# TELOJEN KUNNOSSAPIDON LAADUNHALLINNAN KEHITYS

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Konetekniikan diplomityö

2022

Janne Häyhä

Tarkastajat: Professori Juha Varis

DI Juho Paajanen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Konetekniikka

Janne Häyhä

**TELOJEN KUNNOSSAPIDON LAADUNHALLINNAN KEHITYS**

Konetekniikan diplomityö

2022

112 sivua, 13 kuvaa ja 1 liite

Tarkastajat: Professori Juha Varis ja DI Juho Paajanen

Avainsanat: Telahuolto, telahionta, laadunhallinta

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tutkia Stora Enson Imatran tehtaiden telahuollon ja -hionnan laadunhallinnan nykytilaa ja kehitysmahdollisuuksia sekä muodostaa kahden telatyypin huoltosuunnitelmat sekä telahionnan laadunhallinnan ohjeistus. Tutkimuksessa käytettävät menetelmät ovat toisistaan riippumattomien aineistojen vertailu ja näistä muodostettavat parannusehdotukset. Aineistoina käytetään kirjallisuuslähteitä, toiminnanohjausjärjestelmän tilasto- ja historiatietoa, sekä eri henkilöstöryhmien ei-standardoituja yksilö- ja ryhmähaastattelujen avulla kerättyä tietoa, ja näiden pohjalta pystytään tunnistamaan laitteiden ja toimintojen tarkoitusta, toiminnan syitä ja niihin liittyviä ongelmakohtia.

Telojen kunnossapito Imatran tehtailla sisältää paljon erityyppisiä teloja sekä telayksilöitä, siten erilaisten lähtötilanteiden huomioiminen on tärkeä osa telojen kunnossapidon laatua. Telahuollossa ei tällä hetkellä hyödynnetä raportointia. Huoltoraportteja kehitettiin siksi käyttäjäystävällisiksi sekä niiden sisältö ja rakenne muokattiin eri huoltojen lähtötilanteisiin sopiviksi sekä tukemaan töiden suunnittelua. Telahionnassa syntyvät virheet ovat tyypillisesti satunnaisia virheitä, joiden korjaamiseksi ehdotetaan hionnan pöytäkirjaa, jolla parannetaan työvuorojen välistä viestintää ja hiontatuloksen tasalaatuisuutta. Kerätyllä tiedolla voidaan ennakoida huoltotarpeita oikea-aikaisiksi ja siten parantaa käyttövarmuutta. Tietoa on järjestelmissä hajallaan ja tiedon löytäminen on työlästä eikä sen hyödyntäminen ole systemaattista. Lisäksi havaittiin kehitysmahdollisuuksia viestinnässä, toimintatavoissa sekä ennakoinnissa.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

LUT School of Energy Systems

Mechanical Engineering

Janne Häyhä

**DEVELOPMENT OF QUALITY MANAGEMENT IN ROLL MAINTENANCE**

Master's thesis

2022

112 pages, 13 figures and 1 appendix

Examiners: Professor Juha Varis and Juho Paajanen, M.Sc. (Tech.)

Keywords: Roll maintenance, roll grinding, quality management

This Master's thesis aims to investigate the current state and possible developments of the quality management in roll maintenance and grinding, alongside with formulating maintenance plans for two roll types and roll grinding quality management directions at the Stora Enso Imatra mills. The methodologies used consist of a literature review and hence gathered suggestions on possible developments. Literature resources, enterprise resource planning system statistics and history, as well as non-standardized data gathered from individual and group interviews are utilized. These resources allow for the identification of the purpose, rationale and underlying issues in the equipment and their function.

As the roll maintenance at Imatra mills contains a variety of types and individuals it is important to consider the unique circumstances of each roll to ensure maintenance quality. Currently roll maintenance does not utilize operation reporting. Hence, maintenance reporting was developed to increase user friendliness, with report structure and content being tailored to suit the circumstances and work planning. To mitigate roll defects caused by grinding, which are often due to random flaws in the process, a log sheet for grinding information is proposed, to improve communication between work shifts and create consistent results. The gathered information helps predict maintenance timing, resulting in reliability. The information is scattered around the systems, making its acquirement currently laborious, preventing systematic utilization. Additionally, development possibilities in communications, procedures and proactiveness were observed.

# SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

## Symbolit

| | |
|---|---|
| P&J | Pusey & Jones, pehmeiden aineiden kovuus |
| Ra | Aritmeettinen keskimääräinen pinnankarheusarvo |
| Rz | Pinnankarheuden keskiarvosyvyys |
| Rockwell | Kovuus |
| Shore A | Pehmeiden aineiden kovuus |
| Shore D | Pehmeiden aineiden kovuus |
| Vickers | Kovuus |

## Lyhenteet

| | |
|---|---|
| SAP | Systemanalyse Programmentwicklung |
| TPM | Total Productive Manufacturing |
| WCM | World Class Maintenance |

**Sisällysluettelo**

Tiivistelmä

Abstract

Symboli- ja lyhenneluettelo

1 Johdanto ... 7
1.1 Tutkimuksen tausta ja tutkimusongelma ... 8
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus ... 9
1.3 Tutkimusmetodit ... 10
2 Tutkimuksen toteutus ... 11
3 Kunnossapito ... 13
3.1 Telahuolto ... 17
3.2 Telahionta ... 19
4 Telatyypit ... 23
4.1 Imutelat ... 23
4.1.1 Viiran imutelat ... 28
4.1.2 Pick-up ja siirtoimutelat ... 28
4.1.3 Puristinimutelat ... 30
4.1.4 Imutelojen huolto ... 33
4.2 Taipumakompensoidut telat ... 36
4.2.1 Uivat taipumakompensoidut telat ... 39
4.2.2 Uivien taipumakompensoitujen telojen käyttökohteet ... 42
4.2.3 Uivien taipumakompensoitujen telojen huolto ... 45
5 Laadunhallinta ... 47
5.1 Laadunhallinnan ongelmat ... 51
5.2 Laadunhallinnan työkalut ... 59
6 Telahuollon ja telahionnan nykytila ... 65
6.1 Telahuollon toiminta ... 65
6.1.1 Imutelan huoltotoimenpiteet ... 66
6.1.2 Uivien taipumakompensoitujen telojen huoltotoimenpiteet ... 70

6.1.3 Telahuollon raportointi ..... 73
6.1.4 Telahuollon laatu ..... 74
6.2 Telahionnan toiminta ..... 75
6.2.1 Hiontaprosessi ..... 76
6.2.2 Hionnan mittaukset ..... 80
6.2.3 Hionnan toleranssit ..... 83
6.2.4 Hionnan raportointi ..... 83
6.2.5 Hionnan laatu ..... 84
7 Havainnot ..... 85
7.1 Havainnot telahuollosta ..... 85
7.2 Havainnot telahionnasta ..... 90
8 Parannusehdotukset ..... 95
8.1 Telahuollon parannusehdotukset ..... 95
8.2 Telahionnan parannusehdotukset ..... 98
9 Johtopäätökset ..... 100
10 Yhteenveto ..... 103
Lähteet ..... 106

Liitteet

Liite I. Teemahaastattelupohjat.

# 1 Johdanto

Stora Enson Imatran tehtaat kuuluvat Stora Enson Packaging Materials -divisioonaan, joka tuottaa uusiutuvia ja kierrätettäviä pakkausmateriaaleja erilaisiin kuluttajapakkaussovelluksiin. Erilaisia paperimateriaaleja tuotetaan Imatran tehtailla yhdellä paperikoneella, kartonkimateriaaleja neljällä kartonkikoneella sekä kartongin muovipäällystystä neljällä kalvopäällystyskoneella. Kartongista valmistettavat tuotteet voidaan jakaa nestepakkauksiin, elintarvikepakkauksiin sekä graafisiin kartonkeihin. Kartongin valmistus on tuotannon pääosa Imatran tehtailla. Materiaalien ympäristöystävällisyys, tehokas tuotesuoja, erottuvuus markkinoinnissa, luja, mutta taipuisa rakenne sekä kierrätettävyys ovat avaintekijöitä kartonkipakkausten suosioon. Näiden tekijöiden vuoksi kartongilla pystytään korvaamaan pakkausmateriaaleja, joiden ympäristövaikutukset ovat suuremmat kuin uusiutuvilla puukuitupohjaisilla kartonkituotteilla. (Stora Enso 2022a.)

Nykyisin yritysten ja yhteiskunnan toimintaan laajasti vaikuttavia megatrendejä ovat kestävän kehityksen vaatimukset, teknologinen kehitys, geopolitiikka ja maailmankauppa, väestörakenne sekä ilmastonmuutos. Packaging Materials -divisioonan tavoitteisiin kuuluvat kestävän kehityksen mukaiset toimet tuotannon parantamiseen lisäämällä tuotannon joustavuutta sekä laatua. Tuotannon ja toiminnan vastuullisuus edistää kiertotaloutta ja pienentää ympäristöjalanjälkeä. (Stora Enso 2021a.)

Packaging Materials -divisioona keskittyy tuottavaan kunnossapitoon (TPM) sekä maailmanluokan toimintoihin (WCM), joita käytetään yksinkertaistamaan, yhdenmukaistamaan, tehostamaan ja standardoimaan prosesseja. Keskittymällä turvallisuuteen ja hukan poistamiseen sekä käyttämällä LEAN työkaluja ja standardeja pyritään takaamaan toiminnan turvallisuutta, tehokkuutta ja laatua. Tähän pyritään myös suorituskyvyn ja poikkeamien seurannalla, toimintojen standardoinnilla ja kehityksellä sekä toiminnan ja ajattelutavan kurinalaisuudella. (Stora Enso 2022b.) Kunnossapidon rooli on tukea tuotantoa sekä luoda kilpailukykyä laadukkaalla kunnossapidolla. Toiminnan oikea-

aikaisuudella varmistetaan tuotantolaitteiston käyttövarmuus ja laitteistoa kehittämällä varmistetaan laitteiston suunniteltu elinkaari sekä häiriötön toiminta. Kunnossapidon tarkoituksena on toimia kustannustehokkaasti sekä kehittää kunnossapidon toimintoja. Suunnitelmallisuus ja jatkuva parantaminen ovat toiminnan ytimessä.

## 1.1 Tutkimuksen tausta ja tutkimusongelma

Tässä tutkimuksessa käsitellään Stora Enson Imatran tehtaiden omaa telakunnossapitoa. Yrityksessä halutaan kehittää telahuollon ja hionnan laatua sekä laadunhallinnan työkaluja. Yrityksellä on käytössä vaihtelevasti aiemmin kehitettyjä toimintamalleja ja -tapoja, mutta koottua ja systemaattista toimintamallia ei ole laajalti käytössä.

Tämä tutkimus toimii yhtenä osana yrityksen telakunnossapidon laadunhallinnan kehitystyötä. Huollon ja hionnan laadulla on laajoja vaikutuksia paperin ja kartongin tuotannon laatuun, tuotantotehokkuuteen sekä käyttövarmuuteen. Yrityksellä on ollut jo jonkin aikaa suunnitelmissa työn aiheen mukainen tutkimus, jolla kartoitetaan laadunhallinnan nykytilaa sekä erilaisia mahdollisia keinoja huollon ja hionnan laadun varmistamiseen, ylläpitoon sekä poikkeamien tunnistamiseen. Telakunnossapidon laadukkaan toiminnan avulla varmistetaan telojen laaduntuottokyky ja tehokkaan tuotannon ylläpitäminen. Poikkeamiin reagointia pystytään parantamaan systemaattisen toimintamallin ja laaturaportoinnin avulla. Koottua tietoa pystytään käyttämään laadunhallinnan jatkotoimenpiteiden ja muutoksien tunnistamisessa, määrittämisessä sekä kohdentamisessa.

Telakunnossapidon telatyyppien ja niiden prosessipositioiden määrä, kunnossapidon erilaiset lähtökohdat ja olosuhteet sekä mahdolliset henkilöstön vaihtelevat toimintatavat vaikeuttavat kattavan vertailuanalyysin luontia ja laatutasojen määritystä. Telojen laatuun vaikuttavien tekijöiden ja niiden prosessissa tuottaman laadun välinen yhteys on monimutkainen ja useista eri tekijöistä koostuva kokonaisuus, johon vaikuttaa myös kunnossapidon ulkopuolisia tekijöitä.

Tässä tutkimuksessa etsitään vastauksia viiteen tutkimuskysymykseen:

1. Miksi laadunhallintaa tarvitaan telakunnossapidossa?
2. Mitkä asiat vaikuttavat telojen kunnossapidon laatuun?
3. Miten laatua mitataan?
4. Miksi laaturaportointia tarvitsee kehittää?
5. Mitkä asiat vaikuttavat toimintamallien muodostamiseen?

## 1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus

Tavoitteena tässä tutkimuksessa on tarkastella laadunhallinnan nykytilaa ja mahdollisuuksia, jonka avulla luodaan huoltosuunnitelmat imuteloille ja taipumakompensoiduille teloille sekä muodostetaan telahionnan laadunhallinnassa käytettävä ohjeistus. Lisäksi tavoitteena on kehittää näiden osa-alueiden laaturaportointia käyttäjäystävälliseksi kokonaisuudeksi tukemaan kunnossapitoprosessia sekä koota ja kehittää huoltosuunnitelmissa käytettävää toimintamallia kirjallisuudesta, toiminnanohjausjärjestelmästä ja haastatteluista kerätyn tiedon perusteella.

Teoria on tässä tutkimuksessa rajattu telahuollon osalta telatyyppien mukaan imuteloihin ja taipumakompensoituihin teloihin, sillä nämä ovat yrityksen itse huoltamista telatyypeistä ajallisesti sekä teknisesti vaativimpia. Telahionnan teoriassa keskitytään laadun mittaukseen ja mittaraportointiin. Työssä perehdytään telahuollon ja telahionnan laadunvarmistamisen teoriaan ja kokemustietoon, joista muodostetaan arvio tulevaisuudessa tehtävistä toimenpiteistä. Yrityksessä aiemmin luotujen laatutasojen määrittelyyn ei tässä tutkimuksessa perehdytä. Empiriaosuus rajataan raportoinnin ja ohjeistuksen kehitykseen huollossa ja hionnassa. Tutkimuksessa keskitytään määrittämään ja seuraamaan hiontaprosessin laatusuureita, mittausmenetelmiä ja dokumentointia. Erilaisten olosuhteiden vaikutukset pyritään ottamaan huomioon ja vakioimaan ohjeistuksia ja huoltosuunnitelmia kehitettäessä.

## 1.3 Tutkimusmetodit

Tutkimuksessa käytettävät menetelmät ovat toisistaan riippumattomien aineistojen vertailu ja näistä muodostettavat johtopäätökset. Näiden johtopäätösten perusteella kehitetään laadunhallintaa tukevat telahuollon huoltosuunnitelmat sekä telahionnan hiontaohjeistus. Työn tutkimusote on yhdistelmä konstruktiivista sekä tapaustutkimukselle ominaista otetta, sillä siinä pyritään luomaan teoreettisesti perusteltuja ratkaisuehdotuksia käytännön ongelmiin kuitenkaan testaamatta näiden ratkaisujen toimintaa käytännössä. Lisäksi tutkimuksen kohteena on laaja telahuollon ja telahionnan kokonaisuus, josta on valittu tapauksiksi tietyt telatyypit ja laatumittarit, joihin keskitytään. Tapauksista pyritään muodostamaan monipuolinen kokonaisvaltainen kuva useiden erityyppisten aineistojen avulla. Aineistoina käytetään haastatteluista kerättyä tietoa, toiminnanohjausjärjestelmän tilasto- ja historiatietoa sekä kirjallisuuslähteitä.

# 2 Tutkimuksen toteutus

Teoriaosuuden tiedonhaku aloitetaan laajoista kunnossapidon, telahuollon, telahionnan ja laadunhallinnan kokonaisuuksista, joiden pohjalta hakua tarkennetaan ja kohdennetaan tapausten mukaisesti koskemaan telahuoltotöiden laatumittareita ja raportointia sekä telahionnan mittauksia ja raportointia. Teoriaosuuden aineisto koostuu kirjoista, standardeista, tietokannoista, artikkeleista, yrityksen intranetin esitysaineistoista sekä aiemmista tutkimuksista. Teoriatiedon pohjalta pystytään tunnistamaan laitteiden ja toimintojen tarkoitusta, syitä ja niihin liittyviä ongelmakohtia, joiden avulla pystytään muodostamaan näkemys tapauksista.

Teoriaosuutta tuetaan haastatteluista saatavan kokemus- ja asiantuntijatiedon avulla. Haastattelut suoritetaan ei-standardoituina yksilö- ja ryhmähaastatteluina eri henkilöstöryhmille, jotta löydetään kyseisen aiheen avaininformaatit. Yksilöhaastatteluissa noudatetaan puolistrukturoitua tapaa, joissa ennalta määrätyn teeman mukaisesti kerätään tietoa eri henkilöstöryhmien henkilöiltä. Ryhmähaastattelut toteutetaan fokusryhmissä, joissa kyseisen aiheen asiantuntijoista muodostetun ryhmän kesken keskustellaan puolistrukturoidusti ja kerätään tietoa aiheesta. Haastatteluissa käytetään kolmea teemaa, jotka on jaoteltu eri aihealueiden sekä henkilöstöryhmien mukaan. Haastattelujen teemat on esitetty liitteessä I.

Henkilöstöryhmät jaetaan toimihenkilöihin ja työntekijöihin. Toimihenkilöille kohdistettu teema sisältää sekä telahiontaan että telahuoltoon liittyviä kysymyksiä ja työntekijöille kohdistetut teemat jakautuvat aihealueittain joko telahiontaan tai telahuoltoon. Kysymysten asettelulla teemoittain pyritään löytämään jokaisesta henkilöstöryhmästä niiden vahvuuksien ja vastuualueiden mukainen paras tieto. Jokaisessa henkilöstöryhmässä haastatellaan useampaa henkilöä, jolloin tietoja pystytään vertaamaan ja löydetään mahdollisia epäkohtia tai eroavaisuuksia.

Haastattelujen rakenne koostuu kunkin aihealueen tarkemmista kysymyksistä sekä laajemmista kysymyskokonaisuuksista. Tarkoilla kysymyksillä pyritään täydentämään ja syventämään teoriatietoa sekä luomaan kuvaa käytännön toiminnasta ja tavoista. Tarkempien kysymysten lisäksi jokainen teema sisältää kuusi laajempaa kysymyskokonaisuutta, jotka on muodostettu ISO 9000 standardin mukaisten laadunhallinnan perusperiaatteiden mukaan. Näiden kysymysten avulla saadaan kerättyä koko henkilöstön kokemuksia sekä pystytään muodostamaan monipuolinen nykytilanteen kuvaus.

# 3 Kunnossapito

Kunnossapito määritellään standardissa SFS-EN 13306 (2017, s. 5) sisältämään: ”kaikki kohteen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon.” Kunnossapidon kohteen suorituskykyä voidaan pitää riippuvaisena kolmesta tekijästä; luontaisesta toimintavarmuudesta, ympäristöstä ja kunnossapitosuunnitelmasta. Standardin SFS-EN 13306 (2017, s. 7) sekä Gulatin (2021, s. 5-6) mukaan kohteen luontainen toimintavarmuus on sen alkuperäisen suunnittelun ja sen sisältämien ratkaisujen muodostama kyky suorittaa kohteelle määritetty toiminto tietyissä olosuhteissa vaatimusten mukaisen ajan. Tähän alkuperäiseen toimintavarmuuteen voidaan vaikuttaa vain kohdetta tai sen osia muuttamalla. Kohteen ympäristö on tekijä, jolla on vaikutuksia kohteen käyttöön ja siihen kohdistuviin olosuhteisiin. Kunnossapitosuunnitelman tarkoitus on määrittää millä keinoin kohteen käyttövarmuutta ylläpidetään ja käytettävyyttä parannetaan sen elinjakson ajan. Suunnitelma sisältää menetelmiä ja työkaluja vikaantumisen tunnistamiseen, ehkäisyyn ja korjaukseen liittyen. (Gulati 2021, s. 5-6.)

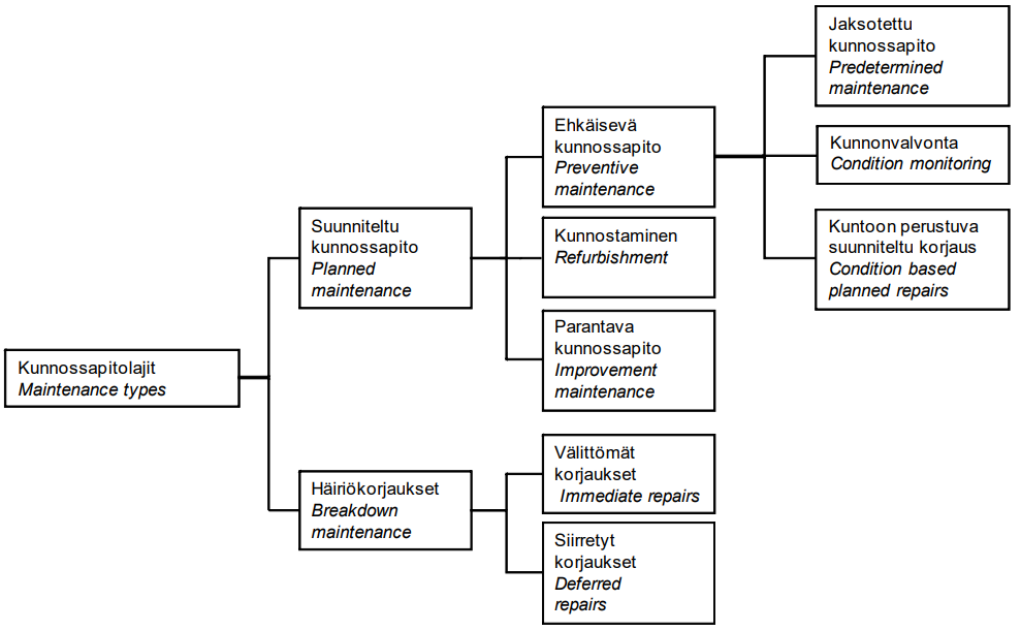
Kunnossapitotoiminnan suunnittelu on päättymätön prosessi, vaikka sen peruspiirteet ja toiminnan taso määräytyvät tyypillisesti laitteistoinvestointien yhteydessä. Suunnittelun lähtökohtina voidaan pitää kunnossapidon kohteina olevien laitteiden ominaisuuksia, niillä tehtävän tuotannon ominaispiirteitä sekä toimintaympäristöä, jossa kunnossapito toimii. Suunnittelun tavoitteena on optimoida kohteiden käytettävyys, kun pyritään mahdollisimman suureen kohteella saavutettavaan tulokseen sen elinkaaren aikana. Tavoitteet pyritään saavuttamaan oikea-aikaisuudella sekä luotettaviin lähtötietoihin perustuvan suunnittelun avulla. (PSK 6201 2010, s. 15-16.)

