollisten tarkastusten määrää, jos niitä vähentämällä voitaisiin kohdistaa kunnossapitohenkilökunnan huomio muille alueille.

#### 5.2.4 Toiminnanohjausjärjestelmän toimintopaikkahierarkia

Paperitehtaan kaikki tuotantolaitteet ovat sijoiteltuna SAP-toiminnanohjausjärjestelmässä toimintopaikkahierarkiaan. Toimintopaikat ovat jaoteltu eri tasoille, esimerkiksi toimintopaikka ”paperitehdas” käsittää muun muassa toimintopaikat ”PK8” ja ”PK9” jotka käsittävät omia alempia toimintopaikkojaan, kuten perälaatikko, viiraosa ja niin edelleen. Toimintopaikkojen alapuolella rakenteessa ovat yksittäiset laitteet ja komponentit eli nimikkeet. Tarkoituksena järjestelmässä on ollut luoda helposti ymmärrettävä ja looginen hierarkia, jonka avulla vikailmoituksia ja kustannuksia voidaan kohdistaa rajatuille alueille työsuunnittelun ja tilastoinnin helpottamiseksi.

Toimintopaikkojen rakenne PK8-linjan pituusleikkureiden alueelta koetaan kunnossapitoorganisaatiossa puutteelliseksi. Rakenne on tuotu SAP-järjestelmään aikaisemmasta kunnossapitojärjestelmästä. Siirto järjestelmien välillä ei kuitenkaan johtanut optimaaliseen lopputulokseen, vaan pituusleikkureiden toimintopaikkojen rakenteisiin on jäänyt erilaisia, sen käyttöä hankaloittavia vikoja ja erikoisuuksia. Helpoiten havaittava puute rakenteessa on sen sekavuus. Esimerkiksi PL1 toimintopaikan alla on sekä alempia toimintopaikkoja että laitteita ja nimikkeitä ilman riittävää jaottelua alempiin toimipaikkoihin. Vikailmoituksia ja kunnossapitotöitä on vaikea kohdistaa oikein, ja pitkien listojen selaaminen on ohjelmassa hidasta. Useiden nimikkeiden merkinnät ovat myös puutteelliset, eivätkä ne sisällä varsinaista nimikenumeroa.

Tehtaan kahden WinRoll-pituusleikkurin samankaltaisuudesta huolimatta leikkurien toimintopaikkahierarkiat ovat myös hyvin erilaiset toisiinsa nähden. Toisen leikkurin alla voi olla nimikkeitä, jotka puuttuvat täysin toisen leikkurin rakenteesta. Toimintopaikkahierarkiat

myös poikkeavat toisistaan rakenteeltaan. Nämä epäjohtonmukaisuudet vaikuttavat laitteille tehtävien vikailmoitusten kohdistamiseen ja työtilausten suunnitteluun. Epäjohtonmukaiset rakenteet vaikeuttavat vikailmoitusten kohdentamista, sillä ilmoituksia tekevät henkilöt eivät välttämättä osaa kohdistaa tai ehdi etsimään oikeita toimintopaikkoja ja laitteita vikailmoitusta varten. Ilmoitukset kohdistetaan siis usein jollekin korkean tason toimintopaikalle, joka puolestaan hankaloittaa ilmoituksia käsittelevän kunnossapitoinsinöörin työtä. Kunnossapitoinsinöörin on löydettävä mahdollisimman tarkka toimintopaikka suunniteltavana olevalle työlle varaosien, kohteen vikaantumishistorian, kustannusten kohdistamisen ja muiden toiminnanohjausjärjestelmän ominaisuuksien takia. Usein myös vikailmoituksiin kirjatut saatetekstit ovat vähäisiä tai olemattomia, jolloin vian laadun ja kiireellisyyden selvittäminen vaikeutuu edelleen. Epäselvä rakenne hidastaa kunnossapitoinsinöörien työskentelyä ja voi tuottaa suuria haasteita etenkin henkilöille, joilla ei ole merkittävää kokemusta kyseisestä kohteesta ja sen toimintopaikkahierarkiasta. Vikailmoitukset voivat myös tulla väärin kohdennetuiksi epäselvän rakenteen takia, joka voi johtaa kunnossapitotöiden viivästyksiin ja jopa täysin väärin komponenttien tilaamiseen tai vaihtamiseen.

### 5.3 Kyselytutkimus muille tehtaille

Yleisellä tasolla WinRoll-tyyppisten pituusleikkureiden haasteet ovat olleet samankaltaisia kaikissa tarkasteltavissa laitoksissa. Leikkurit ovat jo vähintään kaksikymmentä vuotta vanhoja jokaisessa laitoksessa ja monet komponentit ovat tulleet käyttöikänsä päähän. Komponentit vikaantuvat ikääntyessään kiihtyvään tahtiin aiheuttaen suunnittelemtomia seisokkeja. Kiihtyvään tahtiin vikaantuvien pituusleikkureiden huoltaminen koetaan ”tulipalojen sammutteluksi”, jossa suunnitelmallinen ennakkohuolto on ajan ja muiden resurssien puutteessa mahdotonta.

UPM Rauman tehdas valmistaa päällystettyjä aikakausilehtipaperilajeja kahdella paperikoneella. Tehtaan kapasiteetti on 645000 tonnia vuodessa. Tehtaalla on käytössä kaksi WinRoll-pituusleikkuria, joiden kunnossapidosta vastaa poikkeuksellisesti jälkikäsitteilyalueen käyttöinsinööri. Suurimmat haasteet pituusleikkurien kunnossapitoon Rauman tehtaalla aiheuttavat tehtaan henkilökunnan mukaan kunnossapitoresurssien ja ajan puute. Ennakkohuolto koetaan haastavaksi, eikä kunnossapito ylipäättänsä ole tarpeeksi suunnitelmallista. Tehtaan kunnossapito-organisaatio, on suorittanut komponenttien massavaihtoja, mutta ne

ovat osien saatavuuden takia kalliita. Leikkurien painotelat kuitenkin huolletaan suunnitelmusti määräajoin. Matala käyntiaste on osaltaan mahdollistanut suurempien kuluvien osien vaihtamista.

Lappeenrannassa UPM Kaukaan paperitehtaan kunnossapito on jaoteltu alueellisemmin kuin muissa tarkasteltavissa laitoksissa. Jälkikäsitteily pituusleikkurit mukaan lukien kuuluvat oman kunnossapitoalueensa piiriin. Tehtaalla on yksi WinRoll-tyyppinen pituusleikkuri. Alueella on omat asentajansa, mutta yhteistyö muiden kunnossapitoalueiden kanssa on tavanomaista suhteellisen pienen asentajamäärän takia. Kaukaan paperitehtaan KKP-toiminta on aktiivista ja tuotantohenkilökunta suorittaa suuren osat tarkastus- ja voitelutöistä. KKP-toiminnan menestykselle tehtaalla ei ole yhtä selitystä, vaan se on lähtöisin tuotantotyöntekijöiden onnistuneesta sitoutumisesta ja omistautumisesta tuotantolaitteilleen. Sekä tuotanto- että kunnossapito-organisaatiosta on kuitenkin eläköitymisien ja muiden syiden takia poistunut asiantuntevia ja paljon kokemusta omaavia henkilöitä, mikä luo haasteita etenkin WinRoll-pituusleikkurin huoltoon. Kyseisten laitteiden kunnossapito on pyritty silti suorittamaan tehtaan omilla kunnossapitoresursseilla tietotaitojen ylläpitämiseksi. Laitteen alkuperäisen toimittajan palveluksesta on myös poistunut henkilöitä, joilla on ollut asiantuntevasta WinRoll-leikkureiden huoltamisesta. Tehtaan vuorokunnossapito on toteutettu eritaivoin kuin Kymillä, vuoroasentajat ovat pääasiallisesti tuotantotehtävissä, joista heidät voidaan irrottaa kunnossapitotoimiin nopeasti. WinRoll-leikkurin ennakkohuolto-ohjelma Kaukaan tehtaalla on pysynyt samankaltaisena sen käyttöönotosta lähtien, joskin siihen on tehty pieniä muutoksia, joiden avulla on pienentynyt kunnossapito-organisaatio pyritty huomioimaan. Tästä huolimatta säännöllisesti toistuvista kunnossapitotöistä kyetään suorittamaan noin puolet. Leikkurien huoltoon vaikuttaa varsinaisen paperikonealueen suurempi prioriteetti kunnossapitotöitä suunniteltaessa. Tehtaalla on ollut keskustelua erillisen leikkurien huoltopäivän säännöllisestä pitämisestä, mutta toistaiseksi tämä on jäänyt toteutumatta.

#### 5.4 Tulosten objektiivisuus, luotettavuus ja virhetarkastelu

Tehdyssä tutkimuksessa hyödynnettiin kirjallisuuskatsauksen, tilastotutkimuksen ja kyselytutkimuksen triangulaatiota. Tilastotutkimusosiossa pyrittiin yhdistämään heikosta markkinatilanteesta seurannut matala koneiden käyntiaste kunnossapitokustannuksiin PK8-linjalla ja etenkin pituusleikkureilla sekä tutkimaan kunnossapitotoiminnan historiaa ja nykytilaa

toiminnanohjausjärjestelmään tallennettujen tietojen perusteella. Tutkimuksen validiteettia voidaan pitää hyvänä etenkin ensimmäisen kohdan osalta, sillä käyntiasteen ja kunnossapitokustannuksien yhdistäminen olivat työn toimeksiantajayrityksen nimenomainen tavoite. Kunnossapidon historian ja nykytilan arviointia rajoittivat toiminnanohjausjärjestelmään tallennetun tiedon laatu ja määrä. Työn edetessä kävi ilmi, että käytännöt muun muassa työtilausten kirjaamisessa ovat järjestelmän miltei kahden vuosikymmenen aikaisen olemassaolon aikana muuttuneet. Etenkin järjestelmään ohjelmoitujen säännöllisten kunnossapitotöiden laatu ja töiden toteutuminen eivät välttämättä käy ilmi järjestelmään jääneiden tietojen perusteella.

Kyselyosion reliabiliteettia ja validiteettia on haastavaa mitata sen kvalitatiivisen luonteen takia. Esitetyt kysymykset, kyselyyn osallistuvat henkilöt ja kyselyn formaatti valittiin tuotanto- ja kunnossapidon toimihenkilöiden avustuksella ja niiden avulla pyrittiin löytämään vastauksia työn alussa esitettyihin ongelmiin. Kyselyn vapaamuotoisten kirjallisten vastausten avulla saatiin koottua tehtaan eri henkilöstöryhmien näkemyksiä pituusleikkureiden kunnossapidon tilasta. Saatuihin vastauksiin oli käytetty aikaa ja niiden sisältö oli asiapainotteista. Tämän mahdollisti onnistunut kyselyn kohdehenkilöiden valinta. Muille tehtaille esitetty kyselyt WinRoll-pituusleikkureiden kunnossapidosta olivat lyhempiä ja ne keskittyivät karkean yleistilan luomiseen muiden tehtaiden kunnossapito-organisaatioista. Kyselyt lähetettiin kunnossapito-organisaatioiden johtohenkilöille, jotka saivat halutessaan delegoida vastaamisen asiantunteville kunnossapitoinsinööreille.

## 6 Johtopäätökset ja suositukset

Tutkimuksen lähtökohtina olivat paperin heikon kysynnän aiheuttama matala käyntiaste ja PK8-linjan ja etenkin WinRoll-pituusleikkureiden suhteettoman kallis ja henkilökuntaa työllistävä kunnossapito. Tilastotutkimuksessa havaittiin, että käyntiasteen ja kunnossapitokustannusten välillä ei ole havaittavissa vahvaa korrelaatiota nykytilassa. Käyntiasteen ja kunnossapitokustannusten yhteen liittäminen suoraan vaatisi joidenkin toimenpiteiden suorittamatta jättämistä matalan käyntiasteen aikana, mikä on haasteellista toteuttaa tuotannollisten seisokkien lyhyiden kestojen takia. Tilastotutkimuksessa huomattiin kuitenkin, että vikailmoitusten ja kunnossapitotilausten määrät ovat laskeneet kolmen viime vuoden aikana, jolloin myös käyntiaste on ollut säännöllisemmin matala kuin aiempina vuosina. Dataa analysoitaessa huomattiin, että SAP-toiminnanohjausjärjestelmään kirjatut tiedot töistä ja niiden todellisesta toteutumisesta olivat sekä osittain harhaanjohtavia että eri aikakausina eri periaattein kirjattuja. Etenkin ennakkohuollollisten kunnossapitotöiden todellista toteutumista PK8-linjan pituusleikkurien olemassaolon ajalta on työtilausten perusteella hyvin vaikeaa arvioida. Tutkimuksessa havaittiin myös kuitenkin positiivisia kehityssuuntia esimerkiksi vikailmoitusten määrän laskussa ja MTBF-tunnusluvun suurenemisessa kolmen viime vuoden ajalta, mutta pelkän tilastotarkastelun perusteella on vaikea päätellä johtuvatko muutokset tuotannollisista seisokeista vai pituusleikkurien kunnossapidon kehittymisestä sen ”oman” kunnossapitoryhmän toiminnan myötä. KKP-toiminnan ei voida olettaa olevan muutosten takana, sillä tilastotutkimuksessa huomattiin toteutuneiden KKP-työtuntien pysyneen karkeasti vakiona kolmen vuoden tarkastelujakson aikana.