Kunnossapitosuunnitelma täytyy laatia siten, että se tukee kunnossapidon toimintaa ja sen tehtäviä. Kunnossapitosuunnitelma on jäsennelty esitys kohteen eri työtehtävistä. Työtehtävät sisältävät toimenpiteet, menetelmien kuvaukset, resurssitarpeet sekä aikataulun.

Tyypillisesti kohteelle laaditaan kunnossapitosuunnitelma sen hankinnan yhteydessä, mutta suunnitelmaa täytyy päivittää tarvittaessa kohteen elinkaaren aikana. (PSK 6201 2010, s. 20-21.)

Standardissa mainituista toimenpiteistä erityisesti tämän tutkimuksen kannalta merkittäviä ovat erilaiset tekniset toimenpiteet. Kunnossapidon tekniset toimenpiteet voidaan jakaa kohteen tilan havainnointiin ja analysointiin sekä aktiivisiin toimenpiteisiin. Näihin kuuluvat erilaiset toiminnot kuten tarkastukset, kunnonvalvonta, kohteen tilan diagnostiikka ja prognostiikka, perushuollot sekä korjaukset. (SFS-EN 13306 2017, s. 5.) Jotta tekniset toimenpiteet pystytään suorittamaan hallitusti ja mahdollisimman tehokkaasti, tarvitaan kunnossapitosuunnitelma.

Eri kunnossapitolajit voidaan jakaa kohteen vikaantumisesta johtuviin häiriökorjauksiin ja suunniteltuihin kunnossapitotoimintoihin. Tällä jakoperusteella toiminnot jaetaan vikaantumisen tuotannollisten seurausten sekä suunnitelmallisuuden mukaan. Kuvassa 1 on esitetty eri kunnossapitolajit ja niiden jakautuminen suunniteltuihin ja häiriöön reagoiviin toimiin.




Kuva 1. Kunnossapitolajit (PSK 7501 2010, s. 32).

Häiriökorjauksissa kohteessa havaitaan toiminnan estävä, eli häiriötä aiheuttava vika. Tämä vika korjataan, jotta kohde saadaan takaisin sellaiseen tilaan, jossa se pystyy toteuttamaan suunnitellut toiminnot. Korjaustoimenpiteiden viiveen mukaan häiriökorjaukset voidaan jakaa välittömiin ja siirrettyihin korjauksiin. Tyypillisesti välittömissä häiriökorjauksissa kohteen vikaantumisen vakavuus on kokonaisprosessin kannalta korkea ja siitä aiheutuva toimintakelvottomuustila johtaa koko prosessin tuotantokatkoon, eli suunnittelemattomaan seisokkiin. Tapauksissa, joissa vikaantumisen vakavuus ei johda toimintakyvyttömyyteen vaan ainoastaan heikentyneeseen suorituskykytilaan, siirretään korjaustoimenpiteiden suoritusajankohta etukäteen ajoitettuun tuotantokatkoon, eli suunniteltuun seisokkiin. (SFS-EN 13306 2017, s. 10-15; PSK 7501 2010, s. 5.)

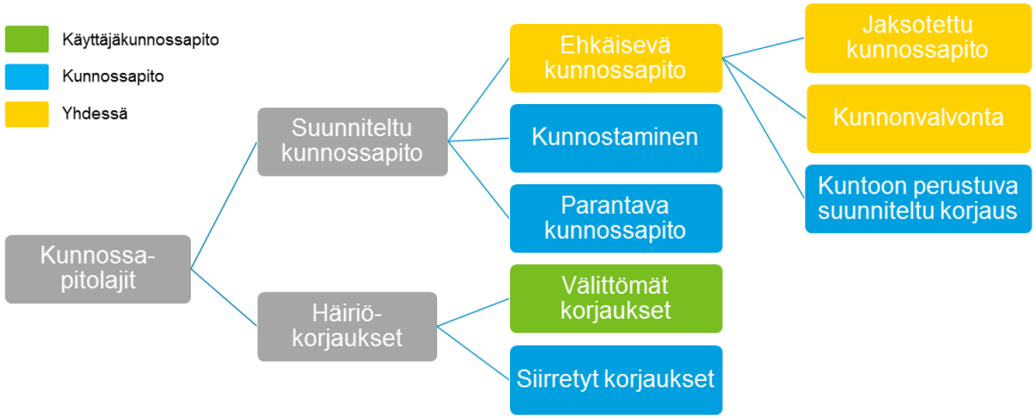
Suunniteltuun kunnossapitoon kuuluvat ehkäisevä kunnossapito, kunnostus sekä parantava kunnossapito. Ehkäisevässä kunnossapidossa pyritään välttämään kohteen vikaantuminen ennakoivien huoltotoimenpiteiden sekä kohteen toimintakunnon perusteella suoritettavien toimenpiteiden avulla. Jaksotetussa kunnossapidossa noudatetaan ennakkoon määriteltyä aikataulua ja kohteen käyttöajan mukaan suunniteltua toimenpiteiden suorituksen ajoitusta, joilla pyritään ehkäisemään kohteen heikentyminen, eli haitallisten fyysisten muutosten eskaloituminen aina vikaantumiseen asti. Kohteen vikaantumista pyritään estämään ja vikaantumisen todennäköisyyttä pienentämään myös kuntoon perustuvien suunniteltujen korjaustoimenpiteiden avulla. Ehkäisevä kunnossapito sisältää siten myös kohteen heikentymisen havainnointia eli kunnonvalvontaa. Kunnonvalvonnassa kohteen fyysisten ominaisuuksien ja arvojen muutoksia mitataan käyntitilassa ajan suhteen, minkä perusteella pystytään havaitsemaan kunnostus- ja parannustarpeet. (SFS-EN 13306 2017, s. 10-16; PSK 7501 2010, s. 5.)

Kunnostaminen tapahtuu tyypillisesti kohteen ollessa irrotettuna prosessista, jolloin korvaavan varalaitteen avulla tuotanto pystytään pitämään käynnissä kunnostuksen ajan. Kunnostustyössä palautetaan kohteen toimintakelpoisuus korjaamalla siinä oleva vika. Tyypillisiä kunnostustöitä ovat kohteiden varaosakunnostukset, joissa vikaantunut kohde kunnostetaan toimintakelpoiseksi varaosaksi, eli varalla pidettäväksi korvaavaksi laitteeksi.

Kunnostaminen on häiriökorjauksen lisäksi osa korjaavia kunnossapitotoimia. Parantavan kunnossapidon avulla kohteen toimintavarmuutta ja kunnossapidettävyyttä parannetaan muuttamalla sen sisältämiä ratkaisuja tai komponentteja, kuitenkaan muuttamatta sen toimintoa. (SFS-EN 13306 2017, s. 10-15; PSK 6201 2022, s. 33; PSK 7501 2010, s. 5.)

Stora Enson Imatran tehtailla kunnossapidon toiminnot on jaettu käyttäjäkunnossapidon ja kunnossapidon organisaatioihin. Kunnossapito-organisaatio jakautuu linjakunnossapitoon ja kunnossapitopalveluihin, jotka toimivat pääsääntöisesti päivätyömuodossa. Päättymättömässä kaksivuorotyössä toimiva käyttäjäkunnossapito vastaa vikojen korjauksesta tuotannon käyttötyön ohessa. Viankorjausta suoritetaan tuotannon määrää, laatua, turvallisuutta tai ympäristöä koskevissa vikaantumis- ja häiriötilanteissa, joissa vaaditaan välittömiä toimenpiteitä. Käyttäjäkunnossapito vastaa omalta osaltaan SAP-toiminnanohjausjärjestelmän ylläpidosta ja saa tarvittaessa tukea linjakohtaiselta kunnossapidolta sellaisissa tehtävissä, joissa käyttäjäkunnossapidon resurssit eivät riitä. Yhteisenä tavoitteena käyttäjäkunnossapidolla, linjakohtaisella kunnossapidolla ja kunnossapitopalveluilla on yhdessä saattaa tuotanto normaaliin tilaan mahdollisimman nopeasti vikaantumisen sattuessa. (Stora Enso 2021b.)

Linjakohtainen kunnossapito ja kunnossapitopalvelut vastaavat kunnostuksista, parantavasta kunnossapidosta, kuntoon perustuvista suunnitelluista korjauksista sekä siirretyistä häiriökorjauksista. Yhdessä käyttäjäkunnossapidon kanssa suoritettavia toimintoja ovat jaksotettu kunnossapito sekä kunnonvalvonta. Kuvassa 2 on esitetty vastuujako kunnossapitolajeittain kunnossapidon ja käyttäjäkunnossapidon välillä. (Stora Enso 2022c.)




Kuva 2. Yrityksen kunnossapitotoimintojen roolit (muokattu: Stora Enso 2022c).

Telakunnossapito kuuluu Imatran tehtailla kunnossapitopalveluiden organisaatioon. Telakunnossapito on vastuussa pääasiassa Imatran tehtaiden prosessitelojen kunnostustöistä, kunnon alenemiseen perustuvista korjauksista sekä jaksotetusta ja parantavasta kunnossapidosta. Koska telat ovat elintärkeä osa paperin- ja kartongin valmistusprosessia, on suurempia kunnossapitotöitä varten eri telapositioihin varalla korvaavia teloja. Tämä mahdollistaa työskentelyn erillisellä korjaamolla irti tuotantoprosessista sekä nopeuttaa varalaitteen myötä tuotannon takaisin käyntiin palauttamista. Prosessissa vikaantuneen tai toimintakunnoltaan alentuneen telan vaihtotyön hoitavat linjakohtainen kunnossapito tai käyttäjäkunnossapito. Telojen siirrot sekä varastointi kuuluvat muiden kunnossapitotoimien lisäksi telakunnossapidolle. Telakunnossapidon toiminnot voidaan jakaa telahuoltoon ja telahiontaan. (Pekkola 2022; Paajanen 2022.)

## 3.1 Telahuolto

Telahuollolla tarkoitetaan erillisissä korjaamotiloissa tehtäviä telojen kunnostus-, huolto- ja parannustöitä. Toiminnalla pyritään palauttamaan telojen laaduntuottokyky kustannustehokkaasti, suunnitellusti ja joustavasti siten, että asiakkaan vaatimukset ja tarpeet täyttyvät. Telahuollossa suoritettavat kunnossapitotoiminnot jakautuvat vikaantumisen takia tehtäviin kunnostuksiin, vikaantumista ehkäiseviin ennakkohuoltoina suoritettaviin huoltotoimenpiteisiin sekä kohteen kunnon alenemisen havaitsemisen perusteella tehtäviin huoltoihin ja korjauksiin. Koska nämä toimenpiteet sisältävät hyvin

laajasti erilaisia ja erityyppisiä tehtäviä sekä kohteiden lähtötilanteita, toimintojen yhdenmukaistaminen on vaativaa ja toiminnassa onnistuminen perustuu vahvasti laadukkaaseen viestintään sekä työntekijöiden ammattitaitoon ja kokemukseen. (KnowPap 2022; Pekkola 2022.)

Telahuollon toimenpiteet sisältävät laajimmillaan visuaaliset tarkastukset, puhdistukset, purkamisen, mittaukset, tarvittavien komponenttien vaihdot, testaukset, voitelun, kokoonpanon, maalauksen, suojauksen ja varastoinnin. Eri toimenpiteiden tarve ja siten prosessin laajuus arvioidaan tapauskohtaisesti huoltohistorian, huoltosuunnitelman, ennakkotietojen sekä tarkastusten tulosten perusteella. Toiminnan suunnitelmallisuudella ja oikea-aikaisuudella pyritään varmistamaan laitteiston käyttövarmuus ylläpitämällä telojen toiminnallisia ominaisuuksia, ehkäisemällä toimintakyvyn alentumista toimimalla jo ennen vikaantumista sekä vähentämällä vikaantumisen todennäköisyyttä. Koska telahuolto toimii omana erillisenä toimintonaan palvellen useita eri konelinjoja, yhteistyö tuotannon, linjakohtaisen kunnossapidon sekä kunnonvalvonnan kanssa on tärkeässä roolissa toiminnan onnistumisen kannalta. (Paajanen 2022; Stora Enso 2021c.)

Imatran tehtailla telahuolto palvelee omia, kahden tehdasyksikön alueilla toimivia konelinjoja, eli kartonkikoneita, paperikonetta, kalvopäällystyskoneita sekä sellun kuivauskoneita. Osa telahuollon toimenpiteistä tehdään oman henkilöstön voimin ja osa hankitaan palveluina yhteistyökumppaneilta. Pinnoitukset, tasapainotukset, maalaustyöt sekä erityiset huollot, korjaukset ja parannukset hankitaan kyseisiin toimenpiteisiin tai laitteisiin erikoistuneilta ulkopuolisilta toimijoilta. Telahuollossa tarvittavia koneistustöitä, erikoismittauksia sekä rikkomattomia aineenkoetus tarkastuksia tekevät kunnossapitopalveluiden muiden osastojen kyseisiin töihin erikoistuneet henkilöt. Telahuollon oma henkilöstö koostuu kunnossapitoasentajista ja kunnossapitoinsinööristä. Henkilöstö on jakautunut tehdasyksiköiden välillä siten, että yksi kunnossapitoasentajista toimii toisessa tehdasyksikössä ja loput toisessa yksikössä. Telahuollon esihenkilötehtävässä toimiva kunnossapitoinsinööri toimii myös telahiomon työntekijöiden, eli telahiojien esihenkilönä. Yleisesti telahuolto ja telahionta toimivat yhteistyössä ja avustavia tehtäviä suoritetaan tarvittaessa ja soveltuvilta osin yhdessä. (Pekkola 2022.)

Telahuollossa on käytössä telavarasto, telavaraston osana huoltoalue sekä erillinen telojen varastointiin tarkoitettu alue. Telavarastossa varastoidaan toimenpiteitä odottavia teloja sekä valmiita, jo huollettuja tai kunnostettuja teloja. Telavaraston huoltoalue, jossa suoritetaan telojen huolto ja kunnostustoimenpiteitä, on perustettu telavaraston toiseen päähän. Huoltoalue sisältää myös telojen pesupaikan, joka on varustettu korkeapainepesulaitteistolla. Erillinen varastointiin tarkoitettu alue sijaitsee telahiomakoneen läheisyydessä ja toimii siten myös hionnan välivarastona. Tämän varastointiin tarkoitetun alueen yhteydessä on toinen telojen pesupaikka. (Pekkola 2022; Häkli & Pesonen 2022.)

Tyypilliset telojen siirrot tapahtuvat konelinjojen, telavaraston sekä varastointialueen välillä erityisellä telajunalla ja alueen sisäiset nostot sekä siirrot aluekohtaisilla siltanostureilla. Koska osa teloille tehtävistä toimenpiteistä hankitaan ulkopuolisilta toimijoilta, ovat kuljetusten lähetykset sekä vastaanotot osa Imatran tehtaiden telahuollon toimintaa. Kuorma-autoilla ja ajoneuvoyhdistelmillä kuljetettavien telojen lastaus ja purkaminen tapahtuu telavaraston siltanosturilla ja kuuluu siten telahuollon vastuualueelle. (Korhonen, Päivinen & Tapaninen 2022.)

## 3.2 Telahionta

Telahionnalla tarkoitetaan telan vaippaosan pinnan kunnostamista takaisin sille asetettujen vaatimusten mukaiseksi. Paperin ja kartongin tuotantoprosessissa telapinnat kuluvat, likaantuvat ja vioittuvat, jolloin ne eivät enää täytä muoto- tai pinnanlaatuvaatimuksia. Riippuen telan käyttötarkoituksesta ja sen sijainnista prosessissa, sille asetettujen vaatimusten taso vaihtelee. Lukuisien erilaisten telojen avulla muokataan sekä ohjataan paperia tai kartonkia ja siten telavaipan pinta on suorassa tai epäsuorassa vaikutuksessa tuotteeseen. Paperin ja kartongin valmistuksessa telat ja niiden tarkkuus vaikuttavat siis suuresti valmistettavan lopputuotteen laatuun. (Pekkola 2022; Knowpap 2022; Mäkinen & Julkunen 1983, s. 1167-1168.)

Paperi- ja kartonkikoneiden telojen hionta suoritetaan erityisellä telahiomakoneella, teloille tyypillisen suuren pituuden vuoksi. Hiomakone perustetaan jousitetun betoniperustuksen päälle, jolloin koneeseen eivät vaikuta rakennuksesta kantautuvat värähtelyt. Telahiomakoneet koostuvat pääosin kahdesta johderungosta, karalaatikosta, kannatuspukeista, tukipylkistä sekä hiomakelkasta. Johderungoista toiseen kiinnitetään hiottava tela erillisten kannatuspukkien avulla ja toinen johderunko on hiomakelkkaa varten. Hiomakelkkaan on asennettu hiomalaitteisto sekä syöttö- ja siirtomekanismit. Nykyään telahiomakoneiden ohjauksessa käytetään poikkeuksetta tietokoneohjausta, joka mahdollistaa telan koneellisen mittauksen ja hionnan ohjauksen yhdistämisen. Mittalaitteistolla mitataan telavaipan pinnan muotoa, telan asemaa sen pyöriessä, sekä sen kierrosnopeutta. Näiden mittausten avulla pystytään ohjaamaan hiontaprosessia ja todentamaan hionnan onnistuminen. Muita hiomakoneen varusteita ovat kuivatyöstössä käytettävä pölynpoisto sekä jäähdytysnestejärjestelmä, jossa voidaan käyttää erilaisia lastuamisnesteitä tai puhdasta vettä hiontatapahtuman jäähdyttämisessä. (Mäkinen & Julkunen 1983, s. 1172; Kervinen 2022; Pekkola 2022.)

Tyypillisesti hiovassa työstössä saavutettavat ja tavoiteltavat pieni pinnankarheus ja tarkka halkaisijamitta eivät ole telahionnassa päätavoitteita. Tärkeimmät vaatimukset telahionnassa ovat Mäkisen ja Julkusen (1983, s. 1168) mukaan tarkasta muototarkkuudesta johtuvat lieriömäisyyden, ympyrämäisyyden, heitottomuuden ja bombeerauksen arvot. Bombeerauksella tarkoitetaan telavaipan kuperaa tai koveraa profiilin muotoa. Telapositiosta ja telatyypistä riippuen erilaiset vaatimukset telan pyörimistarkkuudesta määräytyvät toiminnallisuuden tai kokemuksen kautta muodostettujen tarpeiden mukaan. Suuria tarkkuusvaatimuksia edellyttävät erilaiset kalanteri- ja puristintelat sekä viiraosan muodostustelat, imutelat ja rintatelat. Näitä telatyyppejä yhdistävät niiden suora yhteys paperiin tai kartonkiin sekä sen muodostumiseen, mutta myös niiden toiminnallisuuden riippuvuus tarkkuudesta. (Mäkinen & Julkunen 1983, s. 1169.) Pinnankarheuden vaatimukset ovat yleisesti teloissa maltilliset, eli pieniä, alle Ra 0,4 µm pinnankarheuden arvoja ei juurikaan vaadita. Tämä johtuu siitä, että paperi- tai kartonkiraina tarttuu helposti liian sileään telan pintaan ja aiheuttaa siten prosessien hallittavuusongelmia. Eräitä poikkeuksia ovat tietyt kalanteritelat, joissa telapinnan sileyden avulla tuotteen pinnan

sileyttä parannetaan. (Pekkola 2022; Paajanen 2022; Mäkinen & Julkunen 1983, s. 1171, 1194.)

Imatran tehtailla on käytössä Farrel-telahiomakone, joka on varustettu nauhahiontalaitteistolla. Hiomakone on alkuperäiseltä rakennetyypiltään kaksilaikkainen, mutta 2000-luvulla hiomalaikkalaitteisto on korvattu nauhahiontalaitteella. Hiomakonetta ohjataan Microteamin MXC6-MN -liikeohjaukseen perustuvalla numeerisella ohjauksella. Mittalaitteistona käytetään Microteamin valmistamaa kiinteästi hiomakoneeseen asennettua manuaalista 4-piste mittalaitetta sekä tarvittaessa erillisiä käsikäyttöisiä mittavälineitä. Erikseen tehtäviä mittauksia ovat vaipan halkaisijan mittaus, telapinnan kovuusmittaus sekä pinnankarheusmittaus. Varusteina telahiomakoneessa ovat lisäksi viimeistelyhiontalaite sekä harjalaite. Viimeistelyhiontalaitteella suoritetaan telan pinnan viimeistelyhionta, jossa pinnan muotoon ei enää juurikaan vaikuteta, vaan pyritään hienomman hiomanauhan avulla vaadittuun pinnankarheuteen sekä poistamaan aiempien vaiheiden hiomajäljet. Harjalaitteella pystytään piikarbidi-polyamidi harjalaikan avulla harjaamalla poistamaan uritettujen ja rei’itettyjen telavaippojen hionnassa urien ja reikien särmiin syntyviä jäysteitä, sekä karhentamaan tiettyjen telojen pintoja. (Pekkola 2022; Arponen 2022.) Kuvassa 3 on esitetty Imatran tehtaiden telahiomakone, jossa on käynnissä polymeeripinnoitetun uivan taipumakompensoidun telan mittaus.

Kuva 3. Imatran tehtaiden telahiomakone.

Telahionnan toimintoihin kuuluvat Imatran tehtailla myös ulkopuolisilta toimittajilta tulevien kunnostettujen telojen vastaanottotarkastukset yhteistyössä telahuollon kanssa. Vastaanottotarkastuksia suoritetaan laadunvalvonnan sekä yhdenmukaisen toiminnanohjausjärjestelmän telakohtaisten mittatietojen ylläpidon vuoksi. Tyypillisiä vastaanottotarkastuksen kohteita ovat uudelleen pinnoitetut telat, joista tehtävät mittaukset ovat laajimpia. Kunnostuspalveluiden toimittajilta saadaan huoltoraportit tehdyistä töistä, mutta omien mittausten sekä visuaalisen tarkastuksen avulla varmistutaan toimenpiteiden onnistumisesta, mitta-arvojen oikeellisuudesta sekä havaitaan mahdolliset kuljetuksen aikana syntyneet vauriot. Valvonnan avulla pystytään havaitsemaan virheitä ja puuttumaan niihin mahdollisimman aikaisin. Koska paperi- ja kartonkikoneiden telat toimivat monirakenteisessa ja laajassa eri laitteiden muodostamassa prosessikokonaisuudessa, telojen vioista aiheutuvat kokonaiskustannukset ovat merkittäviä. (Paajanen 2022; Pekkola 2022.)