Tutkimuksen kyselyosiossa selvitettiin PK8-linjan pituusleikkureiden kunnossapitotoiminnan historiaa, nykytilaa ja tulevaisuutta. Kyselyn vastaajiksi valittiin pituusleikkurien kunnossapidon kanssa aktiivisesti työskenteleviä tuotannon ja kunnossapidon työntekijöitä ja toimihenkilöitä. Vastauksista havaittiin kolme pääteemaa: Pituusleikkureiden kunnossapitoryhmän koettiin tehostavan leikkureiden kunnossapitoa, yleinen suunnitelmallisuus leikkureilla koettiin heikoksi ja lisääntyneitä tuotannollisia seisokkeja ei ole pystytty hyödyntämään täysimääräisesti. Vastauksissa myös luetteloitiin kunnossapidollisesti merkittäviä mekaanisia, hydraulisia ja sähköisiä komponentteja, jotka ovat työllistäneet tai tulevat luultavasti työllistämään kunnossapitoa erityisesti. Erillisenä havaintona tuotiin myös esille

nimenomaisesti PK8-linjan pituusleikkureita koskeva ongelma niiden toiminnanohjausjärjestelmään luodun toimintopaikkahierarkian sekavuudesta, jonka selkeyttäminen helpottaisi kunnossapitoinsinöörien työsuunnittelua.

Kirjallisuuskatsauksen, tilastotutkimuksen ja kyselytutkimuksen perusteella voidaan todeta, että laitteille omistautuneet tuotannon työntekijät ja kunnossapitoasentajat ovat tehokkaimpia työntekijöitä. Tietämys laitteista, into oppia uutta ja etenkin halu pitää laitteet siisteinä ja kunnossa on korkeimmillaan, kun ne koetaan työntekijöiden ”omiksi”. Leikkurien oman kunnossapitoasiantuntijoiden ryhmän ja vahvan KKP-toiminnan edistämistä voidaan siis pitää järkevimpinä vaihtoehtoina kunnossapidon yleiseen tehostamiseen leikkurien alueella. Kunnossapitoryhmän ongelmallisena puolena voidaan kuitenkin pitää tiedon ja vastuun kasaantumista harvalukuisten asentajien joukolle. Tietoa ja osaamista tulisi levittää osallistamalla useampi asentaja kunnossapitotöihin sen sijaan, että samat henkilöt suorittavat kaikki kunnossapitotoimenpiteet kerrasta toiseen. Leikkureista opittuja asioita ja tehtyjä muokkauksia tulisi myös dokumentoida järjestelmällisesti sen varalle, että nykyiset asiantuntijat eivät ole aina saatavilla laitteita korjaamaan. KKP-toimintaa tulisi edistää houkuttelemalla lisää tuotantohenkilökuntaa toimintaan mukaan ja hyödyntämällä olemassa olevia KKP-henkilöitä suunnitelmallisemmin. Toiminnasta maksettavan lisäkorvauksen suuruutta tulisi tarkastella ja markkinoida KKP-toimintaa tuotantohenkilökunnan työtä helpottavana toimintamallina, joka takaa laitteiden toimivuuden. KKP-henkilökunnalle tulisi myös jakaa nykyisiä kunnossapidon pieniä ennakkohuolto- ja tarkastustöitä kunnossapidon työtaakan keventämiseksi. Esimerkiksi Kaukaan paperitehtaalla tuotantohenkilökunta avustaa varsinaista voitelijaa erilaisissa voitelutöissä. KKP-henkilökunnan työnkuvan laajentuminen vaatisi kuitenkin tarkkaa kartoitusta nykyisen KKP-henkilökunnan taidoista. Järjestelmän kehittäminen alkaa nykytilan ymmärtämisestä ja paras vaihtoehto KKP-henkilökunnan osaamistason selvittämiseksi olisi todennäköisesti yksilölliset haastattelut. Jos KKP-toimintaa saataisiin kehitettyä laajalti kunnossapito-organisaatiota tukevaksi työkaluksi, pitkän aikavälin säästöt voisivat olla huomattavat, jos urakoitsijatyövoiman tarve vähentyy.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaan todeta, että kunnossapidon suunnitelmallisuus ja ennakkohuollon määrä ovat suoraan yhteydessä kunnossapidon kustannuksiin ja tehokkuuteen. Kyselytutkimuksessa saaduissa vastauksissa toistui kuitenkin näkemys, että ennakkohuollon määrä on vähäistä ja että toiminta on laajalti reagoivaa etenkin PK8-linjan pituusleikkureilla. Tilastotutkimuksessa havainnoidut tulokset tukivat näkemystä ja

samankaltainen tilanne on ilmennyt myös muilla tehtailla. Pituusleikkurialueen työt myös kasaantuvat tuotannollisiin seisokkeihin, jolloin niiden toteuttamista haittaavat usein tuotantohenkilöstön puute ja kunnossapitoasentajien kiireet muiden alueiden töiden kanssa. Pituusleikkureita on kuitenkin kaksi kappaletta ja ne ovat kuitenkin kykeneväisiä käsittelemään koko paperikoneen tuotannon yksinään, jos paperilaatu sallii tarpeeksi suuren ajonopeuden. Suunnittelemalla leikkureille erillisen huoltopäivän tavalliselle tuotantoviikolle voitaisiin niiden kunnossapitoa kehittää suunnitelmallisemmaksi ja osallistaa paikalla olevaa tuotantohenkilökuntaa paremmin kunnossapitotöihin. Tämä toimintamalli vaatisi syvempää yhteistyötä kunnossapito- ja tuotanto-organisaatioiden välillä mutta tehostaisi todennäköisesti kunnossapitoa ylipäättänsä.

Asentajien osaamisia ja kunnossapidon yleistä suunnitelmallisuutta voitaisiin myös kehittää luomalla malli, jossa kunnossapitoasentajat siirtyvät rotaatioissa tietyin aikaväleihin ryhmästä ja positiosta toiseen. Nykyisessä toimintamallissa asentajia pyritään kierrättämään erilaisissa rooleissa kunnossapito-organisaation sisällä, mutta toiminta ei ole suunnitelmallista, vaan perustuu yksinomaan asentajien ja heidän esimiestensä toiveisiin ja tarpeisiin. Asentajien toiveet ja tarpeet tulisi olla myös uuden järjestelmän perusta, mutta siirtoja tulisi suunnitella etukäteen kauemmas tulevaisuuteen tai pitää niistä edes järjestelmällisesti kirjata, jotta voitaisiin nähdä laajempi kuva siitä, millä alueilla uutta osaamista kannattaisi kartuttaa.

Vuoroasentajien suunnitelmallisempi hyödyntäminen kunnossapitotoiminnassa olisi tehokas keino nykyisten kunnossapitoresurssien kokonaisvaltaisempaan hyödyntämiseen. Vuoroasentajina jokaisessa vuorossa toimii sekä mekaanisen puolen asentaja että sähköasentaja, joiden työpanos on vajavaisesti hyödynnetty nykytilassa. Vuoroasentajille voitaisiin esimerkiksi suunnitella viikon edestä yksinkertaisia tarkistuskiertoja, huoltotöitä ja muita kunnossapidollisia toimia joiden keskeytyminen ei aiheuttaisi haittaa, jos illan ja yön aikana sattuu vakavampia vikaantumisia, joihin tulee välittömästi vastata. Töiden toteutumisen valvomisesta vastaisi kunkin vuoron oma vuoroinsinööri ja koko työlistan tilanteen tarkistaisi viikon loppupuolella sen suunnittelusta vastaava kunnossapitoinsinööri. Vaihtoehtoinen toimintamalli voisi myös erottaa varsinaisia asentajia viikoittain suorittamaan yksinomaan tällaiselle listalle koottuja töitä. Toimintamalli on ollut historiallisesti käytössä joillakin tuotantolaitoksilla. Se kuitenkin edellyttää asentajilta kuitenkin kykyä itsenäiseen työskentelyyn ja ei ole varmaa onko nykyisessä, verrattaen pienessä kunnossapito-organisaatiossa varaa kohdentaa yhtäkään asentajaa tämänkaltaiseen toimintaan jatkuvasti. Varsinaisen

asentajan määrääminen tietyksi ajaksi koko tehtaan laajuuden käsittäviin huoltotöihin kuitenkin mahdollistaisi kokemuksen vaihtelevista työkohteista ja tutustuttaisi asentajia tehtaan eri alueisiin.

Vaatimuksena vuorokunnossapidon ja edellä mainitun yksittäisen ennakkohuoltotoimintaan erotetun asentajan toimintamalleille on jonkun nimetyn vastuuhenkilön ylläpitämä työlista, josta asentajat voivat työt valita. Listatöiden tulisi olla yksinkertaisia tarkistuksia ja huoltoja, jotka ovat toteutettavissa yhden henkilön voimin ja keskeytettävissä, jos akuutimpi vika ilmenee jossain muualla. Etenkin vuoroasentajia hyödyntävässä toimintamallissa töiden keskeytyksiä voi tulla useasti, mutta tällöin käytössä on myös kaksi asentajaa, mekaaninen vuoroasentaja ja vuorosähköasentaja. Asentajien työ olisi toimintamalleissa varsin itsenäistä, mutta kussakin vuorossa toimivalla vuoroinsinöörillä olisi vastuu valvoa, että työt edistyvät. Itsenäisen toiminnan helpottamiseksi olisi ensisijaisen tärkeää, että SAP-toiminnanohjausjärjestelmässä olisi selkeän työlistan lisäksi selkeä toimintopaikkahierarkia, josta oikeat kohteet ja siten varaosat löytyvät nopeasti. Etenkin PK8-linjan pituusleikkureiden osalta SAP toimintopaikkajärjestelmä tulisi järjestellä uudelleen ja tarkastella samalla myös tarpeita muiden alueiden toimintopaikkahierarkioiden selkeyttämiselle. Toimintopaikkahierarkian selkeytys vaikuttaisi myös positiivisesti kyselytutkimuksen vastauksissa mainittuihin vajavaiisiin vikailmoituksiin. On havaittu, että usein ilmoituksista puuttuu oleellisia tietoja vian laadusta, ilmoituksen tekijästä ja etenkin vikaantuneen kohteen tarkasta sijainnista. Selkeämpi toimintopaikkarakente helpottaisi siis vikailmoitusten kohdentamista. Puutteellisiin vikailmoituksiin voitaisiin myös kehittää erillinen ohje, joka voitaisiin kiinnittää tuotantohenkilöstön yhteiskäyttötietokoneiden luokse.

## 6.1 Kehitysehdotukset

Kehitysehdotukset ovat esitettyinä alla lyhyin kuvauksin. Niiden vaikutuksia on pyritty arvioimaan parhaimman saatavilla olevan tiedon mukaan.

### 6.1.1 Pituusleikkurien huoltoryhmän osaamisen jakaminen muille asentajille

Kuten tutkimuksessa on todettu, pituusleikkurin ”oma” huoltoryhmä on hyvä asia. Osaaminen on kuitenkin keskittynyt liiaksi muutamalle yksittäiselle asentajalle, joka hankaloittaa

kunnossapitotoimintaa poissaolojen aikana. Tuotannon keskeytymisestä aiheutuvat epäsuorat kustannukset voivat olla tällöin suuret

- Kunnossapidon työnjohdon tulee hyödyntää muita asentajia pituusleikkureilla alueen asiantuntijoiden kanssa tai jopa heidän sijastaan yksinkertaisissa vikatilanteissa
- Alueelle perehtyneiden asiantuntijoiden tulee dokumentoida leikkureihin tehtyjä muutoksia ja perehdyttää alueella vähemmän toimivia asentajia.

### 6.1.2 Asentajien aluevaihtojen järjestelmällistäminen

Asentajien osaamisen kehittämiseksi heitä siirrellään kunnossapitoryhmästä toiseen. Toiminta ei kuitenkaan ole järjestelmällistä eikä sitä seurata. Asentajat voivat joustavammin auttaa eri alueiden töissä, kun heille on kertynyt kokemusta tehtaanlaajuisesti.