# 4 Telatyypit

Tässä luvussa esitellään tämän tutkimuksen kannalta oleellisimpien telatyyppien toimintaa, ominaispiirteitä, rakenteita, toimintaympäristöä sekä tärkeimpiä huomioitavia asioita niiden kunnossapidossa. Kyseisiä teloja voidaan pitää eräinä tuotantoprosessien kriittisimpinä teloina, sillä niitä käytetään usein nipeissä, eli kahden yhdensuuntaisen telan kosketuskohdissa, joiden läpi paperi tai kartonki viedään ja siten vaikutetaan lopputuotteen muodostumiseen sekä sen eri ominaisuuksiin. Koska imu- ja taipumakompensoidut telat ovat lähes aina suorassa vaikutuksessa lopputuotteeseen, ovat niiden suorittamat tehtävät ja niiden toiminnan oikeellisuus merkittävä osa koko paperin ja kartongin tuotantoprosessin onnistumista sekä sen hallintaa. (KnowPap 2022.)

## 4.1 Imutelat

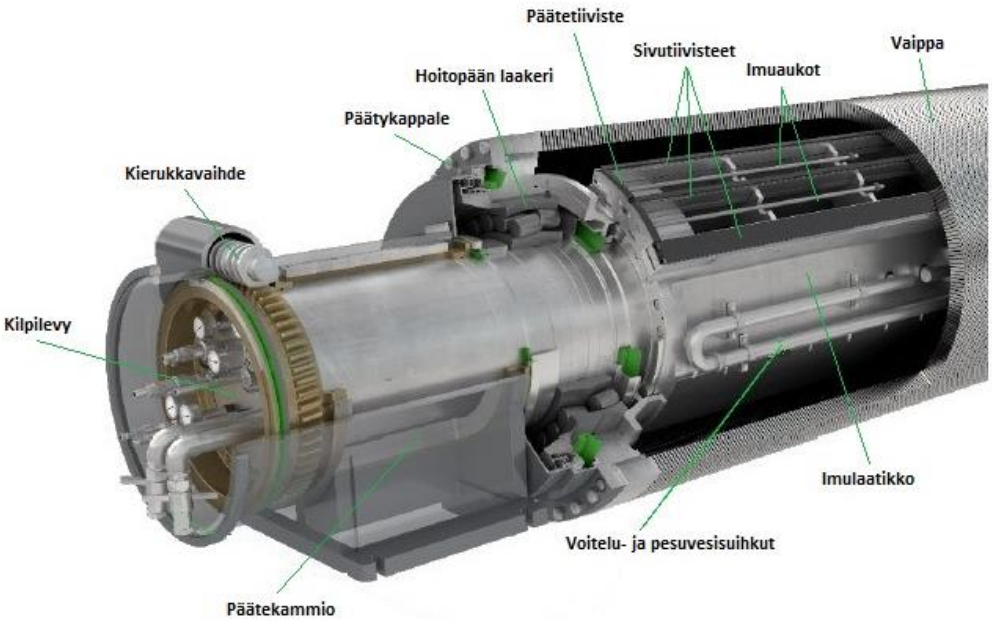
Yleisesti imutelan tarkoituksena on poistaa vettä paperi- tai kartonkirainasta, siirtää rainaa koneen rakenneosien välillä tai irrottaa raina kudoksesta. Nimensä mukaisesti imutelojen toiminta perustuu alipaineen avulla muodostettuun imuun. Paperi- ja kartonkikoneissa käytettävät imutelat voidaan jakaa viiran imuteloihin, pick-up imuteloihin, siirtoimuteloihin sekä puristinimuteloihin niiden käyttötarkoituksen ja käyttökohteen mukaan. (KnowPap 2022.) Pääsääntöisesti kaikista koneista löytyvät viiranimutela ja pick-up imutela samantyyppisesti. Puristinosan erilaiset ratkaisut tekevät jokaisen paperi- ja kartonkikoneen puristinosan imutelaratkaisuista erilaisia ja välttämättä kaikissa koneissa ei ole puristinimutelaa lainkaan.

Imutelojen rakenne koostuu pääpiirteittäin imulaatikosta, telavaipasta, päätykappaleista, käyttöpään kannatuspukista, hoitopään päätekammiosta sekä kierukkavaihteesta. Imulaatikko on telan sisällä paikallaan pysyvä, kannatuspukkiin ja päätekammioon laakeroitu kammiorakenne, jonka kulma-asentoa telan sisällä säädetään kierukkavaihteen avulla. Telavaippa on ruuviliitoksin kiinnitetty laippa-akseli tyyppisiin päätykappaleisiin, jotka on laakeroitu käyttöpuolella kannatinpukkiin ja hoitopuolella päätekammioon.

Telavaippa pyörii päätykappaleiden laakeroinnin varassa imulaatikon ympäri. Imutelan rakenne on toteutettu siten, että imulaatikko voidaan irrottaa telasta kätevästi huoltoa varten. Tämän vuoksi telan laakerointi on tyypillisesti sen käyttö- ja hoitopäässä erilainen ja hoitopään vaipan kiinnitys sekä käyttöpään laakerointi on järjestelty helposti purettavaksi. (KnowPap 2022; Konttinen 1983, s. 1071-1073.)

Imulaatikko on tyypillisesti haponkestävästä teräksestä tai epoksipinnoitetusta teräksestä valmistettu yksi tai useampikammioinen kotelorakenne, jonka kautta alipaine johdetaan telavaipan sisäpinnalle. Imulaatikko yhdistyy telan mallista riippuen hoito- tai käyttöpuolella putkiakseliin, joka yhdistää sen päätekammion tai kannatuspukin läpi imujärjestelmään. Imujärjestelmässä tuotetaan nesterengaspumpun avulla 13-80 kPa alipaine, joka johdetaan imuputkiston ja putkiakselin kautta imulaatikkoon. Imulaatikon kammio avautuu telavaipan sisäpinnalle imuaukoksi ja muodostaa vaipalle imuvyöhykkeen. Imuaukko on tiivistetty vaipan sisäpintaa vasten tiivistelistojen avulla. Telan akselin suuntaisesti imuaukko tiivistetään paineilma kuormitteisilla sivutiivistelistoilla ja koneen suuntaisesti jousikuormitteisilla päätetiivistelistoilla. Kuormitusletkut ovat sivutiivistelistan alle asennettavia paineilmaletkuja, joiden tilavuutta kasvattamalla kuormitetaan sivutiivistelistat vaippaa vasten. (KnowPap 2022; Konttinen 1983, s. 1071-1075.)

Tyypillisesti imuaukon leveys on telamallin mukaan kiinteä, mutta kammion asentokulmaa vaipan sisällä voidaan säätää kierukkavaihteen avulla sekä kammion pituutta voidaan säätää telan akselin suunnassa päätetiivisteitä siirtämällä. Imulaatikon kylkiin on asennettu vaipan pesuvesisuihkut sekä tiivisteiden voiteluvesisuihkut, joilla vaipan reikiä ja sisäpintaa puhdistetaan kuitumassasta sekä voidellaan tiivistelistoja. Putkiakselin päätyyn hoitopuolella on kilpilevyyn asennettu päätetiivisteiden pituussäätölaitteet, painemittarit, kuormitusilmaliitännät sekä tiivisteiden voiteluvesien ja vaipan pesuveden liitännät. (KnowPap 2022; Konttinen 1983, s. 1071-1075.) Kuvassa 4 on esitetty erään imutelatyypin hoitopään rakenne. Kuvan imutelassa alipaine johdetaan imulaatikkoon hoitopuolelta päätekammiosta ja imukammioita on kaksi kappaletta.

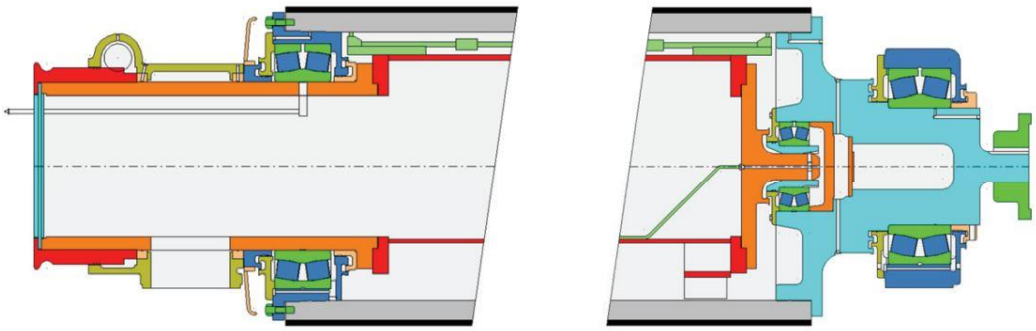



Kuva 4. Imutelan hoitopään rakenne. (muokattu: Valmet 2022a.)

Telavaippa on tyypillisesti ruostumattomasta duplex-teräksestä keskipakovalettu tai kuumavalssattu ja käyttökohteesta riippuen pinnoittamaton tai polymeripinnoitettu. Vaippa on kanuunaporaaamalla rei'itetty siten, että telan sisälle imulaatikkoon muodostetun alipaineen avulla saadaan aikaan vaipan reikiin imu. (KnowPap 2022.) Tyypillisesti reikien halkaisija on 3-6 mm ja reikien pinta-ala suhteessa vaipan koko pinta-alaan on noin 15-60 %. Vaipan rei'ityksellä on vaikutusta niin telan toimintaan kuin sen ominaisuuksiinkin. Tärkeimpinä rei'ityksen vaikutuksina on pidetty telan lujuuden ja taivutusjäykkyyden laskua, kuvioinnin vaikutuksia lujuuteen ja jäykkyyteen, reikien mitoituksen vaikutuksia ilman ja veden virtaukseen telan pinnalla, sekä lopputuotteen kuvioitumista telapinnan kopioitumisen vuoksi. Vaipan rei'ittäminen heikentää telan lujuus- ja jäykkyysominaisuuksia, joten reikien halkaisijakokoa ei pystytä kasvattamaan loputtomiin suurempaa reikäpinta-alaa tavoitellessa, varsinkaan raskaasti kuormitetuissa kohteissa. Tästä syystä rei'ityksessä voidaan käyttää upotusporausta, jolloin reiän vaikutusaluetta pystytään kasvattamaan ilman reikähalkaisijan kasvattamista koko vaipan paksuudelta. Muita veden virtausta ja siirtymistä tehostavia ominaisuuksia ovat erilaiset urat vaipan pinnoitteessa. Eräs imutelan käyttöön liittyvä rakenteellinen seikka on sen tuottama

melu. Tämä ilmiö johtuu imualueella vaipan rei'issä vallitsevasta alipaineesta ja sen nopeasta täyttymisestä ilmalla reiän pyörähtäessä pois imualueelta. Alipaineen vapautuminen synnyttää lyhytkestoisen intensiivisen äänen, joka tiheästi toistuessaan muodostaa ihmiskorvalle yhtenäisen sävelen. Tästä syystä vaipan rei'ityksen kuvioinnissa ei voida muodostaa suoria rivejä aksiaalisuunnassa, sillä samaan aikaan muodostuva ääni ja sen voimakkuus luovat sietämättömän meluhaitan sekä aiheuttavat resonointia. Tämän vuoksi vaipan porauskuvio on tyypillisesti spiraalimainen, jolloin samaan aikaan vapautuvien reikien määrää pystytään vähentämään. (Konttinen 1983, s. 1071-1078.)

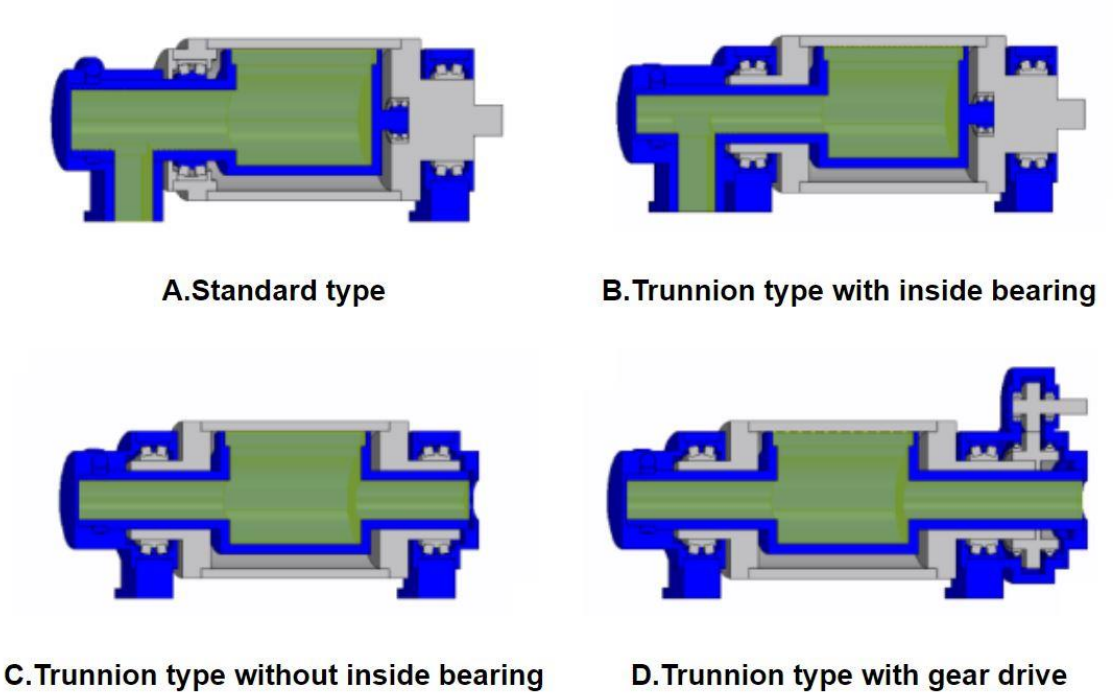
Imulaatikon kiinnitys on imutelojen hoitopäässä toteutettu siten, että vaipan ja hoitopuolen päätykappaleen väliset ruuviliitokset avaamalla imulaatikko ja siihen asennetut päätekammio, päätykappale ja kierukkavaihde pystytään vetämään ulos ja irti telavaipasta huoltotoimenpiteitä ja tarkastuksia varten. Imulaatikon käyttöpuolen päässä on ulosvetoa varten erilliset tukirakenteet ja tukirullat tai tukipalat, joiden varassa imulaatikko voidaan vetää ulos vaipasta. Tyypillisesti imulaatikon käyttöpuolen päässä on kannatustappi, joka takaisin asentaessa keskittää imulaatikon päätykappaleen kannatinlaakeriin. (Konttinen 1983, s. 1073, 1075.) Kuvassa 5 on esitetty kyseinen imutelarakenne, jossa imulaatikko on käyttöpäässä tuettu kannatinlaakerilla vaipan mukana pyörivään päätykappaleeseen.



Kuva 5. Erään suoravetoisen imutelan rakenne (muokattu: Valmet 2010a).

Imuteloissa yleisesti käytettävät erilaiset ratkaisut voidaan jakaa niiden erityyppiseen laakerointiin, käyttötapaan, imukammioiden määrään, imukammioiden ja imujärjestelmän

väliseen reittiin sekä vaipan materiaali- ja pintaratkaisuihin. Rakenteen päätyyppien jaotteluna voidaan pitää sitä, käytetäänkö telassa sisäpuolista imulaatikon kannatinlaakeria. Perinteisessä imutelassa sisälaakeri kannattelee imulaatikkoa vaipan sisällä, jolloin alipaine johdetaan hoitopuolen päätekammion kautta imulaatikkoon. Toinen päätyyppi on rakenne, jossa vaippa on laakeroitu putkiakseleiden kautta kannatuspukkeihin, jolloin alipaine voidaan tuoda käyttöpään putkiakselin läpi. Tavallisesti jälkimmäisen rakenteen yhteydessä käytöllisissä teloissa käytetään myös vaihdetta. (Pekkola 2022; Korhonen et al. 2022; KnowPap 2022.) Kuvassa 6 on esitetty tavallisimpia imutelaratkaisuja. Kuvassa sinisellä värillä on merkitty telan paikoillaan pysyvät osat, harmaalla värillä vaipan mukana pyörivät osat ja vihreällä värillä alipaineistettu tila.




Kuva 6. Erilaisia imutelan rakennetyyppejä (Hasegawa 2014). Kohdissa A ja B on esitetty imutelatyypit sisäpuolisella imulaatikon kannatinlaakerilla, joissa käytetään päätekammiota. Kohdassa B imutelan vaippa on hoitopäässä laakeroitu putkiakselin ja kannatuspukin kautta. Kohdissa C ja D on esitetty imutelatyypit, joissa vaippa on laakeroitu kannatuspukkien sekä putkiakseleiden kautta ja alipaine tuodaan käyttöpään putkiakselin läpi. Kohdan D imutelassa on lisäksi käyttövaihde.

### 4.1.1 Viiran imutelat

Viiran imutela sijoittuu paperi- ja kartonkikoneen viiraosan loppuun. Viiraosalla tapahtuu rainanmuodostus, eli kuituverkoston muodostaminen poistamalla vettä hallitusti laimeasta kuitujen ja veden seoksesta. Tavoitteena on muodostaa tasainen, yksittäisistä kuiduista rakentuva, jatkuva kuituverkosto, eli raina. Viiraosalla määritetään siis valmiin tuotteen perusominaisuudet, joita muokataan koneen seuraavissa osissa. Viiralla tarkoitetaan tässä yhteydessä märkäviiraa, eli polymeerilangasta kudottua verkkomaista päättymätöntä kangasta, jota käytetään koneen viiraosalla tukipintana rainan muodostuksessa, kuivattamisessa ja siirrossa. (KnowPap 2022.)

Viiran imutelan tarkoitus on poistaa vettä rainasta. Telan vaippaosan reikien sekä vaipan sisälle muodostetun alipaineen avulla rainasta saadaan imettyä vettä telan mukaan. Viiran imutelan kohdalla rainan kuiva-ainepitoisuus on jo niin korkea, että vedenpoisto tapahtuu rainan läpi imettävän ilman avulla. Telan pyöriessä suurin osa sen reikiin imetystä vedestä linkoutuu pois telasta vedenkeruukaukaloihin. (KnowPap 2022; Häggblom et al. 2000, s. 133.) Viiran imutelassa käytettävä alipaine on korkea verrattuna viiraosan alun muuhun alipainelaitteistoon, sillä viiraosan lopussa tavoitellaan suurinta mahdollista vedenpoistoa (Smook 2016, s. 249).

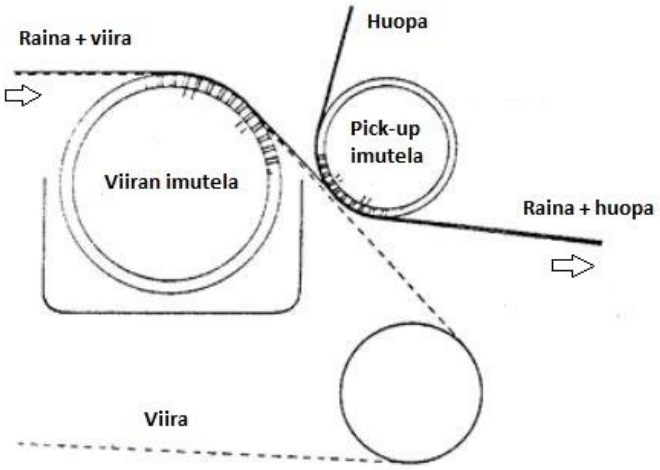
### 4.1.2 Pick-up ja siirtoimutelat

Erilaiset rainan siirto- ja irrotustoimenpiteet ovat välttämättömiä paperi- ja kartonkikoneiden alkupäässä, sillä ilman niitä märkä raina vain seuraa tukipintoja kuten viiraa, huopaa tai telaa, johon se on kiinnittynyt, eikä siten pysy hallittavissa. Jotta märkää rainaa pystytään tehokkaasti siirtämään prosessin eri vaiheiden välillä, täytyy käyttää erilaisia avustavia tukipintoja. Tässä yhteydessä huovalla tarkoitetaan puristinhuopaa, eli polymeerilangasta ja nukasta valmistettua päättymätöntä kudosta, jonka avulla rainaa kuivatetaan, siirretään sekä suojataan koneen puristinosalla. Koneen alkupäässä märän rainan lujuusominaisuudet eivät ole yhtä suuret kuin kuivan ja tiivistetyn rainan, mikä nostaa katkoriskiä, jos tukipintoja ei

käytetä. Erilaiset siirto- ja irrotustavat voidaan jaotella avoimeen ja suljettuun vientiin. (Ebeling 1983, s. 607; Smook 2016, s. 265-266; KnowPap 2022.)

Avoimella viennillä tarkoitetaan paperi- tai kartonkirainan irrotusta tukipinnasta sekä siirtoa rakenneosien välillä vain ratajännitystä apuna käyttäen. Ratajännitys, eli rainaan vaikuttava koneen suuntainen veto muodostetaan rainaan eri vaiheiden välillä luodun nopeuseron avulla. Avoin vienti on tukipintojen puuttumisen ja märän rainan ominaisuuksien vuoksi erityisen riskialtis ratakatkoille. Lisäksi avoimen viennin vaatima vedon tarve kasvaa koneen ajonopeuteen verrattuna eksponentiaalisesti. Suljetussa viennissä avustavan tukipinnan, kuten telan ja huovan avulla muodostetaan tyypillisesti kita, johon raina ajetaan. Kidassa raina saadaan kosketuksiin toisen tukipinnan kanssa, jolloin se voidaan kiinnittää uuteen pintaan ja siten siirtää tuettuna pois alkuperäiseltä tukipinnalta. Tyypillisin tapa suljetun viennin toteutuksessa on nykyään siirtoimutelan avulla muodostettu irrotus ja siirto prosessin osien sekä rakenneosien välillä. (Ebeling 1983, s. 607; Smook 2016, s. 265.)

Siirtoimutelalla tarkoitetaan yleisesti imutelaa, jolla siirretään raina tukikudokselta toiselle tai puristimelta toiselle. Pick-up imutela -termi on vakiintunut tarkoittamaan erityisesti viiraosan ja puristinosan välissä sijaitsevaa siirtoimutelaa. Raina irrotetaan viirasta pick-up telan imun avulla ja kiinnitetään samalla puristinhuopaan. Näin siirto tapahtuu tukikudosten välissä tuetusti ja muodostuu suljettu vienti. (Ebeling 1983, s. 607; Smook 2016, s. 265.) Kuvassa 7 on esitetty pick-up imutelan tyypillinen sijoittelu suhteessa muihin viira- ja puristinosan väliseen siirtoon vaikuttaviin laitteisiin.




Kuva 7. Pick-up imutelan paikka paperi- ja kartonkikoneessa (muokattu: Smook 2016, s. 266).