- Ylläpidetään kirjanpitoa asentajien siirroista
- Suunnitellaan tulevia siirtoja yhden tai kahden vuoden ajalle
- Siirrot perustetaan alueiden tarpeisiin, asentajan oppimiseen ja aikaisempiin siirtoihin.

### 6.1.3 Pituusleikkurien säännöllinen huoltopäivä

PK8-linjan pituusleikkureiden huoltaminen on monimutkaista mutta se koetaan myös reagoivaksi. Ennalta suunniteltu kunnossapito on tutkimuksen perusteella tehokkaampaa. Jos alueella pidettäisiin huoltopäivä säännöllisesti tavanomaisen tuotantotilanteen aikana, voidaan sinne kohdentaa enemmän tuotannon ja kunnossapidon henkilöresursseja.

- PK8-linjan WinRoll pituusleikkureille valitaan säännöllisin väliajoin toistuva huoltopäivä. Päivä voi olla esimerkiksi tietty viikonpäivä.
- Tuotanto-organisaatio valmistautuu ajamaan kyseisenä päivänä yhdellä leikkurilla ja avustamaan kunnossapitoa tuotantohenkilökunnalla
- Kunnossapito-organisaatio valmistelee päivälle työt ja riittävästi henkilöresursseja.

#### 6.1.4 Viikoittainen työsuunnitelma vuorokunnossapidolle

Vuorokunnossapidon toimintaa etenkin ilta- ja yövuorossa on tehostettavissa. Nykyisessä tilanteessa vuorokunnossapito lähinnä reagoi yllättäviin vikaantumisiin, jolloin toiminta ei ole suunniteltua. Yksi vuorokierto sisältää kaksi iltavuoroa ja kaksi yövuoroa. Jos oletetaan, että kustakin ilta- ja yövuorosta kuluu tunti hukkaan suunnittelemattomuuden takia, voidaan laskea, että vuorokierron aikana ovat asentajat neljä tuntia toimeettomina.

- Kunnossapidon työnjohto ylläpitää vuoroasentajille viikoittaista työlistaa ja valmistelee kuluvan viikon työt edellisellä viikolla
- Vuoroinsinööri valvoo töiden toteutumista oman vuoronsa aikana
- Kunnossapidon työnjohto tarkistaa ovatko listan työt tehty ja selvittää syyt, jos eivät ole
- Vuoron mekaaninen asentaja ja vuorosähkömies toimivat työparina, jos töissä niin vaaditaan ja suorittavat töitä itsenäisesti
- Työt ovat laadultaan tarkastuksia, huoltoja ja muita pieniä töitä, jotka voidaan jättää kesken, jos tuotannon kannalta kriittisessä laitteessa esiintyy yllättävä vika tai ilmenee muu akuutti tarve kunnossapitohenkilöstölle.

#### 6.1.5 KKP-toiminnan tehostaminen

Käyttökunnossapitotoiminnan lisääminen on tavoite työssä esitellyissä kunnossapitostrategioissa ja myös tehtaalla noudatettavassa UPM Kunnossapitostrategiassa (UPM 2021). Tilastotutkimusosiossa kuitenkin huomattiin, että toteutuneet KKP-tunnit eivät ole juuri lisääntyneet seurantajakson aikana. KKP-toiminta ei myöskään ole yhtä kattavalla tasolla, kuin esimerkiksi Kaukaan paperitehtaalla. KKP-toimintaan osallistuvien tuotannon työntekijöiden osaaminen tulee kartoittaa järjestelmällisesti henkilökohtaisilla haastatteluilla, jotta heidän taitojaan voidaan kehittää soveltuvin koulutuksin.

- Tuotantohenkilökuntaa tulee houkutella mukaan käyttökunnossapitotoimintaan
  - Mainostamalla KKP-toimintaa tuotantoa helpottavana ja tuotantohenkilökunnan taitoja kehittävänä toimintana

- Korostamalla, että lisääntynyt KKP-toiminta ei ole kunnossapito-organisaatiolta pois, vaan se keventää yksinkertaisten töiden kunnossapito-organisaatiolle aiheuttamaa työkuormaa
- Kehittämällä KKP-palkkiota siten, että se perustuu toteutuneisiin työtunteihin
- KKP-henkilöstön osaamista tulee kehittää
  - Nykyisen KKP-henkilöstön osaamistaso tulee selvittää henkilökohtaisin haastatteluin
  - KKP-henkilöstöltä vaadittavat taidot tulee määritellä
  - KKP-henkilöstöä tulee kouluttaa järjestelmällisesti näiden selvitysten perusteella
- KKP-toimintaa tulee hyödyntää tehokkaammin
  - KKP-henkilöstöä tulee hyödyntää mahdollisimman laajalti kunnossapitotoiminnassa aina kun mahdollista
    - Kartoittamalla KKP-henkilöstölle soveltuvia tarkistus- ja huoltotöitä
    - Hyödyntämällä KKP-henkilöstöä kunnossapitoasentajien apuna

#### 6.1.6 Leikkurien SAP-toimintapaikkahierarkian korjaaminen

SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä löytyvä PK8-linjan WinRoll-pituusleikkureiden toimintapaikkahierarkia on peräisin tehtaalla aiemmin käytössä olleesta vastaavasta järjestelmästä. Hierarkian siirto järjestelmästä toiseen ei kuitenkaan ole täysin onnistunut ja rakenne on epäjohdonmukainen, puutteellinen ja leikkurien välillä erilainen. Voidaan arvioida, että jos toimintapaikkarakenne aiheuttaa joka toinen viikko tunnin viivästyksen, on vuoden aikainen kerrannaisvaikutus 26 tuntia menetettyä aikaa. Tuotannonmenetyksistä aiheutuneet kerrannaisvaikutukset voivat myös olla erittäin merkittäviä etenkin nykyisessä haastavassa markkinatilanteessa.

- PK8-linjan pituusleikkureiden toimintapaikkarakenne korjattava

- Mallia tulee ottaa muiden paperitehtaiden vastaavista toimintopaikkarakenteista
- Muut vastaavista ongelmista kärsivät toimintopaikkarakenteet kartoitettava

#### 6.1.7 Asentajan erottaminen ennakkohuoltotöihin viikoksi

Ennakkohuoltotilanteen kehittämiseksi tulee kehittää toimintamalli, jossa yksi mekaaninen asentaja erotetaan viikon tai muun ennalta määritellyn jakson ajaksi suorittamaan ennakkohuoltotöitä. Töiden tulee olla lähtökohtaisesti yksin suoritettavia tarkastuksia, huoltoja ja muita töitä, jotka ovat mahdollisimman vapaasti suoritettavia ja mahdollisia jättää kesken, jos asentajaa tarvitaan äkillisesti muun tuotantoa uhkaavan vian korjaamisessa.

- Yksi asentaja suorittaa vuorollaan ennakkohuoltotöitä ennalta määrätyn ajan
- Kunnossapitoinsinöörit ylläpitävät soveltuvista töistä listaa, jonka perusteella asentaja suorittaa töitä itsenäisesti
  - Määrätty kunnossapitoinsinööri valvoo töiden etenemistä

#### 6.1.8 Koulutus vikailmoitusten tekemiseen henkilökunnalle

Puutteellisin tiedoin luodut vikailmoitukset aiheuttavat lisätöitä ilmoituksia käsitteleville kunnossapitoinsinööreille ja hidastavat vikojen korjaamista. Jos vikaa ei ole kuvailtu tarkasti ja ilmoitus on tehty yhteiskäyttökoneella ilman kirjaajan allekirjoitusta voi vikaantumiseen vastaaminen olla mahdotonta.

- Luotava yhden A4-arkin kokoiset ohjeet vikailmoitusten tekemiseen, jotka sijoitetaan kaikkien yhteiskäyttötietokoneiden yhteyteen
- Ohjeet sisältävät ilmoituksiin vaaditut minim tiedot
  - Vikaantuneen kohteen tarkka toimintopaikka ja sijainti
  - Miten vika ilmenee?
  - Miten vika vaikuttaa ympäristöönsä ja tuotantoon?

- Onko asialle tehty jotain toimenpiteitä ilmoittajan tai muiden toimesta?
- Kuka ilmoituksen on tehnyt?

### 6.1.9 Työtilauksiin sisällytetyn raportoinnin yhtenäistäminen

Vanhojen työtilausten tarkastelu on tärkeä osa työsuunnittelua. Paperitehtaalla on vaihtelevia käytäntöjä kunnossapitoilmoituksiin tehtävästä raportoinnista. Käytäntöjä tulisi yhtenäistää siten, että jokaiseen ilmoitukseen kirjataan vähintään tehdyt toimenpiteet. Mahdollisimman tarkkoihin sanallisiin kirjauksiin tulisi myös kannustaa tulevien kunnossapitotöiden suunnittelun helpottamiseksi. Myös tuntien ja varaosien merkkaamista etenkin säännöllisesti toistuville ennakkohuoltotöille tulee tehostaa.

- Suoritettuihin työtilauksiin tulee kirjata joko kunnossapitoinsinöörin tai kunnossapitoasentajan toimesta suoritettavat toimenpiteet
- Toteutuneet työtunnit ja käytetyt varaosat ovat kirjattava töille oikein

## 6.2 Suositusehdotusten arviointi

Ehdotettujen toimenpiteiden avulla on mahdollista kehittää kunnossapitoa haastavassa markkinatilanteessa. Ehdotetut toimet mahdollistavat olemassa olevien kunnossapitoresurssien tehokkaamman hyödyntämisen ja ovat siten yhteensopivia työn lähtökohtien kanssa. Etenkin kehitysehdotukset, jotka käsittelevät KKP-toiminnan ja vuorokunnossapidon tehokkaampaa ja suunnitelmallisempaa hyödyntämistä ovat todennäköisesti vaikuttavimpia keinoja kunnossapitotoiminnan tehostamiseksi. Ne myös kuitenkin vaativat varsinaisia toimintamallien muutoksia, ja ovat siten haasteellisimmin toteutettavissa. Vuorokunnossapidon järjestelmällisempi johtaminen on käytännössä toteutettavissa kunnossapito-organisaation johdon päätöksellä, mutta KKP-toiminnan tehostaminen on haasteellisempaa sen vapaaehtoisen luonteen takia.

Kaikki ehdotetut toimenpiteet vaativat suunnittelua ja työtä. Pituusleikkureiden huoltopäivänjärjestäminen on todennäköisesti pienimmällä vaivalla toteutettavissa oleva toimintamallimuutos. Sen toimivuus kuitenkin riippuu vahvasti tuotanto-organisaation kyvystä järjestää pituusleikkureiden ajotilanne sopivaksi. Suunnitelmallisuuden lisääminen

kunnossapitotoimintaan parantaa kuitenkin oletettavasti pitkän aikavälin tarkastelujaksolla pituusleikkurien käytettävyyttä ja madaltaa niiden vikaantumisherkkyyttä merkittävästi. Suunnitelmallisuus ja selkeys onkin mukana käytännössä kaikissa ehdotetuissa toimenpiteissä. Ehdotetut toimenpiteet mahdollistavat poispääsyn nykyisestä reagoivasta kunnossapidosta tehokkaampaan aktiiviseen ja suunniteltuun kunnossapidon toimintamalliin.

## 7 Yhteenveto

Paperimarkkinoilla laajasti vaikuttava kysynnän lasku vaikuttaa paperin tuotantolaitosten toimintaan. Heikon markkinatilanteen vallitessa tehtaiden tuotantoa rajoitetaan tuotannollisilla seisokeilla ja kustannusten seurantaan kiinnitetään erityistä huomiota. Tämä asettaa haasteita tehtaiden kunnossapito-organisaatioille, sillä säästöpainneiden lisäksi myös tuotteiden viivästymättömät toimitukset asiakkaille ovat kovan yritysten välisen kilpailun aikana tärkeitä. Nämä haasteet korostuvat etenkin verrattain monimutkaisessa mutta kuitenkin tuotannon kannalta kriittisessä kohteessa, kuten paperikonelinjan pituusleikkureilla. UPM Kymin paperitehtaan PK8-linjan pituusleikkurit ovat erittäin edistyneitä WinRoll-tyyppisiä keskiöruullainleikkureita. Tämän kaltaiset leikkurit ovat edistyneitä, mutta myös monimutkaisia ja jo ikääntyneitä. Leikkureiden laaja-alaisen automaation mahdollistavista mekaanisista, hydraulisista ja sähköisistä komponenteista suuri osa on tullut lähelle käyttöikänsä päätä, joka ilmenee yllättävinä äkillisinä vikaantumisina.