Irrotus- ja tartuntatapahtumaan vaikuttavat erilaiset fysikaaliset ja kemialliset tekijät. Näistä teloihin liittyviä tekijöitä ovat telavaipan materiaalin ominaisuudet kuten pinnan karheus, pinnan kastuvuus, pinnan elastiset ominaisuudet, kemiallinen koostumus, hydrofiilinen tai hydrofobinen luonne sekä rajakerroksen likaantuneisuus. (Ebeling 1983, s. 621.)

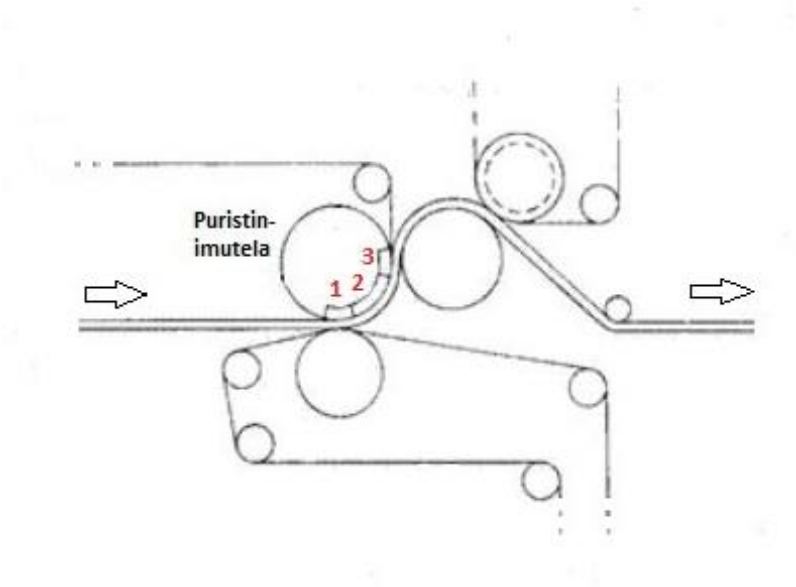
### 4.1.3 Puristinimutelat

Puristinimutelat sijoittuvat paperi- ja kartonkikoneissa puristinosalle, jossa mekaanisen puristuksen avulla rainasta poistetaan mahdollisimman paljon vettä, tiivistetään rainaa sekä muokataan rainan ominaisuuksia, jotta saavutetaan tarpeeksi korkea kuiva-ainepitoisuus ja lujuus seuraavia prosessin osia varten. Rainaa ei pystytä yhdellä puristuskerralla tarpeeksi puristamaan ilman rainan rikkoutumista tai ilman muita haitallisia ilmiöitä kuten värähtelyjä, liian pientä rainan paksuutta, huopien ennenaikaista kulumista tai rainan kuvioitumista. Jotta puristustapahtuman voimakkuutta ja nopeutta pystytään hallitsemaan, käytetään vaiheittaista puristusta. Vaiheittainen puristus muodostetaan useiden peräkkäisten puristinnippien avulla, jolloin nippivoimia voidaan vähitellen kasvattaa sekä yhden nipin puristusnopeus pystytään pitämään tarpeeksi matalana. Näin rainassa ei tapahdu haitallista hienoaineiden huuhtoutumista tai kuituverkoston rikkoutumista. Tyypillisesti puristinnippejä on 2-4

kappaletta peräkkäin. Erityyppisiä puristimia on olemassa lukuisia ja käyttämällä useita eri puristintyyppejä peräkkäin, saadaan hyödynnettyä eri tyyppien ominaisuuksia parhaiten. Eri puristintyypit voidaan jaotella niiden puristustapahtumassa käytettyjen komponenttien perusteella. Komponenttieroja ovat yhtä tai kahta puristinhuopaa käyttävä rakenne sekä eri puristintelatyyppien kuten imutelan, sileiden, uritettujen, sokeaporattujen tai kenkäpuristintelojen käyttö. (KnowPap 2022; Häggblom et al. 2000, s. 149-153.)

Puristinimutelan tarkoituksena on poistaa kartonkirainasta vettä märkäpuristuksen ja alipaineen avulla. Märkäpuristuksessa kartonkiraina ajetaan yhden tai kahden puristinhuovan kanssa kahden toisiaan vasten puristetun telan muodostaman nipin läpi. Nippiin kohdistetun kuormituksen ja siten rainan sisältämän veden hydraulisen paineen vuoksi syntyy rainan ja huovan välille paine-ero, jolloin vesi siirtyy rainasta huopaan sekä telojen pintaan. Imutelan vaippaosan rei’ityksen ja alipaineen avulla rainasta puristettua vettä saadaan imettyä pois puristusalueelta myös telan mukaan ja siten tehostettua vedenpoistoa. Tyypillinen puristinimutelassa käytetty alipaine on 60-70 kPa. (KnowPap 2022; Häggblom et al. 2000, s. 149-151.)

Rainan tehokasta kiinnittämistä puristushuopaan alipaineen avulla voidaan pitää jopa vedenpoiston tehostamista tärkeämpänä tehtävänä, sillä nykyaikaisten koneiden korkeat ajonopeudet tekevät imutelasta välttämättömän rainan siirtämisessä puristimesta toiseen. Tavallisia sovelluksia ovat telat, joissa yhdistetään puristinimutelan ja siirtoimutelan ominaisuudet yhteen ja usean imukammion avulla pystytään yhdellä telalla suorittamaan vedenpoisto nipissä sekä radan hallinnan parantaminen pitovyöhykkeen avulla. Pitovyöhykkeelle tuotava alipaine on puristusvyöhykkeen alipainetta pienempi, yleensä 25-40 kPa. (Häggblom et al. 2000, s. 151; KnowPap 2022.) Kuvassa 8 on esitetty eräs puristintyyppi, jossa puristinimutelassa on kolme imuvyöhykettä. Ensimmäisellä ja kolmannella imuvyöhykkeeellä tapahtuu vedenpoisto. Puristinnippien väliin jäävä toinen vyöhyke toimii pitovyöhykkeenä, jonka avulla parannetaan rainan kiinnittymistä huopaan ennen nippiä.




Kuva 8. Kolmevyöhykkeinen puristinimutela (muokattu: Smook 2016, s. 270).

Puristinimutelan vaippa on tyypillisesti kumilla tai polyuretaanilla pinnoitettu. Pinnoitetun telan vaippaan voidaan lisäksi porata ylimääräisiä sokeita reikiä tai lisätä uritus lisäämään vesitilaa ja siten parantamaan vedenpoistoa. Vedenpoiston tehokkuus puristinosalla on tuotannon taloudellisuuden kannalta edullista, sillä mahdollisimman korkealla kuiva-ainepitoisuudella pystytään säästämään kallista höyryenergiaa kuivatusosalla sekä parantamaan ajettavuutta märän rainan lujuuden nousun vuoksi. (Häggblom et al. 2000, s. 149-151; KnowPap 2022.)

Rainan reikäkuvioitumista ilmenee imupuristimen jälkeen johtuen imutelan vaipan reikien muodostamasta epätasaisesta kuivumisesta ja kuitujen orientoitumisesta. Imureikien kohdalla puristus on kevyempää, jolloin raina kuivuu näistä kohdista vähemmän. Lisäksi vesi virtaa reikien ympäriltä kohti imureikiä, mikä voi aiheuttaa myös kuitujen orientoitumista virtauksen mukana. Reikäkuvioituminen pahenee vaipan pinnoitteen kuluessa. Imureikien särmät pyöristyvät ja siten reikien pinta-ala kasvaa, mikä aiheuttaa entistä suurempaa paine-eroa reikien ja kannasalueen välille. Reikäkuvioitumista pystytään vähentämään pehmeämpien telapinnoitteiden, erilaisten huopien, pienempien imureikien sekä matalamman puristuspaineen avulla. (Kankaanpää et al. 1983, s. 629-630; Smook 2016, s. 263.)

Koska puristimen toiminta perustuu rainan puristukseen nippikuormituksen avulla, on puristinimutelan rajoittava tekijä sen onton rakenteen vuoksi suhteellisen matala puristuspaineen kesto. Väsyminen on tunnistettu yleiseksi puristinimutelojen ongelmaksi erityisesti niiden vaippaosassa. (Smook 2016, s. 263.)

### 4.1.4 Imutelojen huolto

Imutelojen rakenteen ja toimintaperiaatteen vuoksi niiden puhtaanapito ja sisäisten rakenteiden kunnon määräaikainen tarkastaminen on tärkeä osa niiden kunnossapitoa. Imureikien tukkeutuminen ja kuitumassan kerääntyminen telan sisäosiin aiheuttavat riskin vaipan pinnoituksen vaurioitumiseen sekä sisäpinnan kulumiseen. Telan puhdistamisella pystytään pienentämän näitä riskejä. Tiivistyksen kunnon varmistamisella pystytään parantamaan telan suorituskykyä, mutta erityisesti ehkäisemään sisäosien kulumista ja naarmuuntumista. (Konttinen 1983, s. 1084.)

Imutelojen toiminnan kannalta kriittisiä komponentteja sekä siten tärkeitä kunnossapidon kohteita ovat erityisesti niissä käytettävät sisälaakerit, tiivistelistat sekä kuormitusletkut. Koska näiden komponenttien tarkoituksenmukainen toiminta on ehto imutelan toiminnalle sekä sen suunnitelman mukaiselle käyttöajalle, on niille määritetty erityisiä tarkastus ja huoltotoimenpiteitä. Yleisesti on todettu, että imutelan imukammioiden tiivistelistat on tarpeellista vaihtaa noin vuoden käyttöajan välein (Knowpap 2022). Käytännössä käyttökohteesta riippuen, tämä tarkoittaa kuitenkin tiivisteiden kunnon tarkastusta jokaisessa huollossa. Kokemuksien mukaan tiivisteiden kuluma ei saavuta tällä käyttöajalla niille asetettuja raja-arvoja tai aiheuta merkittäviä muutoksia telan toimintaan. Tiivistelistojen kuormitusletkut ovat kuitenkin joka huollossa vaihdettavia komponentteja, sillä niissä on tunnistettu tarve tiheälle vaihtovälille. Erityisesti laakerien kunto vaikuttaa huomattavasti telan pyörimisen tarkkuuteen ja siten telan laaduntuottokykyyn prosessissa. (Pekkola 2022.)

Laakerien vaihto suoritetaan varmistavana toimena käyttöajan mukaan, tai silloin kun kunnonvalvonnassa havaitaan laakeroinnin kunnon aleneminen. Tästä syystä laakerit ovat harvemmin vaihdettavia komponentteja. Imuteloissa, nämä pallomaiset rullalaakerit ovat tyypillisesti vähemmän kuormitettuja sillä käyttökohteiden mukaan niihin ei kohdisteta suuria ulkoisia kuormituksia. Poikkeuksena tästä ovat puristinimutelat, joita käytetään korkeasti kuormitetuissa nipeissä. Näissä imuteloissa korostuu myös tarve säännöllisille vaipan särötarkastuksille, jotta havaitaan tyypillisesti vaipan rei'tyksestä alkavat väsymisilmiön oireet. Riippuen telan käyttökohteesta, imuteloissa käytetään vaihtelevasti erilaisia komponentteja. Käyttövaihde, painemittarit, ilma- ja voiteluliittimet, myös näiden komponenttien erikoishuollot ja tarkastukset on otettava huomioon huoltoja suunniteltaessa. (Pekkola 2022.)

Imutelojen huolloissa huomioon otettavia asioita ovat myös osassa laitteista käyttöön otetut parannukset sekä uusi teknologia. Imukammioiden tiivistelistoissa voidaan käyttää erityistä lukittavaa sivutiivisterakennetta. Sivutiivisteiden rakennemuutoksella saavutetaan vaipan ja tiivistelistojen pidempi käyttöikä, vähentynyt tiivisteveden kulutus sekä telan matalampi energiankulutus. Muutoksessa tiivistelistojen ja kuormitusletkujen rakennetta muutetaan siten, että sivutiivisteet voidaan lukita paikoilleen prosessin saavuttaessa vakaan tilan ja kun imukammioon on saatu muodostettua tarvittava alipaine. Lukitussa asennossa tiivisteen ja vaipan kosketuspinta-ala on tavanomaista pienempi, jolloin tiivisteen ja vaipan kuluminen on vähäisempää sekä tarvittava tiivisteveden määrä on pienempi. Kyseisellä muutoksella on telan kunnossapidon kannalta vaikutusta siten, että kyseisiin kohteisiin tarvittavat varaosat sekä tarkastuksissa käytettävät raja-arvot eroavat alkuperäisten tiivisteosien kanssa. Suurempi kuormitusletkujen määrä ja niiden korkeampi kuormituspaine ovat myös testauksessa huomioitavia seikkoja. Koska muutetun sivutiivistyksen käyttöikä on alkuperäistä pidempi, täytyy se ottaa huomioon myös kunnossapidon suunnittelussa. (Pekkola 2022; Valmet 2022c; KnowPap 2022.)

Toinen imuteloissa yleisesti käytetty parannus on erilaisten uusien tiivistemateriaalien käyttö. Imatran tehtailla käytetään imutelojen huolloissa vaihtotiivistelistoina joustavia tiivistelistoja. Näiden tiivistelistojen etuja ovat alkuperäistä tiivistemateriaalia vähäisemmän

kulumisen myötä pidempi tiivisteen käyttöikä, helpompi asennettavuus ja käsittely aiempaa joustavamman materiaalin vuoksi sekä parempi suorituskyky nopeamman ja paremman muotoutumisen ansiosta (Valmet 2020). Telan toiminnallisten ominaisuuksien ja käytettävyyden kannalta on tärkeää käyttää myös huolloissa varaosana niitä komponentteja, jotka tiettyyn kohteeseen on suunniteltu tai muutosten myötä otettu käyttöön.

Nippipaineanturit ovat kiinteästi telan pinnoitteen alle asennettuja antureita, joilla pystytään mittaamaan reaaliaikaisesti telojen dynaamista nippiprofiilia. Anturoinnilla saatavaa tietoa pystytään käyttämään hyväksi prosessin säädössä sekä diagnosoinnissa. Telojen huolloissa on antureita sisältävien kohteiden kohdalla huomioitava antureiden langaton toiminta, eli niiden tarvitsemat akut ja niiden varauksen tila. (Andritz 2020; Valmet 2022d.)

Prosessin säädön kannalta on imutelassa tärkeää pystyä säätämään imualueen asentoa kierukkavaihteen avulla sekä leveyttä päätytiivisteiden siirrolla. Suurimmat vaikutukset näillä säädöillä on erityisesti käytettäessä höyrylaatikoita puristuksen apuna sekä yleisesti puristustapahtumassa imun säädössä. Tästä syystä säätöjen toiminnan tarkastus sekä voitelu ovat tärkeitä imutelan huoltotehtäviä. (Pekkola 2022.)

Viiraosalla ja puristinosalla olosuhteet ovat märät ja lämpötila voi olla jopa 50 °C. Olosuhteet sekä kuitumassa altistavat telan eri osat korroosiolle ja vaikuttavat siten usein telan osien maalaustarpeeseen. (KnowPap 2022; Häggblom et al. 2000, s. 133.) Koska telan kokemat olosuhteet ovat märät, on ulkoisen tiivistyksen kunnollinen toiminta tärkeässä osassa vaikuttamassa telan käyttöikään. Tiivistyksen rakenne vaihtelee telan rakenteen ja käyttökohteen mukaan, mutta yleisesti erilaisten akselitiivisteiden, kuten v-renkaiden ja labyrinttitiivisteiden avulla estetään veden pääsy laakerointeihin. (KnowPap 2022; Korhonen et al. 2022; Pekkola 2022.)

Voideltavia kohteita on imuteloissa reilusti ja koska imuteloissa käytetään usein rasvavoideltuja laakerointeja, on rasvaus tärkeä osa huoltoja, sillä kun tela asennetaan

koneeseen, ei tässä vaiheessa rasvaa enää lisätä. Erilaiset ulkoisten tiivistysten rakenteet vaativat toimiakseen myös rasvauksen. (Korhonen et al. 2022; Häkli & Pesonen 2022.)

Imutelojen hionnan tarpeellisuus eri huolloissa on vahvasti telan positiosta riippuvainen. Tyypillisesti polymeeripinnoitettuja imuteloja hiotaan useammin, niiden pinnanlaadulta vaativamman käyttökohteen sekä pinnoitteen kulumisen vuoksi. Yleisesti imutelojen hionnan suunnittelussa on erityisesti otettava huomioon niiden rei'ityksestä johtuva hionnan lisätyö sekä imureikien kulumisesta syntyvän hiontatarpeen tunnistaminen. Koska hionnassa syntyy reikien ja urien reunoille jäysteitä, täytyy nämä poistaa harjaamalla sekä urat puhdistaa. (KnowPap 2022; Pekkola 2022.)

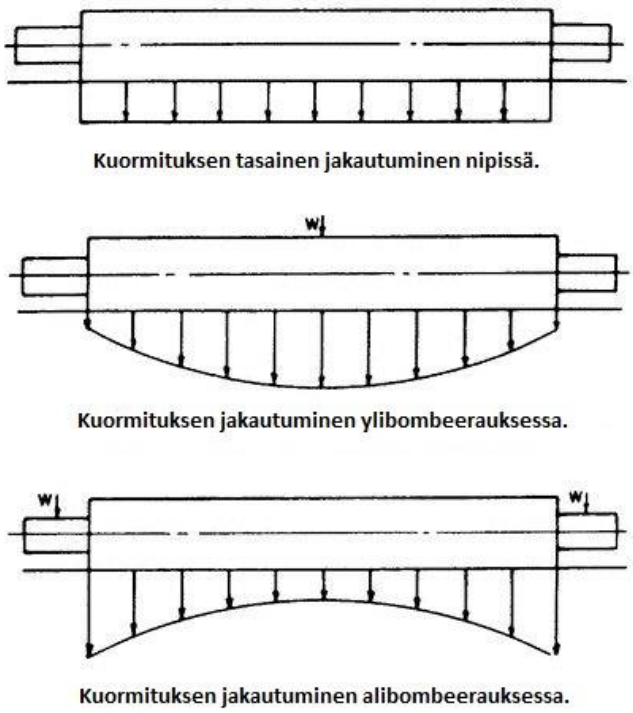
## 4.2 Taipumakompensoidut telat

Telojen taipuminen on paperi- ja kartonkikoneessa ongelma erityisesti sen muodostaman epätasaisen nippikuormituksen vuoksi. Tela taipuu siihen kohdistetun kuormituksen ja sen oman painon yhteisvaikutuksesta. Taipuman määrä vaihtelee kuormituksesta ja sen suunnasta sekä telamallista ja käytetyistä materiaaleista riippuen. Kalantereissa ja puristimissa taipuma on erityisen haitallinen ilmiö epätasaisen nippikuormituksen vuoksi ja sillä on siten vaikutuksia esimerkiksi rainan paksuus- ja kosteusprofiiliin. Viiran- ja huovanjohtotelojen taipumalla on vaikutuksia kudosten kireyden tasaisuuteen sekä niihin liittyviin häiriöihin. Taipuma myös rasittaa teloja ja vaikuttaa niiden laakerointiin, alentaen telojen mekaanista kestoa. Näistä syistä taipumakompensoituja teloja käytetään erityisesti puristimilla sekä kalantereissa. (KnowPap 2022; Julkunen 1983, s. 1117.)

On olemassa monia erilaisia mahdollisia menetelmiä taipumisen kompensointiin, jotka voidaan jakaa telojen aktiivisiin ja passiivisiin taipumasäätöihin. Aktiivisissa järjestelmissä kompensointi tapahtuu hydrauliikkalaitteiston avulla telan sisällä tai akselitapin kautta ohjattavien mekanismien avulla. Näiden lisäksi erilaisia teloja ristikkäin asettelevia säätöjä on käytetty aktiivisena kompensointijärjestelmänä. Telojen passiivinen taipumakompensointi tarkoittaa yleisesti erilaisten mykevöinti- eli bombeerausmenetelmien

hyväksikäyttöä telan taipuman kompensoinnissa. Näitä menetelmiä ovat kiinteä bombeeraus ja vastakkaistaipumatelat. (Julkunen 1983, s. 1117-1119.)

Kiinteä bombeeraus, eli telan muodon muuttaminen siten, että sen vaipan ulkohalkaisija muuttuu telan akselin suunnassa, on tyypillinen telaan hiottu ominaisuus. Tämä on vanhin ja yksinkertaisin menetelmä telan taipuman kompensointiin. Positiivisessa bombeerauksessa vaipan halkaisija on keskellä suurempi kuin vaipan päädyissä, jolla saadaan aikaan telan taipumaa vastaava muotokäyrä. Tyypillinen bombeerauksen arvo, eli vaipan päiden ja keskikohdan välinen halkaisijaero on kaksinkertainen telan keskikohdan taipumaan verrattuna. Kiinteän bombeerauksen ongelmia ovat sen rajoitettu kuormituksen toiminta-alue sekä kehänopeuden vaihtelu vaipan läpimitan muuttuessa. Tiettyyn bombeerausarvoon hiottu tela toimii ainoastaan kyseiselle arvolle suunnitellulla viivakuormalla. Jotta paperi- ja kartonkikoneilla pystytään ajamaan eri laatuja, viivakuorman arvoja täytyy vaihdella eri laatujen mukaan. Kehänopeuden vaihtelu telan akselisuunnassa aiheuttaa erityisesti viira- ja puristinosalla haitallista kudosten saumojen käyristymistä. (KnowPap 2022; Julkunen 1983, s. 1117-1119.) Kuvassa 9 on esitetty eri bombeerausarvojen vaikutukset nippikuormituksen jakautumiseen. Ensimmäisessä tapauksessa bombeeraus on sopiva ulkoiseen kuormitukseen nähden ja nippikuormituksen profiili on tasainen. Toisessa tapauksessa liian suuri positiivinen bombeeraus aiheuttaa kuperan, keskeltä suuremman nippikuormitusprofiilin. Kolmannessa tapauksessa liian suuri negatiivinen bombeeraus aiheuttaa koveran, päistä suuremman nippikuormitusprofiilin.