Teollisten laitosten kunnossapitotoimintaa on tutkittu laaja-alaisesti. Kunnossapito onkin alettu tutkimuksen seurauksena nähdä tuotantoa kokonaisvaltaisesti tukevana toimintana pakollisen kuluerän sijasta. Yksittäisten komponenttien ja laitteiden vikaantumiskäyrien lisäksi kunnossapidon hallintaan ja tehostamiseen on kehitetty metodeja ja strategioita, kuten RCM, TPM ja tuotanto-omaisuuden hallinta. Menetelmät lähestyvät kunnossapitotoimintaa omista näkökulmistaan, mutta ne kaikki sisältävät seuraavat tärkeät peruskäsitteet: ennakkohoolto, käyttökunnossapito ja henkilöstön sitouttaminen laitteistoihinsa. Kunnossapitotoimintaa käsittelevät tutkimukset kuitenkin usein myös toteavat erinäisten kirjallisuudessa esiteltyjen kunnossapitostrategioiden käytännön soveltamisen olevan hyvin haasteellista. Onnistuneet uudistukset vaativat työyhteisön kokonaisvaltaista sitoutumista toimintatapojen muutokseen vuosiakin kestäväen kehitysprosessin ajaksi. Toimintamallien on myös oltava kullekin tuotantolaitokselle ja yritykselle sovitettuja eikä yksittäistä, kaikkialle sovellettavissa olevaa mallia tehokkaasta kunnossapidosta ole olemassa.

UPM Kymin paperitehtaan kunnossapito on jaoteltu linjaorganisaatioittain. PK8-linjan kunnossapito-organisaatio vastaa alueesta, joka ulottuu paperikoneen massankäsittelystä rullienpakkaukseen asti. Linjojen kunnossapito-organisaatiot on jaoteltu mekaaniseen kunnossapitoon ja sähköautomaatiokunnossapitoon. Linjoilla toimivat myös alueiden omat

kunnonvalvojat ja koko paperitehtaalla toimiva mekatroniikkaryhmä. PK8-linjan WinRoll-pituusleikkureiden monimutkaisuudesta johtuvien haasteiden takia alueelle on muodostunut eri kunnossapitolajien edustajista koostuva asentajaryhmä, jolle on kertynyt kokemusta ja asiantuntemusta pituusleikkureiden kunnossapitotoiminnasta.

Tutkimus toteutettiin tilastotutkimuksena ja kyselytutkimuksena. Tilastotutkimuksen aluksi etsittiin korrelaatiota paperitehtaan käyntiasteen ja kunnossapitokustannusten kuukausittaisen muutosten välille. Minkäänlaisesta välittömästä tai viivästyneestä korrelaatiosta ei tehty havaintoja, joten voidaan todeta, etteivät kunnossapitokustannukset ole kovinkaan riippuvaisia hetkittäisestä käyntiasteesta. Tilastoista havaittiin myös, että pituusleikkureiden alueelle kirjatut vikailmoitukset ja työtilaukset ovat vähentyneet viimeisen kahden vuoden aikana. On kuitenkin vaikea määritellä, onko vähentymisen taustalla madaltunut käyntiaste vai pituusleikkurialueella aktiivisesti toimiva huoltoryhmä.

Kyselytutkimuksessa kerättiin näkemyksiä PK8-linjan pituusleikkureiden kunnossapitotoiminnan historiasta, nykytilasta ja kehityskohteista. Anonyymin kyselyn vastaajiksi valittiin edustajia pituusleikkureiden tuotannon ja kunnossapidon työntekijöistä ja toimihenkilöistä. Vastauksissa esiintyi yhteneviä näkemyksiä etenkin siitä, että pituusleikkureiden alueella toimiva kunnossapitoryhmän toiminta on tehostanut alueen kunnossapitoa huomattavasti. WinRoll-pituusleikkureiden monimutkainen rakenne ja automatisaation laajuus vaativat perehtyneisyyttä ja sitoutumista. Toimintamallin kääntöpuolena on kuitenkin tietotaidon ja vastuun kasautuminen pienen ryhmän varaan. Etenkin automaatiotyöt ovat haastavia toteuttaa ilman perehtyneisyyttä leikkurin toimintaan. Yleisellä tasolla pituusleikkurien kunnossapito on kohtalaisella tasolla, mutta ennakkohuolto koetaan puutteelliseksi ja reagoivaksi. Matalaa käyntiastetta ei ole myöskään vastausten perusteella kyetty hyödyntämään täysimääräisesti. Myös toiminnanohjausjärjestelmässä oleva sekava toimintopaikkahierarkia on mainittu vastauksissa työsuunnittelua ja varaosien etsimistä hidastavana tekijänä. Muille UPM paperitehtaille lähetettiin erillinen kysely, johonka saatujen vastausten avulla voidaan todeta, että samankaltaisia ongelmia on kohdattu myös muiden WinRoll-tyyppisten pituusleikkurien kunnossapidon yhteydessä. Kunnossapitotoimintaa on kuitenkin tehostettu muun muassa hyödyntämällä tuotantohenkilöstöä enemmän käyttökunnossapitotoiminnassa.

Kirjallisuuskatsauksesta, tilastotutkimuksesta ja kyselytutkimuksesta saatujen tietojen perusteella voidaan esittää kehitysehdotuksia kunnossapidon tehostamiseksi haastavassa markkinatilanteessa. Kehitysehdotuksien tärkeimmät teemat ovat suunnitelmallisuuden

lisääminen ja olemassa olevien resurssien laajempi hyödyntäminen. Tuotantohenkilöstöä, vuorokunnossapitoa ja varsinaisia kunnossapitoasentajia voidaan johtaa suunnitelmallisemmin. Toimintamallien muuttaminen on kuitenkin suunnittelua ja aikaa vaativa prosessi, jonka toteutus on suoritettava kokonaisvaltaisesti tuotannon ja kunnossapidon toimihenkilöiden ja työntekijöiden yhteistyönä.