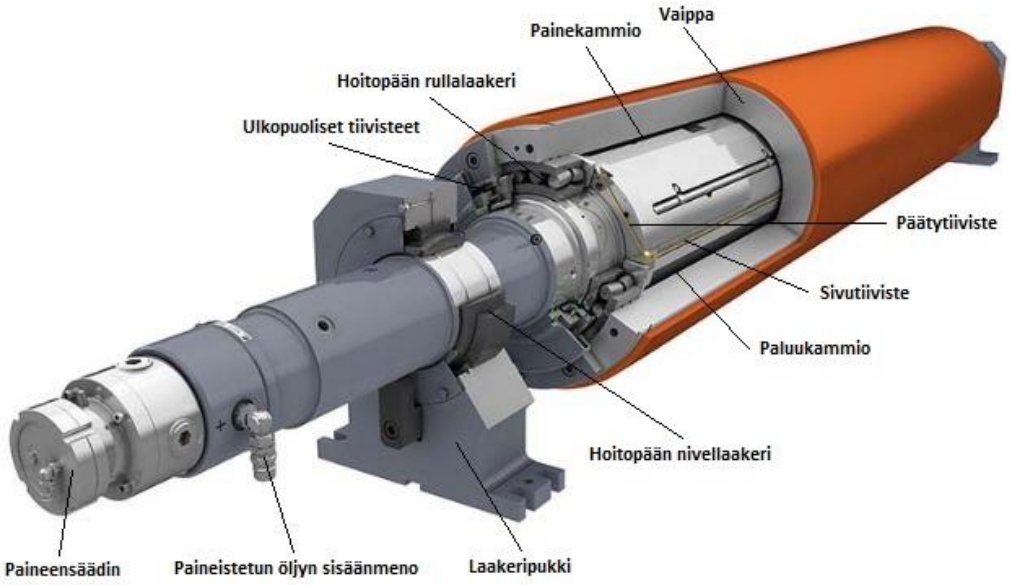



Kuva 9. Bombeerauksen vaikutus viivakuormaan (muokattu: Smook 2016, s. 262).

Aktiiviset telan taipumakompensoinnin järjestelmät voidaan jakaa perinteisiin uiviin teloihin, vyöhykesäädettäviin teloihin, monivyöhyketeloihin, pitkänippipuristimen teloihin sekä liukulaakeroituihin taipumakompensoituihin teloihin. Eri telatyypit on kehitetty vastaamaan paperi- ja kartonkikoneiden jatkuvasti kasvaviin ajonopeuksiin, korkeisiin viivakuormiin sekä erilaisiin profilointitarpeisiin. (KnowPap 2022.) Tässä tutkimuksessa keskitytään uiviin taipumakompensoituihin teloihin, sillä ne ovat Imatran tehtaiden taipumakompensoiduista teloista yleisimpiä ja niitä huolletaan pääsääntöisesti itse. Muiden telatyyppien monimutkainen rakenne, vaativat tarkkuuskomponenttihuollot sekä pieni lukumäärä suhteessa suureen resurssitarpeeseen ovat syitä huoltojen ulkoistamiselle. (Pekkola 2022.)

### 4.2.1 Uivat taipumakompensoidut telat

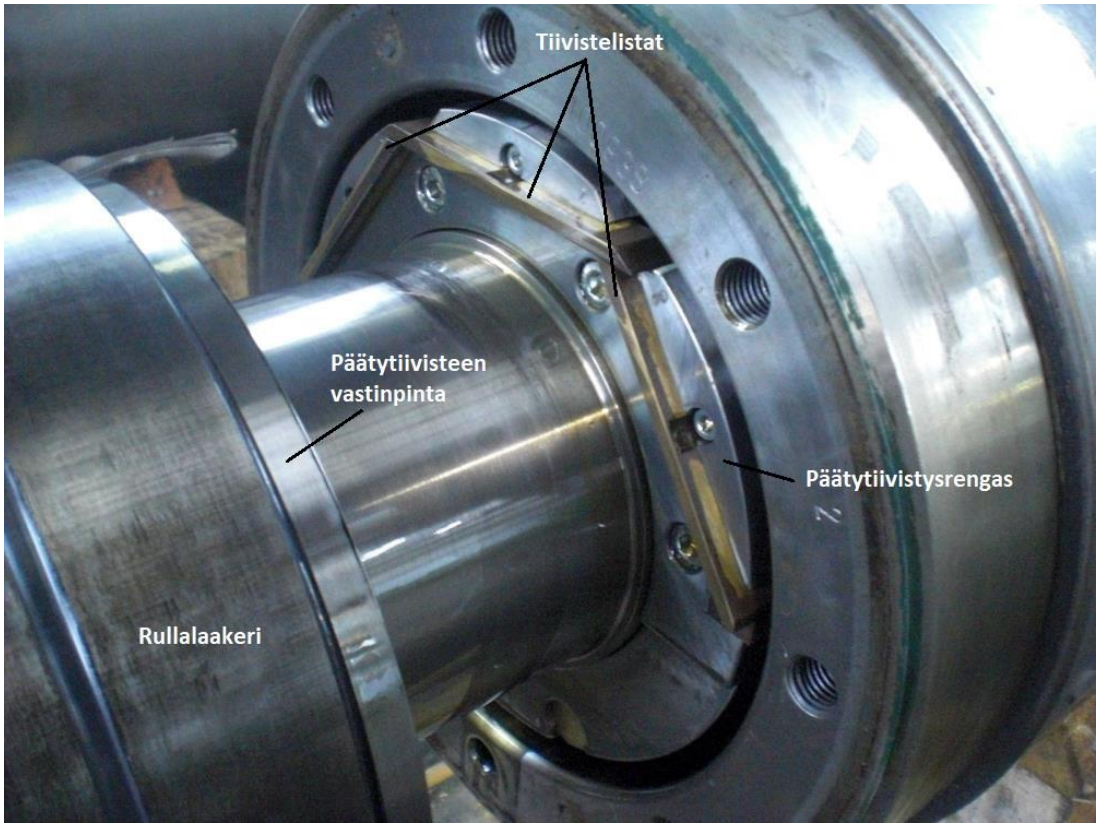
Perinteisten uivien taipumakompensoitujen telojen toiminta perustuu hydrauliikan avulla säädettävään bombeeraukseen. Telan rakenne koostuu pääpiirteittäin akselista, vaipasta, sisäpuolisista tiivisteistä, käyttövaihteesta, ulkopuolisista tiivisteistä ja laakeroinneista. Vaippa on laakeroitu akselille siten, että vaippa pyörii paikoillaan olevan akselin ympäri ja öljykammiot muodostuvat vaipan ja akselin väliseen tilaan. Kammiot on tiivistetty ja erotettu toisistaan päätytiivisteiden ja sivutiivistelistojen avulla. Telan öljykammiot on nimetty paine- ja paluukammioiksi niiden toimintojen mukaan. Painekammioon tuotettu paine aiheuttaa vaipan taipumisen ja sivu- sekä päätytiivisteiden kautta vuotava öljy poistetaan telasta paluukammion kautta. (Knowpap 2022; Valmet 2010b.) Kammioiden välistä paine-eroa säätämällä pystytään muuttamaan vaipan tuentaa siten, että nippikuormituksesta saadaan tasainen ja paine-eroa pystytään säätämään suhteessa viivakuormaan. Paine-eron säädöllä saadaan aikaan erilaisia haluttuja kuormitusjakaumia. (KnowPap 2022.) Kuvassa 10 on esitetty tyypillinen uivan taipumakompensoidun telan hoitopään rakenne.




Kuva 10. Uivan taipumakompensoidun telan hoitopään rakenne (muokattu: Valmet 2022b).

Uivissa taipumakompensoiduissa teloissa käytetään eri käyttökohteiden mukaan joko pinnoitettuja tai pinnoittamattomia valurautavaippoja. Puristimissa käytetään yleisesti ruostumatonta profiilinauhapinnoitetta sekä uritettua kumi- tai uretaanipinnoitetta. Kalantereissa käytettävät telavaipat ovat joko päällystämätöntä kokillivalurautaa tai polymeeripinnoitettua suomugrafiittivalurautaa, riippuen kalanterin tyypistä. Paineistetun öljyn avulla muodostetaan telan taipuman säätö, mutta öljyn avulla myös voidellaan rullalaakerit sekä jäähdytetään telan eri komponentteja. Tyypillisesti pinnoitetulla telavaipalla varustetuissa teloissa käytetään erillistä jäähdytysöljyä. Jäähdytysöljyn käytöllä vähennetään telapinnoitteen vaurioitumisriskiä korkeiden lämpötilojen takia sekä parannetaan lämmön hallintaa käyttövaihteen, laakeroinnin ja tiivistyksen osalta. (KnowPap 2022; Valmet 2010b.)

Sivutiivistelistat ovat telan akselin suuntaiset, pitkät tiivisteet, jotka painuvat jousikuormitteisesti vaippaa vasten ja erottavat paine- ja paluukammiot toisistaan. Päätytiivisteet ovat tyypillisesti listasarjasta, sivupaloista, kuormitusjousista ja päätytiivisterenkaasta muodostuvat tarkasti sovitetut kokonaisuudet, jotka kiinnitetään ruuviliitoksin akselin molempiin päihin. Päätytiivistyselementit tiivistävät kammiot vaipan rullalaakereita vasten asennettavia vastinpintoja vasten. (Metso Paper 2001.) Kuvassa 11 on esitetty uivan taipumakompensoidun telan päätytiivistyselementtien rakenne. Kuvassa messingin väriset tiivistelistat muodostavat listasarjan, joiden alle kiiltävään päätytiivistysrenkaaseen asetetaan kuormitusjouset. Kuvassa vasemmalla on rullalaakeri ja sitä vasten kiiltävä päätytiivisteen vastinpinta.




Kuva 11. Osittain puretun uivan taipumakompensoidun telan päätytiivistyksen osat (Tecno Plants 2021).

Telan ulkopuolisen tiivistyksen toteutus riippuu käyttökohteesta sekä telan rakenteesta. Tyypillisesti ulkoinen tiivistys koostuu akselin huulitiivisteistä, liukurengastiivisteestä, O-renkaista sekä liittimien ja tulppien kuparitiivisteistä. Näiden tiivisteiden avulla estetään telan sisäisen öljyn pääsy telan ulkopuolelle, mutta myös ulkoisen kosteuden ja lian pääsy telan sisäosiin. (Häkli & Pesonen 2022; Korhonen et al. 2022; Pekkola 2022.)

Uivien taipumakompensoitujen telojen laakeroinnit koostuvat tyypillisesti vaipan sisäpuolisista pallomaisista rullalaakereista sekä koko telaa kannattelevista nivellaakereista. Nivellaakereiden tarkoituksen mukainen toiminta on myös tärkeä osa uivan taipumakompensoidun telan toimintaa, sillä akselin taipuma koko telan painosta ei saa muodostaa jännitystä akselien ja nivellaakerien välille asennettaessa telaa koneeseen. (Häkli & Pesonen 2022; Korhonen et al. 2022; Pekkola 2022.)

### 4.2.2 Uivien taipumakompensoitujen telojen käyttökohteet

Tyypilliset taipumakompensoitujen telojen käyttökohteet ovat puristimissa ja kalantereissa, sillä niissä rainaa muokataan telojen muodostamassa nipissä. Nippiin kohdistuvan viivakuorman profiili ja sen suuruus vaikuttavat puristustapahtumaan sekä kalanterointitapahtumaan. Tämän vuoksi taipumakompensoitujen telojen säädön avulla pyritään muodostamaan tasainen ja suora viivakuorma koko rainan leveydelle. Uivalle taipumakompensoidulle telalle on tyypillistä yksinkertainen bombeerauksen muoto. (KnowPap 2022; Smook 2016, s. 261.)

Paperi- ja kartonkikoneiden puristinosan tehtävänä on usein poistaa vettä rainasta tasaisesti, jolloin saadaan aikaan myös tasainen puristinosan jälkeinen rainan kosteusprofiili. Joissain tapauksissa on kuitenkin tarve säätää kosteusprofiilia, jolloin kompensoidaan esimerkiksi muilla osilla syntyviä kosteusvaihteluita. Tähän pystytään vaikuttamaan taipumakompensoitujen telojen säädettävyyden avulla, mutta uivan taipumakompensoidun telan rajoitteena on sen yksinkertainen taipuman muoto. Puristustapahtuman tehokkuus telojen muodostamassa nipissä on riippuvainen siinä muodostuvasta puristusimpulssista. Puristusimpulssi muodostuu nipin puristuspaineen ja puristusajan tulosta. Rajoitteena telanipissä suoritettavassa puristuksessa on tyypillisesti lyhyt puristusaika, minkä takia rainasta puristettu vesi ei ehdi siirtyä huopaan tai suuren veden määrän vuoksi yksi puristinhuopa ei ole tilavuudeltaan riittävä. Puristusaikaa pystytään kasvattamaan pidentämällä telojen ja huopien muodostamaa nippiä. Kasvattamalla puristintelojen halkaisijaa pidennetään puristinnippiä, mutta samalla vaaditaan viivakuorman nostoa. Tästä syystä tyypilliset telojen halkaisijat ovat 1400-1800 mm ja suurimmat viivakuorman arvot ovat 400 kN/m. Puristustapahtuman maksimipaineeseen vaikuttavat nippiin tuotava ulkoinen kuormitus, telojen halkaisijat, telan pinnoitteen kovuus sekä puristinhuovan ominaisuudet. Ulkoinen kuormitus toteutetaan tyypillisesti ylätelan mekaanisen kuormituksen avulla. Eräs huomioon otettava seikka on puristimen tyypin mukaan erilainen telojen asemointi ja siten rakenteisiin eri tavalla vaikuttavat kuormitukset. Koska puristimissa käytettävät viivakuormat ovat suuria, on telojen värähtely ongelmallinen ilmiö myös puristinnipeissä. (Smook 2016, s. 261-262; KnowPap 2022; Häggblom et al. 2000, s. 149-151.)

Puristintelojen joustavan pinnoitteen avulla vaikutetaan nipin käyttäytymiseen, mutta pystytään myös vähentämään huovan kulumista. Joustavammilla pinnoitteilla voidaan pehmentää ja pidentää puristinnippiä sekä esimerkiksi uritetun tai sokeaporatun pinnan avulla parantamaan veden poistoa. Pehmeät pinnoitteet ovat rajoittava tekijä puristinnipin kuormituksen kannalta. (Smook 2016, s. 261, 263; KnowPap 2022; Häggblom et al. 2000, s. 149-151.)

Kalanteroinnilla pyritään vaikuttamaan paperin ja kartongin pintaominaisuuksiin, paksuuteen sekä tiiveyteen. Kalanteroinnin tärkeimpänä tavoitteena voidaan pitää valmiin tuotteen painettavuuden parantamista muokkaamalla rainan pintaominaisuuksia. Paperin ja kartongin pinnan karheus sekä huokosrakenteen tiiveys ovat tärkeitä painatustuloksen laatuun vaikuttavia tekijöitä. Tämän takia kalanteroinnissa parannetaan tuotteen sileyttä ja kiiltoa sekä säädetään ja tasataan sen paksuutta. Muita ominaisuuksia joihin kalanteroinnilla vaikutetaan ovat ilmanläpäisevyys, öljynabsorptio, taivutusvastus, vaaleus sekä opasiteetti. Eri ominaisuuksien muutoksia voidaan säätää kalanteroinnissa käytettävien prosessimuuttujien avulla. Prosessimuuttujia ovat puristuspaine, lämpötila, aika sekä kosteus. Nipin puristuspaineeseen vaikuttavat viivakuormitus, vaipan pinnan kimmokerroin sekä telojen halkaisijat. Telan halkaisijan pienentyessä, samalla viivakuormituksella, nipin puristuspaine kasvaa, sillä nipin pituus pienenee. Puristusaikaan vaikuttavat kalanterinippien määrä, nipin pituus sekä koneen ajonopeus. Pidemmällä puristusajalla saadaan aikaan suurempia pysyviä muutoksia. (KnowPap 2022; Smook 2016, s. 282, 284; Häggblom et al. 2000, s. 197, 199.)

Kalanteroinnissa tapahtuvat muutokset eivät ole pelkästään haluttuja ja parantuvien ominaisuuksien lisäksi joudutaan samalla ottamaan huomioon eräiden ominaisuuksien heikkeneminen. Näitä ominaisuuksia ovat paperin ja kartongin jäykkyys, lujuus, opasiteetti sekä vaaleus. Erityisesti kartongin täytyy olla mahdollisimman jäykkää, jolloin kalanteroinnissa pyritään minimoimaan siinä tapahtuva jäykkyyden menetys. Jäykkyyden ja lujuuden menetystä voidaan vähentää parantamalla pintakerrosten muovattavuutta. Kartongin muovattavuuteen vaikuttavat lämpötila sekä rainan kosteus. Korkeampi kosteus

laskee lingiinin sekä hemiselluloosan pehmenemislämpötiloja ja korkeammassa lämpötilassa ne pehmenevät yhä, mikä parantaa rainan muovattavuutta. Tämän vuoksi kalantereissa käytetään usein lämmitettäviä teloja. Jotta pystytään vaikuttamaan paperissa ja kartongissa tapahtuviin muutoksiin, käytetään erilaisia kalanterointimenetelmiä. Menetelmät voidaan jakaa harjakiillotukseen, kovanippikalanterointiin, softkalanterointiin sekä pitkänippikalanterointiin. Uivat taipumakompensoidut telat ovat laajasti käytetty telatyyppi kovanippi- ja softkalantereissa. (KnowPap 2022; Smook 2016, s. 282; Häggblom et al. 2000, s. 197.)

Kovanippikalanterointi tapahtuu kuivausosan jälkeen ja siinä käytetään kovia valurauta- tai teräspintaisia teloja. Kovien, lähes kokoonpuristumattomien telojen avulla tasoitetaan rainan poikkisuuntaista paksuutta. Tyypillisiä ominaispiirteitä ovat kapea nippi, korkea nipin maksimipaine ja vakioitu rainan paksuus. Koska kovat telapinnat vaikuttavat eniten profilin paksuimpiin kohtiin, syntyy tiheysvaihtelua, joka näkyy rainan pintaominaisuuksien epätasaisuuksina sekä lujuuden ja jäykkyyden heikentymisenä. Kovanippikalanteroinnin tyypillinen käyttötarkoitus on esikalanteroida raina ennen päällystystä. Esikalanteroinnin avulla pystytään parantamaan päällystyksen lopputulosta. Koska sileän telapinnan kopioituminen paperiin ja kartonkiin on osa kovanippikalanterin toimintaa, on siinä käytettyjen telojen vaipan muodon tasaisuus ja pinnankarheuden pieni arvo tärkeitä ominaisuuksia niiden toiminnan kannalta. Joustamattomat kovat telat ovat myös herkkiä värähtelylle, jolloin telan värähtely aiheuttaa tuotteeseen raitamaisia jälkiä. (KnowPap 2022; Smook 2016, s. 283.)

Kalantereita, joiden nipeissä toisena telana käytetään joustavalla polymeerillä pinnoitettua telaa, kutsutaan softkalantereiksi. Softkalanterissa toinen tela on polymeeripinnoitettu taipumakompensoitu tela ja toinen lämmitettävä pinnoittamaton kokillivalurautatela. Tyypillisiä ominaispiirteitä ovat pitkä nippi, matala nipin maksimipaine sekä tasainen rainan tiheys. Koska pinnoitettu telapinta on joustava ja siten muodostuva nippi on pidempi, se laskee nipin maksimipainetta. Maksimipaine on määrittävä tekijä tuotteen kalanterointipaksuuden kannalta ja siten softkalanteroinnissa pystytään tuottamaan kovempiin teloihin verrattuna samantasoisia pintaominaisuuksia, menettämättä yhtä paljon

tuotteen paksuutta. Joustava nippi myötäilee rainan pinnan muotoa, jolloin syntyy paksuuden vaihtelua, mutta tasainen tiheys. Erityisesti softkalanterin nipit vaativat sileät telapinnat, sillä pinnan jäljentyminen rainaan on softkalanteroinnin tärkein kalanteroitumismekanismi. Tämä johtuu joustavan pinnoitteen aiheuttamasta vähäisistä pinnan suuntaisista voimista. Rainan pintaominaisuudet muutokset ovat suurempia kovan telan puolella ja lisäksi lämmön tuonti parantaa tämän puolen pinnan muovattavuutta, yhä edistäen jäljentymistä. Telan pinnan lämpötila on yleensä käyttökohteesta riippuen 130-200 °C. Kalanteroitumistapahtuman toispuolisuudesta johtuen softkalanterinippejä on yleensä peräkkäin vähintään kaksi kappaletta, joissa niiden toisiinsa nähden käänteisellä telajärjestyksellä pystytään käyttökohteesta riippuen kalanteroimaan rainan molemmat puolet. (KnowPap 2022; Smook 2016, s. 283.) Softkalanteritelat ovat enemmän alttiita pinnoitteiden vikaantumisille erityisesti päällystimien läpilaskujen takia, sillä kalanterointi tapahtuu tyypillisesti päällystyksen jälkeen (Pekkola 2022).

### 4.2.3 Uivien taipumakompensoitujen telojen huolto

Tyypillisesti uivien taipumakompensoitujen telojen perushuolto sisältää ainoastaan hionnan. Tämän lisäksi käyttöajan mukaan arvioidaan laajempia huollon tarpeita. Tarkastusten perusteella arvioidaan tiivistyksen osien vaihdon sekä puhdistuksen tarvetta. Toiminnan kannalta kriittisimpinä komponentteja ovat telapinnan lisäksi paine-eron säädin ja sisäiset tiivisteet. Uivien taipumakompensoitujen telojen tyypillisiä vikaantumisia ovat ulkoiset öljyvuodot ja bombeerauksen säädön toimimattomuus. Pinnoitettujen telojen tapauksessa joustava pinnoite on myös herkkä vaurioitumiselle, jossa tyypillisesti nipin läpi kulkeva ylimääräinen partikkeli tai massa aiheuttaa pinnoitteen paikallisen rikkoutumisen ja siten hionnan tarpeen. (Pekkola 2022.)

Koska uivan taipumakompensoidun telan toiminta perustuu hydraulisen paine-eron ylläpitoon ja säätöön, ovat paineensäädin sekä sisäiset tiivisteet tärkeä osa telan toimintaa. Paineensäädin vaihdetaan tyypillisesti laajassa huollossa kunnostettuun varaosaan. (Pekkola 2022.) Uivien taipumakompensoitujen telojen laaja huolto vaatii paljon huoltotilaa, sillä telan purku- ja kasausvaiheessa tarvitaan kaksi kertaa telan kokonaispituuden verran tilaa.

Eri valmistajien tai käyttökohteiden välillä ei uivissa taipumakompensoiduissa teloissa ole huoltojen kannalta merkittäviä eroja telojen rakenteissa. (KnowPap 2022.)

Olosuhteet paperi- ja kartonkikoneen puristinosalla ovat märät ja likaiset, mikä voi aiheuttaa ongelmia telojen voitelussa, jos kosteus pääsee laakerointeihin. Kuitenkin suhteellisen suljetun rakenteen vuoksi laakerivaurioiden riski on matala. Likaiset ja märät olosuhteet myös aiheuttavat sekä edistävät telojen korroosiota. Olosuhteiden takia puristinosan telat täytyy puhdistaa, sillä niiden likaisuus saattaa vaikeuttaa vuotojen havaitsemista. Lisäksi puhdistuksen jälkeen pystytään havaitsemaan korroosio-ongelmat ja siten pystytään korjaamaan viat maalauksessa tai tunnistamaan kunnostustarpeet komponenteissa, joissa korroosiovauriot ovat merkittäviä ja telan toimintaan vaikuttavia. Kalanteroinnissa kuivatusosan jälkeinen korkea lämpötila sekä kuumakalanteroinnissa vastatelan muodostamat kuumat olosuhteet vaikuttavat heikentävästi erityisesti telojen ulkoiseen tiivistykseen. (Pekkola 2022.)

# 5 Laadunhallinta

Laatu on käsitteenä vaikeasti määriteltävä, sillä erilaiset näkökulmat vaikuttavat aina laadun arvioinnin tulokseen. Laatu omaksutaan tyypillisesti hyväksi koetuiksi piirteiksi sekä onnistumisiksi. Laadun subjektiivisuuden sekä moniuloitteisen luonteen vuoksi laatumääritelmään sisältyy kuitenkin paljon erilaisia muuttujia, käsityksiä sekä näkökulmia.

Perusteena laadun määrittelylle voidaan käyttää tyypillisesti tuotteen tai palvelun eli kohteen ominaisuuksia, asiakkaan mielipidettä, arvoa sekä tuotannon vaatimuksia. Kohteen ominaisuuksiin perustuva määrittely arvioi ominaisuuksia joilla täytetään tuotteelle tai palvelulle kohdistettuja tarpeita. Tarpeet nähdään erilaisina vaatimuksina esimerkiksi liittyen tuotteen tai palvelun toiminnallisuuteen, turvallisuuteen, toimintavarmuuteen, huollettavuuteen tai taloudellisuuteen. Eräänä ongelmana ominaisuusperusteisessa määrittelyssä voidaan pitää arvioinnin tapauskohtaisuutta, sillä tarpeet eivät välttämättä perustu standardisoituihin asioihin ja muodostavat vain suppean näkemyksen kohteen laadusta. Asiakkaan, eli kohteen vastaanottavan henkilön tai organisaation mielipiteeseen perustuva laadun määrittely pohjautuu ajatukseen, että asiakas päättää sopivat kriteerit laadun määrittämiseksi. Oletuksena on siis, että asiakas osaa määrittää kyseiset kriteerit. Koska kyse on mielipideasiasta, se sisältää paljon muuttujia, jotka vaikuttavat lopullisiin kriteereihin. Kriteerien täyttymistä, eli kohteen sopivuutta sille suunniteltuun tehtävään käytetään arviona kohteen laadusta. Usein tämä näkökulma kääntää laadun määrittelyn kohteen virheiden tilastolliseksi analyysiksi ja vertailuksi. Arvoperusteinen laatumääritelmä on yksinkertaisimmillaan kohteen ominaisuuksien muodostaman hyödyn ja niiden kustannusten välinen suhde. Tuotantoperusteiset vaatimukset pohjautuvat kohteesta mitattaviin suureisiin ja erityisesti niissä sallituihin poikkeamiin. Erilaiset raja-arvot ja toleranssit määrittävät suureiden sallittuja vaihteluja niin, että kohde on vielä vaatimukset täyttävä. Tuotannollisesta näkökulmasta laadulla tarkoitetaan erityisesti yhdenmukaista, samanlaista ja yhteneväistä tulosta, vastatessa kohteelle asetettuihin vaatimuksiin sekä sitä koskeviin normeihin. Tuotannollinen näkökulma ottaa kokonaisuutena huomioon kohteen tuottamisen rajoituksia, vaatimusten rajoituksia sekä kustannusten rajoitteita. (Andersson & Tikka 1997, s. 16-20.)

Koska laadun määrittely on edellä esitetyn mukaisesti käytännössä aina yhdistelmä erilaisia näkökulmia, voidaan laadun määrittelyssä käyttää apuna erilaisia laadun osatekijöitä. Osatekijöiden avulla pystytään kohteen laatu jakamaan pienempiin osiin ja siten helpommin toteuttamaan laadunvalvontaa sekä laadunohjausta. Osatekijöiden sisältöä voidaan muokata tapauskohtaisesti sisältämään erilaisia tarpeellisia muuttujia. Tunnettu laatumääritelmän osatekijöihin jakaneen David Garvinin (1984, s. 41-42) esittelemä kahdeksan osatekijän kuvaus on edelleen laajasti käytetty kohteen laatukäsite (Andersson & Tikka 1997, s. 20-21; Sebastianelli & Tamimi 2002, s. 451; Kianpour, Jusoh & Asghari 2014, s. 562). Garvinin (1984, s. 42) mukaan laadun osatekijät ovat:

- suorituskyky,
- ominaisuudet,
- luotettavuus,
- yhdenmukaisuus,
- kestävyys,
- huollettavuus,
- ulkonäkö sekä
- imago.

Osatekijät ovat toisistaan erillisiä ja itsenäisiä, joten niiden sisällöt eivät vaikuta toisiinsa, eivätkä ole toisistaan riippuvaisia. Kohteen eri osatekijöiden arvostelussa voi olla suuriakin vaihteluita. Laatu koostuu siten laajasta kokonaisuudesta, joka voi sisältää erilaisia sekä eritasoisia tekijöitä, mikä tekee määrittelystä joustavamman ja monipuolisemman. Osatekijöiden avulla pystytään siis myös laadullisesti vertailemaan hyvinkin erityyppisiä ja eri näkökulmista tuotettuja kohteita. (Garvin 1984, s. 41-42.)

Laadunhallintaa koskevassa standardissa (ISO 9000 2015, s. 6-7) laadun määritelmänä käytetään kohteen kykyä vastata asiakkaan vaatimuksiin, mutta myös sen vaikutuksia

olennaisiin sidosryhmiin. Näillä vaikutuksilla voidaan tarkoittaa suoria, epäsuoria, tarkoituksellisia tai tahattomia vaikutuksia organisaation kestävän kehityksen tai menestyksen kannalta tärkeimpiin sidosryhmiin. Standardi määrittelee laatuun vaikuttaviksi asioiksi tuotteen tai palvelun tarkoituksenmukaisuuden, toimivuuden, asiakkaan kokeman arvon sekä hyödyllisyyden. Näin määriteltynä laatu käsittää myös laajemman kulttuurisen ja yhteiskunnallisen näkökulman.

Laadunhallinta -termillä tarkoitetaan laatuun liityvien asioiden johtamista, eli toimenpiteitä, joiden avulla toimintaa ohjataan ja suunnataan. Toimenpiteet perustuvat seitsemään periaatteeseen, joiden avulla pystytään erityisesti vastaamaan organisaatioon kohdistettuihin vaatimuksiin, mutta myös käsittelemään laatuun vaikuttavia asioita organisaation sisällä eri näkökulmista. Laadunhallinnan periaatteet voidaan jakaa:

- asiakaskeskeisyyteen,
- johtajuuteen,
- ihmisten täydelliseen osallistumiseen,
- prosessimaiseen toimintamalliin,
- parantamiseen,
- näyttöön perustuvaan päätöksentekoon sekä
- suhteiden hallintaan.

Tärkeä osa organisaation laadunhallinnan toimintaa on muodostaa periaatteiden sisältämistä asioista kokonaiskuva ja siten toteuttaa sen eri toimintoja tasapainoisesti. (ISO 9000 2015, s. 8-14, 19.)

Laadunhallinnan sisältämät toiminnot on standardissa ISO 9000 (2015) määritelty koskemaan laadun suunnittelua, laadunvarmistusta, laadunohjausta sekä laadun parantamista. Laadun suunnittelulla tarkoitetaan laatutavoitteiden asettamista sekä resurssien määrittelyä siten, että asetettuihin laatutavoitteisiin pystytään vastaamaan.

Laatutavoitteella tarkoitetaan organisaation itselleen asettamaa tuloksen päämäärää, eli toimintakriteeriä, joka tukee sen visiota, toiminta-ajatusta sekä strategiaa. Laatutavoitteet siis pohjautuvat organisaation laatupolitiikkaan. Vaatimuksina laatutavoitteille on, että ne täytyy pitää ajan tasalla, tavoitteiden täytyy olla mitattavissa, niissä täytyy ottaa huomioon kohteen vaatimukset, niitä täytyy seurata sekä tavoitteista täytyy viestiä. Tavoitteiden on oltava siis yhteneväisiä laatupolitiikan linjauksien kanssa ja niitä täytyy pystyä toteuttamaan laadun suunnitelussa määritettyjen toimien avulla. Laatusuunnittelu sisältää prosessien määrittelyn, resurssien määrittelyn, vastuujaon, aikataulutuksen sekä tulosten arviointitavan. (ISO 9000 2015, s. 19, 23, 26, 43.)

Laadunohjauksen avulla prosessit saadaan tuottamaan laatuvaatimukset täyttävää tuotetta tai palvelua. Laadunohjaukseen sisältyy siis laadunvalvonta, jossa pyritään havaitsemaan virheet ja estämään puutteellisten kohteiden eteneminen prosesseissa. Tämän lisäksi havainnoinnin tuloksena saatavaa tietoa käytetään palautteena, jonka avulla pystytään tekemään tarvittavia muutoksia prosessiin ja siten parantamaan tai korjaamaan sen toimintaa. Havaitun tiedon vertaaminen standardoituun tietoon tai vaatimuksiin antaa tiedon mahdollisesta säädön tarpeesta. Laadunohjaus on yksittäisiä tarkastus- ja valvontatoimenpiteitä laajempi toimintakokonaisuus, jolla ohjataan tuotantoprosesseja tuottamaan vaatimusten mukaista kohdetta. (ISO 9000 2015, s. 19, 43; Andersson & Tikka 1997, s. 29-30.)

Laadunvarmistuksen avulla muodostetaan luottamus prosesseihin ja siihen, että laatuvaatimuksiin pystytään vastaamaan. Tavoitteena on saada sidosryhmät vakuuttuneiksi organisaation kyvykkyydestä. Varmistusta voidaan suorittaa eri tasoilla ja eri tahojen toimesta, organisaation sisällä tai ulkoisesti. Laadun parantaminen sisältää toimia, joilla pyritään parantamaan tuotantoprosesseja siten, että niillä pystytään vastaamaan laatuvaatimuksiin entistä paremmin. Tyypillisesti laadun parantamisella pyritään ratkaisemaan organisaatiota koskevia ongelmia. Ongelmaksi luokitellaan tilanne, jossa on havaittu puuttumista vaativa ero tapahtuvan toiminnan ja halutun toiminnan välillä. (ISO 9000 2015, s. 19, 43; Andersson & Tikka 1997, s. 50-51.)

## 5.1 Laadunhallinnan ongelmat

Laatuongelmien luokittelussa voidaan käyttää perusteena ongelmasta saatavilla olevan tiedon määrää. Jotta ongelmaan pystytään löytämään ratkaisu, se pitää pystyä määrittelemään sekä täytyy löytyä keinot muutoksen toteuttamiseksi. Tapauksissa, joissa tietoa on tarpeeksi ja ongelma on suoraan määriteltävissä, ratkaisu saadaan tyypillisesti aikaan tavanomaisilla ohjeisiin, malleihin tai kokemuksiin perustuvilla päätöksentekomenetelmillä. Sellaisessa ongelmatilanteessa, jossa kaikkea tarvittavaa tietoa ei ole saatavissa, tarvitaan ongelman ratkaisuun enemmän resursseja. Kyseisissä tilanteissa ongelma vaatii luovaa ja systemaattista lähestymistapaa, jotta ongelmaympäristöä pystytään prosessoimaan ja siten tunnistamaan sekä rajaamaan ongelma hallittavaan muotoon. (Andersson & Tikka 1997, s. 50-51)

Andersson (1997, s. 51) on listannut tuotantoprosesseissa syntyvien laatuongelmien taustalla vaikuttavat tekijät seuraavasti:

- Ei tunneta ja hallita olemassa olevaa tuotantoprosessia.
- Ei tiedetä kuinka ideaaliprosessi toimii.
- Ei osata tehdä tuotantoprosessien edellyttämiä tehtäviä oikein.
- Ei ole selvitetty asiakkaiden odotuksia ja prosessien tavoitteita.
- Ei ole pyritty yksinkertaisiin ratkaisuihin ja kokonaisuuksiin.

Ongelmien ilmeneminen tuotantoprosesseissa johtuu tyypillisesti erilaisista ongelmista tuotannon järjestelyn tasolla. Syitä näihin ongelmiin voivat olla suunnittelun riittämättömyys sekä siihen varattujen resurssien ja sääntöjen puute, materiaalien ja kohteen tarkistusten vähäisyys tai niiden puuttuminen, laadunvarmistuksen riittämätön organisointi, työntekijöiden puutteellinen koulutus, kalibroimattomat mittausvälineet tai tuotannon kannalta epäedullinen ympäristö. (Andersson & Tikka 1997, s. 51.)

Suunnittelulaadulla tarkoitetaan kohteen ideointia ja suunnittelua siten, että siinä otetaan mahdollisimman hyvin huomioon sille kohdistetut vaatimukset, tuotannon aiheuttamat rajoitukset ja mahdollisuudet sekä siitä muodostuvat kustannukset. Suunnittelulaatuun vaikuttavat markkinat, organisaation tuotantomahdollisuudet sekä kokemus. Suunnittelulaatua voidaan pitää siis realistisena tapauskohtaisena laadun standardina. Valmistuslaadulla tarkoitetaan valmistuksen onnistumista sille asetettujen määritysten mukaan. Kohteen valmistaminen suunnitelman mukaisesti ja suunnittelulaatua noudattaen, eli standardoidusti, tekevät kohteen valmistuslaadusta hyvän. (Mizuno 1993, s. 7; Andersson & Tikka 1997, s. 27-28; Lehtonen 2004, s. 143.) Anderssonin (1997, s. 27-28) mukaan on yleinen ongelma, että suunnittelun ja tuotannon asioista vastaavat eivät sisäistä suunnittelulaadun ja valmistuslaadun erotusta, mikä aiheuttaa ongelmia erityisesti, kun pyritään korkeaan laatuun tai alhaisiin kustannuksiin. Korkea laatu ei myöskään aina automaattisesti tarkoita asiakkaan kannalta parempaa laatua, vaan laadun täytyy vastata asiakkaan vaatimuksiin ja odotuksiin. Ylilaadun tuottaminen on hukkaa, sillä asiakas ei maksa vaatimukset ylittävästä laadusta. (Lehtonen 2004, s. 143.) Valmistuslaadun takaamiseksi asiat ja toimenpiteet täytyy tehdä aina samalla tavalla, jotta pystytään pitämään laadun vaihtelu mahdollisimman alhaisena. Suunnittelulaadun tapauksessa voidaan pitää edullisena ajatella eri tavoin, hyödyntää uusia ideoita ja päästä siten lopputulokseen esimerkiksi edullisemmin tai helpommin. On perusteltu käsitys, että ongelmat suunnittelulaadussa olisivat oikeita syitä laatuongelmien takana, vaikka ne helposti laitetaan valmistuslaadun ongelmien syyksi kunnollisten määritysten puuttuessa. (Andersson & Tikka 1997, s. 28-29.)

Beckfordin (2002, s. 23-26) mukaan laadun tuottamisen takana voidaan ajatella olevan neljä periaatteellista estettä: systeemit ja työtavat, kulttuuri, organisaatiotyyppi sekä johtamisen näkökulma. Systeemeillä ja työtavoilla tarkoitetaan tässä yhteydessä organisaation jakautumista, vastuujakoa sekä sen omaksumia käytännön tapoja. Ongelmalliseksi nämä tekijät voivat muodostua tapauksissa, joissa organisaation aiemmin käyttämä työtapa tai työnjako muodostuu niin vahvaksi ja parhaaksi mielletyksi tavaksi työskennellä, että muutoksen edessä syntyy muutosvastaisuutta. Muutosvastaisuus ilmenee tyypillisesti muutoksiin kohdistuvana vastarintana sekä negatiivisena asenteena, joka vaikeuttaa muutosten toteuttamista.

Kulttuurilla voidaan tarkoittaa laajasti erilaisia asioita, mutta tässä asiayhteydessä kultturilla tarkoitetaan arvoja ja uskomuksia, joita suurin osa organisaation henkilöstöstä jakaa. Arvot ja uskomukset ovat usein kokemuksien ja suorituskyvyn mittaamisen kautta organisaatioon syntyviä laadun määritelmiä. Toiminnan ohjauksesta muodostuu alemmille organisaation tasoille mielikuva johdon näkemyksestä toiminnalle tärkeistä ja arvokkaista asioista. Näistä henkilöstön arvoista ja uskomuksista muodostuu pitkällä aikavälillä yleisiä käyttäytymismalleja sekä asenteita, jotka jatkossa määrittävät työympäristön toiminnan sääntöjä. Juurtuneet käyttäytymismallit ovat erityisen hankalia muuttaa ja muutokset vaativat siten merkittävää vaivannäköä sekä määrätietoisuutta. Se miten tiettyjen henkilöiden tai henkilöstöryhmien muodostamat ryhmät vaikuttavat organisaation kulttuuriin, on vahvasti riippuvainen henkilöiden taustoista, taidoista, työryhmistä tai muista yhdistävistä tekijöistä. Yhdistävät tekijät muodostavat henkilöiden välille ryhmittymiä, joilla on yllättävän suuria vaikutuksia organisaation sisäiseen vaikutusvaltaan sekä auktoriteetteihin. Tämän takia vahvat ryhmittymät voivat toimia laadun esteenä esimerkiksi kääntämällä omien etujensa ajamisen organisaation etujen edelle. Jos työympäristön yleinen asenne on välinpitämätön tuotettavasta laadusta ja vaaditun laatutason saavuttamisesta, on todennäköistä, että asetetut vaatimukset eivät täyty. (Beckford 2002, s. 26-27.)

Henkilöstön asenteisiin vaikuttaa tyypillisesti johtamisen tapa, jolloin asetetut prioriteetit ja tulokset toimivat toimintaa ohjaavana tekijänä. Sillä, miten eri asioita arvostetaan sekä niissä onnistuminen huomioidaan, toimii hiljaisena toiminnan painopisteen määrittelynä. Jotta tavoiteltavat laatuvaatimukset pystytään saavuttamaan myös tulevaisuudessa, täytyy jatkuvan parantamisen kautta huomioida myös henkilöstön luovuus ja sen tuomat edut toiminnan uudistamisessa sekä ideoissa. Tyypillisesti luovuus jää päivittäisessä toiminnassa vähemmälle huomiolle ja siten henkilöstön ideoita ei syystä tai toisesta hyödynnetä. Erityisesti isojen tai menestyvien organisaatioiden tapauksessa työympäristössä vallitsee tyytyväisyyden ilmapiiri, jolloin ei synny vetoa tai tarvetta muutoksille. Tämä ilmiö on erityisesti laadukkaan toiminnan kannalta haitallista, sillä pitkällä aikavälillä tapahtuviin muutoksiin varautuminen ja jatkuva parantaminen ovat organisaatioille elintärkeitä toimia. (Beckford 2002, s. 27-28.)

Laadun tuottaminen edellyttää prosessin vikojen tunnistamista, vikojen aiheuttajan löytämistä, ehkäiseviä toimenpiteitä sekä vikojen korjausta. Tähän vaaditaan kaikkien prosessiin osallisten toimia. Tapauksissa, joissa organisaation toimintatapa ja asenteet ovat vahvasti syyllistäviä, saattaa tästä laadukkaampaan toimintaan tähtäävästä toiminnasta aiheutua haitallisia vaikutuksia. Vikojen syntymiseen liitetään siis syyllistäminen, jolloin aiheutuu helposti vikojen piilottelua ja peittelyä tai vastuun pakoilua ja muiden osallisten syyttelyä. Jotta tällaista estettä ei synny, täytyy löydettyyn ongelmakohtaan sekä ratkaisuprosessiin suhtautua mahdollisuutena kehittymiselle ja parantamiselle. Tavallisesti toiminnasta löytyvät viat ovat kuitenkin prosessin suunnittelusta, toteutuksesta, koulutuksesta tai laitteiston virheestä johtuvia, jolloin nämä asiat ovat tärkeimpiä huomioitavia kohteita. Tästä johtuen erityisesti toiminnan laadukkaan johtamisen sekä ohjauksen tarve korostuu. Organisaation kaikkien osien vastuuttaminen on tärkeä osa toimivan laadunhallinnan kokonaisuuden muodostamista. (Beckford 2002, s. 29-30.)

Organisaation tyypin mukaan erilaisia ongelmia voi syntyä organisaation rakenteen toimintaan tuomista ristiriidoista, organisaation viestinnästä, suorituskyvyn mittaamisesta ja siten toimintojen arvotuksesta, rooleista ja niiden sisällöstä organisaatiossa sekä organisaatiorakenteen tarkoituksenmukaisuudesta. Jos organisaatio on rakenteeltaan sellainen, että toiminnan laadukkuus on ristiriidassa jonkin muun toiminnon tai tunnusluvun kanssa, voi tämä aiheuttaa laadullisten asioiden ohittamista. Tällöin laatuorganisaation olemassaoloa voidaan pitää turhana jos sen toiminnalla ei ole itse asiassa toiminnan kannalta merkitystä. Jotta laatuorganisaation toimintaa ja laadun tuottamisen kulttuuria pystytään tukemaan organisaation rakenteella, täytyy laadullinen toiminta olla irrallisena osana esimerkiksi tuotannosta. Tällä tavoin pystytään muodostamaan laadullista kultturia, eli laatu ajatellaan sisältyvän tuotteeseen tai palveluun ja niiden tuotantoon, jolloin pyritään sisällyttämään ja luomaan laatua kohteeseen, eikä vain reaktiivisten tarkastusten avulla löytää ja poistaa laadullisia poikkeamia. Organisaation viestinnän järjestelyllä tarkoitetaan myös sähköisiä viestinnän kanavia sekä toimintaa ohjaavia järjestelmiä, mutta erityisesti toimivaa tiedon luomista sekä sen prosessointia. Näiden järjestelmien ja toimintojen tarkoituksena on tuottaa oikeaa tietoa, sopivassa muodossa, oikeaan aikaan sekä ohjata tämä tieto oikeille henkilöille päätöksien tekoa varten, jotta tästä tiedosta saadaan toiminnan

kannalta hyötyä. Usein toiminnassa saatetaan keskittyä analysoimaan ja keskustelemaan lähimenneisyyden tapahtumista, jolloin tämän hetkiset tapahtumat tai niiden suunta jäävät huomioimatta. Tämä ilmiö johtuu toiminnan johtamisen tavasta ja toiveista, mutta myös viestinnän järjestelystä. Organisaation erilaisina viestinnän tapoina voidaan pitää virallista sekä epävirallista viestintää. Tyypillisesti epävirallisen viestinnän avulla ohjataan päivittäistä toimintaa sekä viestitään eri toimintojen välillä, joissa viestinnän välittömyydellä saadaan tuettua virallista viestintää. Epävirallinen viestintä ei kuitenkaan voi täysin korvata virallista viestintää, sillä erityisesti luotettavuus on todettu olevan tärkeä osa viestinnän virallisuutta. (Beckford 2002, s. 30-31.)