## Lähteet

- Ahvenainen, J. 1973. Paperitehtaista suuryhtiöksi Kymin Osakeyhtiö vuosina 1918–1939. Kuusankoski: Kymin Osakeyhtiö. 352 s.
- Ben-Daya, M., Duffuaa, S. O., Raouf, A., Knezevic, J. & Ait-Kadi, D. 2009. Handbook of Maintenance Management and Engineering. London: Springer London. 741 s.
- Chen, P. Y. & Popovich, P. M. 2002. Correlation. Thousand Oaks, California: SAGE Publications, Inc. 104 s.
- Díaz-Reza, J. R., García-Alcaraz, J. L. & Martínez-Loya, V. 2019. Impact Analysis of Total Productive Maintenance: Critical Success Factors and Benefits. Cham: Springer International Publishing. 346 s.
- Duffuaa, S. O. & Raouf, A. 2015. Planning and Control of Maintenance Systems Modelling and Analysis. 2nd ed. Springer International Publishing. 348 s.
- Faccio, M., Persona, A., Sgarbossa, F. & Zanin, G. Industrial maintenance policy development: A quantitative framework. International journal of production economics, 2014–01, Vol.147, s. 85–93.
- Järviö, J. 2000. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Rajamäki: KP-Tieto. 192 s.
- Kalpakjian, S. & Schmid, S. R. 2023. 6th ed. Manufacturing processes for engineering materials. Harlow: Pearson Education, Limited. 86 s.
- KnowPap. 2021. Paperitekniikan oppimisympäristö. Versio 26.0. Viitattu 29.1.2025. Saatavilla: <https://www.knowpap.com/>
- Latta, G. S., Plantinga A. J. & Sloggy M. R. 2016. The Effects of Internet Use on Global Demand for Paper Products. Journal of Forestry volume 114. s. 8.
- Leiviskä, K. 2009. Papermaking science and technology. Book 14, Process and maintenance management. 2nd ed. Helsinki: Paper Engineers' Association. 379 s.
- Liu, M., Li, L. & Yan, F. 2024. Intelligent Predictive Maintenance. 1st ed. 2024. Singapore: Chemical Industry Press. 486 s.

- Metsäteollisuus Ry. 2024. Metsäteollisuuden tuotantomäärät. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.1.2025. Saatavilla: <https://www.metsateollisuus.fi/uutishuone/metsateollisuuden-tuotantomaaarat>.
- Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito: käsikirja. 1. painos. Helsinki: KP-Media. 606 s.
- PSK 6201. 2022. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 4. painos. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. 44 s.
- PSK 7501. 2024. Kunnossapidon Tunnusluvut. 3. painos. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry. 44 s.
- Rautiainen, P. 2010. Papermaking science and technology. Book 10, Papermaking: part 3, Finishing. 2nd ed. totally updated version. Helsinki: Finnish Paper Engineers' Association. 401 s.
- Sarferaz, S. 2024. Embedding Artificial Intelligence into ERP Software: A Conceptual View on Business AI with Examples from SAP S/4HANA. 1st ed. 2024. Cham: Springer Nature Switzerland. 434 s.
- SFS-ISO 55000. 2024. Omaisuudenhallinta. Yleiskuvaus, periaatteet ja termit. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 45 s.
- UPM. 2021. UPM Communication Papers & Speciality Papers FIN asset management strategy. (Ei julkisesti saatavilla)
- UPM. 2024. UPM Vuosikertomus 2023. Verkkojulkaisu. Viitattu 13.1.2025. Saatavilla: <https://user-fudicvo.cld.bz/UPM-Vuosikertomus-2023>
- UPM. 2025. Paperitehtaamme: UPM Kymi. Verkkojulkaisu. Viitattu 29.1.2025. Saatavilla: <https://www.upmpaper.com/fi/tietoa-meista/paperitehtaamme/upm-kymi/>
- Valli, R. 2015. Johdatus tilastolliseen tutkimukseen. 2., uudistettu painos. Jyväskylä: PS-kustannus. 169 s.
- Valtanen, E. 2019. Tekniikan taulukkokirja. 22. painos. Jyväskylä: Genesis-Kirjat Oy. 1320 s.

Velmurugan, R. S. & Dhingra, T. 2021 Asset Maintenance Management in Industry: A Comprehensive Guide to Strategies, Practices and Benchmarking. 1st ed. Springer International Publishing.

Willmott, P. & McCarthy, D. 2001 TPM: a route to world-class performance. 2nd ed. Oxford ; Butterworth-Heinemann.

Liite 1. Kysely pituusleikkureiden kunnossapidosta tehtaan henkilöstölle.

1. Minkälaiseksi koette PL1/2 kunnossapidon nykytilan yleisellä tasolla? Mikä toimii, mikä ei toimi, yms.
2. Onko kunnossapitotoiminta pituusleikkureilla muuttunut viimeisen kahden vuoden aikana? Entä koko sinä aikana, kun olette työskennelleet leikkureiden parissa? Onko se osittain tai kokonaisuutena kehittynyt tai heikentynyt? Jos on, niin miten?
3. Onko matala käyntiaste vaikuttanut pituusleikkureilla suoritettavaan kunnossapittoon? Tulisiko kunnossapitotoiminnassa ottaa käyntiasteen muutokset enemmän huomioon? Jos pitäisi, niin miten?
4. Minkälaisia ovat kokemustenne perusteella yleisimmät, toistuvat viat/laiterikot PL1/2 alueella? Miten niitä voitaisiin mielestänne paremmin ehkäistä?
5. Minkälaisia ovat kokemustenne perusteella vakavimmat viat/laiterikot PL1/2 alueella, jotka aiheuttavat eniten ylimääräistä työtä ja tuotannon menetyksiä? Miten niitä voitaisiin mielestänne paremmin ehkäistä?
6. Onko pituusleikkureilla sellaisia vikoja, joiden uskotte erityisesti lisääntyvän tulevaisuudessa? Jos on, niin miten niitä voitaisiin ehkäistä?
7. Miten PL1/2 kunnossapitoa tulisi muuten kehittää? Tulisiko esimerkiksi organisatiota tai joitakin toimintatapoja muuttaa jollain tavalla?
8. Tehdäänkö pituusleikkureilla kunnossapitotöitä, jotka ovat mielestänne turhia? Tai töitä, joita suoritetaan liian usein?
9. Muuta kommentoitavaa pituusleikkureihin liittyen tai muuhun yleiseen kunnossapitotoimintaan?

Liite 2. Kysely muille paperitehtaille WinRoll-pituusleikkurien kunnossapidosta.

1. Minkälainen on kunnossapitonne toimintamalli pituusleikkureidenne alueella? Eroaako se tehtaan muiden alueiden kunnossapidosta?
2. Miten kuvailisitte pituusleikkureilla suoritettavaa ennakkohuoltotoimintaa?
3. Onko tehtaallanne käytössä erityisiä toimintamalleja, joiden on havaittu tehostaneen kunnossapitoa ja laskeneen kunnossapitokustannuksia pituusleikkureiden alueella?
4. Ovatko tehtaanne mahdolliset käyntiasteen vaihtelut vaikuttaneet pituusleikkureidenne kunnossapitoon?