Organisaation suorituskyvyn mittaaminen ja sen tulokset ovat tyypillisesti suorassa yhteydessä siihen, miten organisaation eri osia arvostetaan. Tämä näkyy myös toimintojen sisällä tehtävässä asioiden ja tekemisen mittauksessa. Niitä asioita joita mitataan, pidetään tärkeänä sekä niihin keskitytään ja ne joita ei mitata, voidaan jättää vähemmälle huomiolle toiminnassa. Näin ollen mittausten kohteet, mittausten tulosten aiheuttamat toimenpiteet sekä johdon reagointi mittausten tuloksiin ohjaavat toiminnan suuntaa. Tapauksissa joissa toimintaa ei virallisesti mitata tai mittaaminen on epäjärjestelmällistä, muodostuu toiminnan ohjauksesta summittaista ja aikaan saatavaa laatua ei pystytä todentamaan. Mittauksesta täytyy saada tarpeeksi tietoa analysoitavaksi, mutta ei liikaa tai tarpeettomasti, ettei toiminnalla aiheuteta vahinkoa. Mittausta täytyy suorittaa tarpeeksi, että pystytään varmistamaan toiminnan yhdenmukaisuus. (Beckford 2002, s. 31.)

Organisaatioon muodostuvat roolit voivat luodan esteen laadukkaalle tekemiselle tapauksissa, joissa henkilöstön eri roolit ja niiden edellyttämät tehtäväkuvat hämärtyvät ja niistä ei pidetä kiinni. Tyypillisesti erilaisissa kriisi- tai ongelmatilanteissa, joissa vaaditaan välitöntä reagointia tilanteen kriittisyyden takia, päädytään tekemään tehtäviä oman vastuualueen ulkopuolelta. Tämä aiheuttaa ilmiön jossa kyseisen henkilön omat tehtävät ja vastuut jäävät usein hoitamatta tai viivästyvät ylimääräisten kiireellisten tehtävien vuoksi. Tällaisissa ongelmatilanteissa myös ongelmanratkaisu ja etenkin juurisyiden tutkinta jää pintapuoliseksi ja tilanne yritetään vain palauttaa normaaliksi, joka ei ole kestävää toimintaa kehityksen kannalta. Asiaankuulumaton ja merkityksetön toiminta on myös eräs

organisaation luoma este laadun saavuttamisessa. Usein organisaatioiden rakennetta ja tyyppiä ei suunnitella, vaan ne muodostuvat niihin kohdistuvien tarpeiden tai kokemuksien mukaan. Samoin käy organisaation eri osien, niiden tehtävien ja toimintatapojen sekä tarkoituksenmukaisuuden kanssa. Toiminta muodostuu aiempiin tarpeisiin perusteltujen toimintatapojen muovautuessa ja kehittyessä, ilman tarkempaa harkintaa tai kohdentamista. Myöskään vanhojen toimintatapojen tai tehtävien tarpeellisuutta ei välttämättä kyseenalaisteta ja siten tunnisteta niiden tarpeettomuutta kehittyneessä ja muuttuneessa työympäristössä. Tällaisten ilmiöiden takana voi olla esimerkiksi ongelma organisaation vastuujaossa tai yleisessä toiminnan kehittämisessä. Näille suunnittelematta muodostuville toimintatavoille on tyypillistä niiden kyseenalaiset menetelmät, tehottomuus sekä toimimattomuus. Koska määrittelmättömän tehtävän tai toimintamallin tunnistaminen ja muuttaminen saattaa olla vaikeaa, muodostuu siitä selvä este laadun tuottamiselle. (Beckford 2002, s. 31-32.)

Johtamisen näkökulman ja johdon ilmapiirin aiheuttamina laadun esteinä voidaan pitää laatuongelmien tunnistusta sekä liian lyhyen aikavälin tuloksiin keskittymistä. Laatuongelmien tai haasteiden noustessa esiin on johdon tärkeää tunnistaa ja myöntää tilanne sekä keskittyä siten löytämään siihen ratkaisuja. Esteeksi voi tällaisessa tilanteessa muodostua asenne, jossa etsitään muita mahdollisia syitä miksi tuote tai palvelu ei ole täyttänyt sille asetettuja vaatimuksia. Jos toiminnan ohjauksessa ja johtamisessa keskitytään liikaa nykytilanteen parantamiseen tai tuloksen johtamiseen liian lyhyellä aikavälillä, voidaan toiminta ajaa tilanteeseen, jossa keskitytään vain toiminnan tehokkuuteen tai suorituskykyyn. Koska asetettuihin tavoitteisiin ei sisällytetä tarpeeksi laadullisia pitkän aikavälin tavoitteita, voi laatuongelmien tai yleisen laatutason nostaminen aiheuttaa muutosvaiheessa toiminnan suorituskyvyn laskua. Toiminnan ajauduttua tällaiseen tilanteeseen, tarvittavat muutokset ovat suuria ja niiden läpivienti vaatii tarpeettoman paljon organisaation resursseja, mikä näkyy sopeutumisvaiheessa tyypillisesti tuottavuuden laskuna. Toiminnan painopisteen kääntäminen vaatii johdon asenteiden perustavanlaatuista muutosta. (Beckford 2002, s. 32-35.)

Reduktionistinen ajattelu ja sen rajoitteet yhdistävät aiemmin mainittuja johtamisen näkökulman laadun esteitä. Tehokkaampana ongelmanratkaisun tapana voidaan pitää holistista näkökulmaa, jossa systeemit ja prosessit käsitellään kokonaisuuksina, jotka ovat enemmän kuin vain niiden yksittäisten osien summa. Osien väliset riippuvuudet sekä suhteet muodostavat kokonaisuuden, jossa yksittäisten ongelmien ja niiden ratkaisujen sijaan ajatellaan laajemmin ongelmiin vaikuttavia asioita sekä muutosten vaikutuksia kokonaisuuteen. (Beckford 2002, s. 32-35.)

Erityisesti näiden periaatteiden tunnistamista sekä niiden sisältämien tekijöiden muodostamia ongelmakohtia voidaan käyttää taustatietona pyrkiessä estämään kyseisten ongelmien syntyminen sekä vähentämään niiden mahdollista vaikuttavuutta.

Laadun kustannuksien voidaan ajatella muodostuvan suorista sekä näkymättömistä kustannuksista, joita syntyy kun laadunhallinta ei toimi tehokkaasti. Suoriksi kustannuksiksi voidaan luokitella ne kustannukset, joita syntyy tuloksena kun vaadittua laatua ei pystytä tuottamaan. Näkymättömiä laadun kustannuksia ovat ne, joita syntyy seurauksena siitä että laatua ei pystytä tuottamaan. Itse laadun tuottaminen ei siis lisää laatukustannuksia, vaan syntyvät virheet ja niistä aiheutuvat kustannukset. Tämän ajattelun pohjalta voidaan laatukustannukset kokonaisuutena jakaa myös toisella tavalla neljään eri kategoriaan, kustannusten tyypin mukaan. Nämä kategoriat ovat sisäiset virhekustannukset, ulkoiset virhekustannukset, valvontakustannukset sekä ennaltaehkäisykustannukset. Sen mukaan missä virhe ja sen aiheuttamat kustannukset syntyvät, voidaan ne jakaa sisäisiin ja ulkoisiin. Sisäiset kustannukset muodostuvat erilaisista hylkäyksistä, korjauksista tai ylituotannosta. Ulkoiset kustannukset muodostuvat esimerkiksi reklamaatioista, korvauksista ja alennuksista. Valvontakustannukset koostuvat laadunvalvonnan suorittamisesta aiheutuvista kustannuksista, kuten testauksista, tarkastuksista ja prosessien mittauksesta. Ennaltaehkäisyn kustannuksia syntyy laatujärjestelmän ylläpidosta, laatukoulutuksista sekä alihankkioiden arvioinneista. (Beckford 2002, s. 35; Andersson & Tikka 1997, s. 31-32.)

Tuotteen tai palvelun tuotannossa, jossa kerralla onnistuminen ei ole toimi, syntyy suoria kustannuksia korjaamisesta, toimintojen uudellen suorittamisesta sekä tuotteen tai palvelun

hylkäämisestä. Tavallisesti tällaisessa toiminnassa syntyvät laatukustannukset sisällytetään suunniteltuihin tuotantokustannuksiin ja siten ne hyväksytään osaksi prosessia. Erityisen ongelmallisen tällaisesta toiminnasta tekee se, että virheiden sekä vikojen syntymisen hyväksyminen vakiinnutetaan ja piilotetaan osaksi normaalia toimintaa. Nykyään, edistyneiden ja tehokkaiden tuotantojärjestelmien aikana laatukustannukset on tärkeä löytää sekä pyrkiä estämään niiden syntyminen. (Beckford 2002, s. 35.)

Näkymättömät laatukustannukset ovat suoria kustannuksia vaikeampia tunnistaa sekä määritellä. Esimerkkejä näkymättömistä kustannuksista ovat tyytymättömät asiakkaat, jotka vaihtavat tuotteen tai palvelun tuottajaa, kun heidän tarpeensa eivät täyty, kunnossapidossa ja asiakaspalvelussa syntyvien kustannuksien voidaan ajatella koostuvan pääosin erilaisista vioista ja virheistä, joita joudutaan hoitamaan tai korjaamaan, henkilöstön korkea vaihtuvuus, joka aiheutuu henkilöstön tyytymättömyydestä ja johtaa korkeampiin rekrytointi- ja koulutuskustannuksiin, korkeat investointikustannukset, koska joudutaan varautumaan viallisen tuotannon vaatimiin korvaaviin materiaaleihin tai välineisiin. Tällaiset ongelmat ja kustannukset ajatellaan harvoin liittyvän laadullisiin ongelmiin, vaikka niiden välinen yhteys on selvä ja muodostuvat vaikutukset ovat laajat. Tämä määrittelyn ja tunnistamisen vaikeus luo käytännön ongelman myös laatukustannusten laskentaan, sillä tyypillisesti laskentaan sisällytetään vain helposti havaittavat virheet, eli suorien kustannuksien lähteet, jotka usein löytyvät konkreettisen tuotannon prosesseista. Tällöin ei välttämättä oteta näkymättömiä kustannuksia ollenkaan mukaan laskentaan, mikä vääristää laskennan tuloksia, eikä paljasta todellisia kokonaiskustannuksia. (Beckford 2002, s. 35; Andersson & Tikka 1997, s. 31-32.)

Erilaisten tuotteiden ja palveluiden tuotantoon tarvitaan aina joko tietoa tai materiaaleja, edellisistä prosessin vaiheista. Siten voidaan ajatella että laatukustannuksia syntyy eri tavoin erilaisista virheistä prosessin eri vaiheissa. Kaikkein vahingollisimpana voidaan pitää virheitä, jotka aiheuttavat koko toiminnan keskeyttämisen, viivästyttämisen tai esimerkiksi kokonaisen tuote-erän tai palvelun uudelleen tuottamisen, koska virhe on tapahtunut aikaisessa vaiheessa prosessia ja sitä ei pystytä muuten korjaamaan. Tyypillinen ratkaisu tämän tyyppiseen ongelmaan on resurssien, esimerkiksi varmuusvaraston kasvattaminen ja

siten varautuminen mahdollisiin puutteisiin. Tällainen ratkaisu on kuitenkin usein kallis, eikä tarjoa ratkaisua varsinaiseen laatuongelmaan. Laatukustannuksia syntyy myös ennen itse prosessia, jos virheet tunnistetaan. Tällöin tarkastuksilla pystytään estämään tiedon tai materiaalin prosessointi pidemmälle ja siten alentamaan syntyviä laatukustannuksia. Tästä löydetystä virheestä syntyy siis myös laatukustannuksia, mutta säästytään pidemmälle prosessoidun virheellisen tuotteen tai palvelun tuottamisesta syntyvistä kustannuksista. (Beckford 2002, s. 35.)

Tarkastusten tuloksina saatavat raportit sisältävät toiminnan johtamisen kannalta tärkeää tietoa, sillä tämän tiedon avulla toimintaa pystytään ohjaamaan ja kehittämään. Tarkastuksia käytetään kuitenkin yleensä yhtenä ainoana työkaluna laadun varmistuksessa. Tarkastuksella pyritään takaamaan, että tuotteen tai palvelun laatu vastaa sille asetettuja vaatimuksia. Ongelmana tällaisten tarkastuksien avulla tehtävässä laadun varmistuksessa on sen luotettavuuden vaatima otannan laajuus. Tarkastuksien sisältö sekä otanta tuotannosta täytyy olla 100 %, jotta voidaan täysin varmistua tulosten luotettavuudesta. Tällä tavalla tehtävät tarkastukset ovat kustannuksiltaan kohtuuttomia sekä epäkäytännöllisiä. Useissa kohteissa niiden toteutus on mahdotonta järjestää ja niissä harvoin onnistutaan. Tarkastusten määrää pystytään vähentämään jos tuotteeseen tai palveluun ja sen tuotantoprosessiin saadaan sisällytettyä luontaiseksi osaksi laadun tuottaminen. Koska tarkastusten määrä laskee, laskevat myös niistä syntyvät kustannukset. (Beckford 2002, s. 36.)

## 5.2 Laadunhallinnan työkalut

Ongelmanratkaisuun voidaan käyttää eri vaiheissa erilaisia menetelmiä ja työkaluja. Eräs tapa lähestyä laadun parantamista ja suunnittelua, on käyttää seitsemää tilastollista laatutyökalua, jotka sisältävät loogisia ja tilastollisia menetelmiä. Viisi ongelmanratkaisun vaihetta ovat kaaoksen jäsentely, tosiasioiden havaitseminen, ongelmien tunnistus, uusien ideoiden tuottaminen, sekä ratkaisujen kehittäminen. Seitsemän tilastollista työkalua ovat vuokaavio, valvontakortti, tarkistuslista, histogrammit, Pareto-analyysit, syy-seuraus-kaaviot sekä hajontadiagrammit. (Andersson & Tikka 1997, s. 56.)

Kaaoksen jäsentelemiseksi ja siten selkeyttämiseksi voidaan käyttää vuokaavioita ja valvontakortteja. Vuokaaviossa esitetään prosessi ja sen toiminta symbolien avulla. Tällaisella määrittelyllä varmistetaan, että varmasti ymmärretään miten prosessi toimii ja mikä on toimintojen järjestys. Vuokaaviot ovat yleisesti toimintaohjeissa hyödynnetty esitystapa, niiden helpon luettavuuden vuoksi. Valvontakortilla esitetään prosessi ja sen kehityssuunta, erilaisten visuaalisten tilastollisten hajontojen avulla. Valvontakorttiin kerätään numeerista ja attribuuttitietoa prosessista, joiden avulla muodostetaan diagrammeja arvojen kehittymisestä ajan myötä. Tämän tiedon avulla pyritään reagoimaan poikkeamiin ja haitalliseen vaihteluun prosessissa sekä havainnoimaan prosessin toimivuutta tilastollisesti. (Andersson & Tikka 1997, s. 57-58.)

Jotta toiminnan ohjaamisessa tehtävät päätökset perustuvat tosiasioihin ja toiminnasta saatava tieto on todistettavissa sekä kiistatonta, on tiedon kerääminen kaavakemuotoon hyödyllistä. Tarkastuslistoilla pyritään helpottamaan tarvittavan tiedon luontia, raportointia sekä analysointia. Laadukkaan tarkastuslistan ominaisuuksina voidaan pitää tiedon helppoa saatavuutta, kaavakkeen helppokäyttöisyyttä sekä vähän työllistävää vaikutusta, toiminnan olosuhteiden asettamien rajoitteiden huomioimista sekä huolimattomuusvirheiden minimointia kaavakkeen rakenteen avulla. Tarkastuslistan tehokkuuden ja yksiselitteisyyden takaamiseksi kaavaketta suunniteltaessa on huomioitava seuraavat peruskysymykset:

- Mihin kysymyksiin tarvitaan vastaus?
- Minkälaista tietoa tarvitaan?
- Mistä tietoa saadaan?
- Miten tietoa saadaan mahdollisimman helposti?

Tyypillisesti erilaiset tuotannon tarkastuslistat rakentuvat symbolien tai muiden yksinkertaisten merkintätapojen varaan, joissa yksinkertaisella merkinnällä valitaan kaavakkeen rakenteeseen ja esitysmuotoon sisällytetty tarkastuksen tai mittauksen tulos. Näin vältetään numeerisen tiedon merkitsemistä kaavakkeeseen, jolloin merkintävirheiden mahdollisuus pienenee. (Andersson & Tikka 1997, s. 60-61.)

Prosessien ongelmakohtien havaitsemisessa voidaan käyttää histogrammeja sekä Pareto-analyyseja. Koska prosessit sisältävät aina erilaista vaihtelua, pystytään tilastollisesta tiedosta muodostamaan päätelmiä vaihtelun aiheuttajista, prosessin tapahtumista sekä tulevaisuuden näkymästä. Histogrammilla voidaan vaihtelutieto esittää visuaaliseen muodossa. Tyypillisesti normaalijakaumaa muistuttavaa histogrammia pidetään perustilanteena, josta poikkeavat muodot tulkitaan prosessiin vaikuttavina ulkoisina tekijöinä, jotka täytyy tutkia. Pareto-analyysin avulla voidaan löytää syitä merkittävimpiin kustannuksiin tai syitä useimmiten esiintyviin virheisiin. Tyypillisesti molemmat tavat otetaan analyysiä tehdessä huomioon, jolloin pystytään parantaman prosessin laatua sekä pienentämään laatukustannuksia. Analyysin tavoitteena on tunnistaa merkittävimmät virheiden syyt ja siten tärkeimmät kehityskohteet. Analyysin avulla vaikutetaan prosessin hallintaan, jolloin tuetaan myös seuraavaa prosessin analyysivaihetta. (Andersson & Tikka 1997, s. 62-66.)

Jotta pystytään vaikuttamaan aiemmin mainittuihin prosessivaihteluihin, täytyy ongelmakohtien syyt selvittää. Syy-seuraus -kaavio on yleisesti käytetty menetelmä erilaisten ideoiden muodostamisessa sekä ratkaisujen etsinnässä. Kaaviossa esitetään yksinkertaisella graafisella tavalla prosessiin vaikuttavat osatekijät, asioiden väliset yhteydet sekä vaikutussuhteet. Tyypillisesti kaavioon merkitään tutkittava ongelma, ominaisuus tai seuraus, johon lähdetään listaamaan mahdollisia syitä. Näin muodostuu kalanruotomainen visuaalinen esitys prosessiin liittyvistä asioista helposti omaksuttavaan muotoon, josta nähdään helposti tilanteen kokonaiskuva ja listatut syyt tilanteen takana. Tästä syystä kaaviota kustutaan myös kalanruotodiagrammiksi. Syy-seuraus -kaavioita voidaan muodostaa kahdella eri päätavalla. Nämä päätavat ovat laatuongelman syiden tunnistamiseen ja luokitteluun tähtäävä hajonta-analyysi sekä kaikkien prosessiin vaikuttavien tekijöiden listaava prosessiluokitus. (Andersson & Tikka 1997, s. 69-70.)

Hajontadiagrammilla voidaan esittää visuaalisesti kahden tai useamman prosessin muuttujan mahdollista riippuvuutta toisistaan. Näillä kuvaajilla ei matemaattisesti pyritä todistamaan riippuvuutta, vaan visualisoimaan niiden välisiä vaikutuksia ja vaikutusten voimakkuutta.

Tyypillisesti kuvaajasta nähdään muuttujien välisen riippuvuuden olemassa olo ja tyyppi. Usein muuttujien arvojen yhteydestä piirretään kuvaajaan regressiosuora, joka kuvaa yhteyden voimakkuutta. Positiivisella korrelaatiolla tarkoitetaan toisen muuttujan kasvua kun toista muuttujaa kasvatetaan, mikä näkyy hajontadiagrammissa ja regressiosuorassa nousevana kulmakertoimena. Negatiivisella korrelaatiolla tarkoitetaan toisen muuttujan arvojen laskua kun toista muuttujaa kasvatetaan, mikä näkyy hajontadiagrammissa ja regressiosuorassa laskevana kulmakertoimena. Mikäli muuttujien välillä ei ole merkittävää korrelaatiota, ei toisen muuttujan arvolla ole vaikutusta toisen muuttujan arvoon, jolloin hajonta ja regressiosuora ovat lähellä vaakatason suuntaa. Historiadiagrammin avulla pystytään selvittämään erilaisissa tilanteissa vaikuttavien tekijöiden välisiä vaikutussuhteita ja löytämään esimerkiksi kriittisiä arvoja, joissa tapahtuvat prosessin muuttujien arvojen kehityssuunnan muutokset. (Andersson & Tikka 1997, s. 70-72.)

Laatukustannusten seurantaa voidaan käyttää tehokkaana työkaluna laadunohjauksessa. Laadullisten puutteiden vaikutus saadaan määriteltyä laatukustannusten avulla ja niiden seurannasta saatavaa tietoa pystytään käyttämään hyväksi erilaisissa laadunparantamiseen tähtäävissä projekteissa niiden suunnittelussa sekä seurannassa. (Andersson & Tikka 1997, s. 31.)

Laatukustannusten optimoinnilla pyritään löytämään laatutaso, jossa syntyvät kustannukset minimoituvat. Toiminta-aika vaikuttaa myös laadun kustannusten mukaisen optimin etsimiseen. Koska ajan myötä prosessin pääomaintensiivisyys kasvaa, häiriökustannukset lisääntyvät, valvontamenetelmät kehittyvät ja siten valvontakustannukset laskevat. Koska tietämys tuotteen tai palvelun suunnittelussa myös kasvaa, mikä johtaa ennalta ehkäisevän toiminnan kustannusten laskuun. Näiden ilmiöiden takia laadun optimi siis kasvaa ajan myötä. Käytännössä tämä tarkoittaa tavoitetta vähentää virheiden määrää yhä edelleen, jopa kohti nollaa. (Andersson & Tikka 1997, s. 35.)

Ennalta ehkäisevät toimenpiteet ovat erityisen tehokas keino vaikuttaa laatukustannusten muodostumiseen. Ehkäisevät toimenpiteet vaikuttavat niin sisäisiin kuin ulkoisiin virhelähteisiin, eli virheiden syntymiseen vaikutetaan laajalla alueella vähentävästi

tuotannon eri vaiheissa. Ehkäisevät toimenpiteet edistävät tuotannon kerralla valmiiksi -ajattelutapaa. (Andersson & Tikka 1997, s. 33.)

Jotta tavoiteltavat laatuvaatimukset pystytään saavuttamaan myös tulevaisuudessa, täytyy jatkuvan parantamisen kautta huomioida myös henkilöstön luovuus ja sen tuomat edut toiminnan uudistamisessa sekä ideoissa. Henkilöstön luontaista luovuutta täytyy pystyä käyttämään hyväksi ja esimerkisi projektien muodossa valjastaa syntyviä ideoita käyttöön toiminnan parantamiseksi. (Beckford 2002, s. 27-30.)

Työn raportointi on osa työn toteutumisen sekä sen kustannuksien seurantaa. Seurannan tarkkuus voi vaihdella kyseessä olevan tilanteen ja tietojen käyttötarkoituksen mukaan. (PSK 6201 2010, s. 24.) Työhön ja erityisesti sen laatuun vaikuttavan tiedon asianmukaisen dokumentoinnin avulla varmistetaan toiminnassa tarvittavan tiedon saatavuus sekä sen oikeellisuus. Dokumentoitavan tiedon laajuuteen vaikuttavat organisaation koko, toiminnan tyyppi, toiminnan monimutkaisuus sekä toimintojen väliset suhteet. Kun tietoa dokumentoidaan, täytyy ottaa huomioon tiedon yksilöinti, tiedon tallennusmuoto, tarkoituksenmukaisuus sekä soveltuvuus. Tiedon yksilöinnin avulla pystytään takaamaan tiedon hallinta sekä tunnistettavuus. Tallennusmuodon täytyy olla käyttötarkoitukseen ja käyttökohteisiin soveltuva, jotta dokumentoitua tietoa pystytään tehokkaasti hyödyntämään. Muodon valinnassa esimerkiksi kielen, kuvamuodon sekä paperisen tai sähköisen muodon avulla pystytään vaikuttamaan tiedon käytettävyyteen kohteen vaatimusten mukaisesti. Kun tietoa dokumentoidaan täytyy sen tarkoituksenmukaisuus sekä soveltuvuus varmistaa, jotta vältytään turhalta resurssien käytöltä sekä tiedon epäkäytännöllisyydeltä. (ISO 9001 2015, s. 18-19.)

Muita laadunhallinnan kannalta dokumentointiin liittyviä huomioita ovat dokumentoinnin saatavuus, tietosuoja, jakelu, varastointi ja käytettävyys, muutostenhallinta sekä säilytysaika. Tiedot on oltava saatavilla käyttötarkoitukseen soveltuvassa muodossa niille henkilöille, jotka ovat oikeutettuja kyseisen tiedon käyttöön, kuitenkin siten, että asiaton käyttö estetään ja tietoja pääsevät muokkaamaan vain valtuutetut tahot. Tiedon säilytyksen täytyy olla järjestelmällistä sekä tiedonhaun kannalta loogista. Erityistä huomiota on

kiinnitettävä toimivaan muutoksenhallintaa, jotta pystytään ylläpitämään aiemmin mainitut asiat, mutta myös säilyttämään tiedon ajantasaisuus sekä siten sen oikeellisuus. Osana tiedon ajantasaisuutta sekä historiatietoa on dokumenttien säilytysaika. Tarpeen mukaan on määritettävä käyttötarkoituksen mukainen säilytysaika ja hävittämisen suunnitelma. (ISO 9001 2015, s. 19.)

# 6 Telahuollon ja telahionnan nykytila

Tässä luvussa esitellään telahuollon ja telahionnan toimintaa, laadun tekijöitä, laadun mittareita sekä tämän hetken tilannetta. Telahuollon toimenpiteissä keskitytään tämän tutkimuksen rajauksen mukaisesti imutelojen ja uivien taipumakompensoitujen telojen huoltojen sisältöön. Telahionnassa perehdytään prosessimaisen toiminnan ominaispiirteisiin sekä sen vaikutuksiin laadun tuottamisessa ja mittaamisessa.

## 6.1 Telahuollon toiminta

Telahuollon esihenkilön tehtävänä on muodostaa töiden aikataulutus ja huoltojen järjestys. Tässä tehtävässä käytetään historiatieto sekä kokemuksen ja ammattitaidon kautta saatuja tietoja. Aikataulutus ja järjestys muodostetaan telan kriittisyyden, huoltoon saatavilla olevien resurssien ja huollossa tarvittavien resurssien sekä telan käyttöajan mukaan. Telan kriittisyyteen vaikuttaa esimerkiksi varatelojen määrä ja eri prosessipositioissa käytettävät samat telatyypit, jotka ovat keskenään vaihtokelpoisia. Joidenkin telojen tapauksessa varateloja on useampia, jolloin näiden huoltoja pidetään vähemmän kriittisinä verrattuna niihin, teloihin joilla on vain yksi varatela. Työssä tarvittavia resursseja ovat esimerkiksi huoltoalueella käytettävissä oleva työskentelytila, varaosien saatavuus sekä tarvittava työvoima. Resurssien saatavuuteen vaikuttavat varaosien toimitusajat, muiden osastojen tekemät työvaiheet ja niiden aikataulu sekä telahuollon henkilöstön suorittamat muut tehtävät, suurimpana kuormittavana tekijänä telojen siirrot. (Pekkola 2022.)

Imatran tehtaiden telahuollon henkilöstön mukaan telojen kunnossapitoon ja oheistoimintoihin riittävät tämän hetkiset resurssit. Eniten kuormittavia ja määrällisesti eniten huollettavia sekä kunnostettavia kohteita ovat kartonkikoneiden kalanterien polymeeripinnoitetut uivat taipumakompensoidut telat, imutelat sekä päällystyskoneiden erilaiset telat. Kalanterien uivat taipumakompensoidut telat ovat herkästi vikaantuvia ja siten usein vaihdettavia teloja niiden prosessiposition sekä niihin kohdistuvien pinnanlaatuvaatimusten vuoksi. Imutelojen rakenteen vuoksi, niille tehtävät tarkistukset,

huollot ja kunnostukset ovat tyypillisesti pitkäkestoisia ja vaativat usean työntekijän työpanoksen. (Häkli & Pesonen 2022; Korhonen et al. 2022; Pekkola 2022.)

Telojen siirrot ovat erityisen kuormittavia, sillä niiden suorittamiseen tarvitaan tyypillisesti telahuollon henkilöstöstä useita työtekijöitä kerralla. Koska kyseessä on siltanostureilla tehtävät telojen alueelliset nostot sekä siirrot ja telajunalla tehtävät alueiden väliset siirrot, on työturvallisuus tehtävien vaatiman henkilöstön määrittävä tekijä. Telojen siirtojen turvalliseen suorittamiseen tehdasalueella vaaditaan vähintään kolme henkilöä. Tämä tarkoittaa yli puolta telahuollon asentajista. Koska telojen siirrot konelinjojen ja varastotilojen välillä kuuluvat telahuollon vastuulle ja erityisesti seisokeissa vaihdettavien varatelojen siirron oikea-aikaisuus on kunnossapitotoiminnan laadun kannalta tärkeää, joudutaan telahuollon toimintaa suunnittelemaan telasiirtojen ehdoilla. (Häkli & Pesonen 2022; Korhonen et al. 2022; Pekkola 2022.)

Myös ulkopuolisille toimijoille lähetettävät telojen kuljetukset sekä ulkopuolelta vastaanotettavat kuljetukset lisäävät telahuollon työmäärää ja vaikuttavat toimintaan usein huoltotöiden katkoinaisuutena. Telavaraston keskeisestä sijainnista, varastoinnin vastuusta sekä usein telahuollon jatkotoimenpiteitä vaativien töiden vastaanotosta muodostuu telojen siirtojen lisäksi paljon henkilöstöä työllistävää toimintaa. (Häkli & Pesonen 2022; Korhonen et al. 2022.)

### 6.1.1 Imutelan huoltotoimenpiteet

Imatran tehtailla imuteloille suoritettavat kuntoon perustuvat suunnitellut toimenpiteet, eli ennakkohuollon toimenpiteet on kokemusten perusteella suunniteltu 1-2 vuoden välein tehtäviksi. Telahuollon puolesta tähän suunnittelman aikatauluun ei vaikuteta, vaan tuotanto, linjakunnossapito sekä kunnonvalvonta seuraavat telojen kuntoa sekä toimintaa ja määrittävät ennakkohuoltojen toteutettavan aikavälin. Tarvittaessa tehtävien huoltojen tarve tunnistetaan joko paperi- tai kartonkikoneen ajon aikana suoritettavista mittauksista, huomioista ja tarkastuksista tai ennakkohuoltojen aikana tehtävistä tarkastuksista. Näiden

avulla tunnistetaan komponenttien vaihdon tai kunnostuksen tarpeet. Imutelojen sisältämien eri komponenttien käyttöiän määrittäminen on aina tapauskohtaista, jossa telan käyttöolosuhteet ovat merkittävin tekijä. Yksiselitteistä arvioita imutelan todellisesta käyttöiästä on siten erittäin hankalaa muodostaa. (Pekkola 2022; Valmet 2018.)

Ennakkohuoltojen sisältö perustuu valmistajien alkuperäisiin telojen ohjeisiin sekä kokemuksen kautta opittuihin tarpeisiin. Tarpeet on tunnistettu usein vikaantuvista kohteista ja niiden mukaan tehty tarvittavia muutoksia ja parannuksia huoltojen sisältöön. (Pekkola 2022.) Imutelojen ennakkohuoltojen voidaan ajatella koostuvan yleisesti kymmenestä pääkohdasta. Nämä pääkohdat ovat (Häkli & Pesonen 2022; Korhonen et al. 2022; Pekkola 2022; Valmet 2018):

- telan korkeapainepesu,
- imulaatikon ulosveto,
- imulaatikon pesu,
- vaipan pesu,
- tiivistelistojen kunnon tarkastus ja vaihto tarvittaessa,
- kuormitusletkujen vaihto,
- päätetiivisteiden liikkeiden toimivuuden tarkastus,
- voitelu- ja pesuvesisuihkujen toiminnan tarkastus,
- mahdollisen imulaatikon kannatinlaakerin vaihto,
- ulkoisten tiivisteiden kunnon tarkastus ja vaihto tarvittaessa,
- vaipan ja päätykappaleiden silmämääräinen tarkastus,
- telan kokoonpano sekä
- voitelu.

Tarvittaessa suoritettavat toimenpiteet ovat ennakkohuoltojen sisältämien toimenpiteiden lisäksi tehtävät (Häkli & Pesonen 2022; Korhonen et al. 2022; Pekkola 2022; Valmet 2018):

- vaipan laakerien tarkastukset ja vaihto tarvittaessa,
- mahdollisen vaihteen huolto,
- vaipan reikien mekaaninen avaaminen sekä
- telan hionta.

Tyypillisesti ennakkohuoltotyön aikana tehtävien tarkastusten myötä telayksilön huollon tarve kokonaisuutena tarkentuu. Tarkastuksien sekä käyttöajan perusteella arvioidaan tarvetta laajempiin tarkastuksiin ja komponenttien vaihtoon. Tietyille komponenteille on määritetty suositellut määräaikaishuoltovälit, joiden mukaan huoltojen laajuus suunnitellaan komponenttien käyttöaikaan perustuen. (Pekkola 2022.)

Imutelan pesu suoritetaan vaiheissa. Tela pestään ensin kokonaisena, jonka jälkeen puretut imulaatikko sekä vaippa pestään erikseen. Imutelan pesussa on otettava erityisesti huomioon pesuveden pääsyn estäminen laakerointeihin ja mahdolliseen käyttövaihteeseen. (Pekkola 2022; Valmet 2018.) Voitelu- ja pesuvesisuihkujen tarkastus suoritetaan imulaatikon pesun yhteydessä pesupaikalla. Suihkujen ja liittimien kunto tarkastetaan ja niiden toimivuus testataan. Vialliset suuttimet vaihdetaan. (Häkli & Pesonen 2022; Korhonen et al. 2022.)

Imutelojen sisäisten tiivisteiden tarkastus sisältää silmämääräisten tarkastuksen sekä kuluman mittauksen. Jos tarkastuksissa ja mittauksissa havaitaan tiivistelistojen merkittävää kulumaa tai vikoja, vaihdetaan tiivistelistat uusiin. Kuormitusletkut vaihdetaan ennakkohuolloissa aina, sillä niiden tarkoituksenmukainen toiminta on edellytys imutelan imun ylläpidon kannalta. Ulkoisten tiivisteiden tarkastuksissa pyritään erityisesti tunnistamaan tiivisteiden vikaantuminen sekä vikaantumisen aiheuttama riski kosteuden joutumisesta laakerointeihin. Tyypillisesti, kun havaitaan akselitiivisteen tai sokkelotiivisteen vioittuminen, tarkastetaan myös laakeroinnin kunto. (Häkli & Pesonen 2022; Korhonen et al. 2022; Pekkola 2022.)

Päätykappaleiden ja vaipan välisten sovitteiden kunto arvioidaan työntekijöiden kokemuksen ja ammattitaidon mukaan. Imulaatikon ja vaipan irrotuksessa pystytään arvioimaan tarpeet komponenttien kunnostuksille. Jos havaitaan sovitteen epätavallinen tiukkuus tai väljyys, mitataan sovite toisen osaston ammattilaisen toimesta, koska omia mittalaitteita ja niiden käytössä tarvittavaa osaamista ei omasta henkilöstöstä löydy. Tarvittaessa sovitteisiin tehtävät korjaukset suoritetaan kunnossapitopalveluiden koneistamolla tai hankitaan kunnostuspalvelu ulkopuoliselta toimijalta. Päätykappaleiden ja vaipan irrotuksessa käytetään päätykappaleiden ulosvetokierteitä. Ulosvetokierteiden kuntoon on kiinnitettävä huolloissa erityistä huomiota, sillä niiden tarkoituksenmukainen toiminta edellytys telan purkamisen onnistumiselle. Päätykappaleiden ja vaipan välisten ruuviliitosten kunto on myös tärkeää tarkistaa, sillä nämä ruuviliitokset pitävät telan pääkokoonpanon kasassa. (Häkli & Pesonen 2022; Korhonen et al. 2022; Pekkola 2022.)

Imutelojen vaipan pallomaisille rullalaakereille on määritetty ja kokemusten kautta havaittu soveltuvaksi käyttöajaksi noin 10 vuotta. Tästä syystä laakereiden tarkastukset ja tarvittavat vaihdot tehdään kunnonvalvonnan mittauksista muodostettujen vaurioepäilyjen perusteella. Imuteloissa, joissa käytetään imulaatikon kannatinlaakeria, kannatinlaakeri vaihdetaan jokaisessa huollossa. Tämä toimintatapa perustuu kokemuksiin laakerin korkeasta vikaantumistaajuudesta. On päätetty, että kannatinlaakeri vaihdetaan ennakoivasti jokaisessa huollossa, jotta pienennetään laakeriviasta syntyvien ennenaikaisten telan vaihtojen mahdollisuutta. (Pekkola 2022.)

Eräs rasvavoidelluissa laakeroinneissa huomioon otettava seikka on erityisesti vanhojen telayksilöiden tapauksissa varmistuminen siitä, että rasva saadaan varmasti laakeritilaan. Koska huollossa tehtävä rasvaus on ennen asennusta ainoa voitelu, on tärkeää varmistua sen onnistumisesta. Koska Imatran tehtaiden telakanta on pääosin vanhaa, on telojen käyttöhistorian aikana niille suoritettu erilaisia modernisointeja, muutoksia sekä parannuksia, joiden dokumentoinnissa on ajoittain havaittu puutteita. Tämän vuoksi piirustusten tai toiminnanohjausjärjestelmän tieto ei välttämättä aina vastaa todellisuutta ja voiteluyhteiden toimivuudesta ja reiteistä täytyy huolloissa varmistua. (Pekkola 2022.)

Teräspintaisia imuteloja ei ennakkohuolloissa tavallisesti hiota. Vaipan kovan ja kestävän materiaalin vuoksi pinta ei kulu merkittävästi ja siten pinnan hionnalle ei usein muodostu tarvetta. Teräspinta kuluu käytössä kuitenkin sen verran, että imureikien särmät teroittuvat. Tyypillisesti teräspintaisten imutelojen pinta kunnostetaan harjaamalla, jolloin saadaan poistettua imureikien särmien terävyys sekä tarvittaessa kunnostettua vaipan pinta yhtenäiseksi. Polymeeripinnoitteiset imutelat hiotaan jokaisessa huollossa, pinnoitteen kulumisen vuoksi. (Pekkola 2022.)

Huoltotyön edetessä pyritään tunnistamaan muita tarvittavia toimenpiteitä. Näitä ovat maalaukset, koneistukset, kierukkavaihteen testaus ja rasvaus, käyttövaihteen huolto sekä telan tunnistuksessa käytettävä laitekilpi ja sen kunto.

### 6.1.2 Uivien taipumakompensoitujen telojen huoltotoimenpiteet

Uivien taipumakompensoitujen telojen tyypillinen käyttöaika vaihtelee käyttökohteesta riippuen neljästä kuukaudesta kahteen vuoteen. Kunnossapidon kokemuksen ja käyttöajan suunnittelun pohjalta on muodostettu telahuollossa käytetyt huoltosuunnitelmat. Uivien taipumakompensoitujen telojen huolloissa tehtävät toimenpiteet voidaan jakaa (Pekkola 2022):

- joka huollossa tehtäviin toimenpiteisiin,
- toimenpiteisiin, kun telan käyttöaika on kaksi vuotta sekä
- toimenpiteisiin, kun telan käyttöaika on viisi vuotta tai vaippa pinnoitetaan.

Joka huollossa tehtäviä toimenpiteitä ovat telan silmämääräinen tarkastus, telan pesu sekä hionta. Silmämääräisessä tarkastuksessa havainnoidaan vaipan pinnan, vaipan mahdollisen urituksen, letkujen ja palkeiden, akselin sekä laakeroinnin ulkoista kuntoa. Tarkastuksella pyritään tunnistamaan telan mahdolliset lisähuollon tarpeet. Tyypillisesti tarkastuksissa pystytään tunnistamaan esimerkiksi ulkoisten tiivisteiden kunto vuotokohtien avulla.

Vuotokohdista pystytään päättelemään sekä paikallistamaan minkä tiivisteen kunto on heikentynyt ja vuodon määrästä pystytään arvioimaan tiivisteen kuntoa sekä vaihtotarvetta. Telan pesun tarpeellisuus arvioidaan tapauskohtaisesti. Uivien taipumakompensoitujen telojen vaativien käyttökohteiden vuoksi telojen hionta on niille useimmiten tehtävä huoltotoimenpide. Telapinnan virheettömyys on käyttökohteiden kannalta yksi telojen tärkeimmistä ominaisuuksista. (Häkli & Pesonen 2022; Korhonen et al. 2022; Pekkola 2022.)

Kahden vuoden käyttöajan välein uivan taipumakompensoidun telan huoltoon kuuluu joka huollossa tehtävien toimenpiteiden lisäksi käyttövaihteen tiivisteiden vaihto. Näihin tiivisteisiin kuuluvat käyttövaihteen sisääntulo- ja ulostuloakselin akselitiivisteet sekä O-rengastiivisteet. (Pekkola 2022.)

Viiden vuoden käyttöajan välein sekä telavaipan pinnoituksen yhteydessä uivalle taipumakompensoidulle telalle tehdään täyshuolto. Telan pinnoitus vaatii telan pääkokoonpanon purkamisen, sillä pinnoitus suoritetaan muusta telasta irrotetulle pelkälle vaipalle. Tästä syystä pinnoituksen yhteydessä on päätetty tehdä samalla täyshuollon toimenpiteet. Täyshuollossa suoritetaan aiemmin mainittujen jokaisessa huollossa ja kahden vuoden välein tehtävien toimenpiteiden lisäksi laajamittainen komponenttien tarkastus. Täyshuollossa myös seuraavat osat tarkastetaan ja tarvittaessa vaihdetaan tai kunnostetaan (Pekkola 2022.):

- vaipan rullalaakerit,
- sivutiivisteet,
- päätytiivistelistat,
- päätytiivistepalat,
- päädyn muovitulpat,
- akselin muovitulpat,
- akselin hoitopuolen laakerisovite,

- akselin käyttöpuolen laakerisovite,
- vaipan hoitopuolen laakerisovite,
- vaipan käyttöpuolen laakerisovite,
- päätytiivisteen vastinpinta,
- käyttövaihteen akselitiivisteen vastinpinta ja
- liukurengastiiviste.

Kuten imuteloissa, myös uivissa taipumakompensoiduissa teloissa sovitteiden kunto arvioidaan ja tarpeen mukaan toinen kunnossapito-osasto suorittaa tarkemman mittauksen. Koneistustarpeet pyritään tunnistamaan eri sovitteiden sekä huulitiivisteen vastinpinnan kulumisen tai muun vaurion arvioinnin mukaan. (Häkli & Pesonen 2022; Korhonen et al. 2022; Pekkola 2022.)

Uivissa taipumakompensoiduissa teloissa ulkoisia tiivisteitä on tyypillisesti paljon. Riippuen telayksilön rakenteesta, O-renkaita käytetään eri komponenttien välisissä tiivistyksissä jopa kymmeniä. Teflonpalje ja sen toimintakunnon tarkastaminen on tärkeä osa huoltoa, sillä se mahdollistaa tiivistyksen toiminnan myös telan akselin kulmamuutoksessa. Erilaisten muovitulppien avulla estetään öljyn pääsy avoimien liittimien kautta pois telan sisältä. (Pekkola 2022.)

Muita tarkastettavia ja huomioitavia kohteita ovat kuparitiivisteet, paineensäädin, nivellaakerit, kunnonvalvonta-anturit, laitekilpi sekä käytöllisten telojen kytkimen osat. Nivellaakerit sekä osa ulkoisista tiivisteistä vaativat huolloissa rasvauksen. Kunnonvalvonta-antureiden kierteet puhdistetaan ja korjataan tarvittaessa. Käyttöakselin kytkimen kierteet puhdistetaan ja tarvittaessa korjataan sekä akselin suojakuppi kiinnitetään paikoilleen. Käyttöakselin kytkimen puuttuminen on myös tärkeää tunnistaa. (Korhonen et al. 2022; Pekkola 2022.)

### 6.1.3 Telahuollon raportointi

Työn raportointi on osa työn toteutumisen sekä sen kustannuksien seurantaa. Seurannan tarkkuus voi vaihdella kyseisen tilanteen ja tietojen käyttötarkoituksen mukaan. (PSK 6201 2010, s. 24.) Imatran tehtaiden telahuollossa SAP-toiminnanohjausjärjestelmän työtilauksille raportoidaan itse tehtävien huoltojen pääkohdat ja henkilöstö kirjaa huoltoihin käytetyt työtunnit. Esihenkilö suunnittelee huoltotöissä suoritettavat toimenpiteet, kirjaa ne työtilaukselle ja huoltotyön edetessä, tarvittaessa tekee muutokset suoritettujen toimenpiteiden mukaan. Ulkopuolisten toimijoiden suorittamista huoltotöistä, pinnoituksista sekä hionnoista saatavat raportit dokumentoidaan SAP:iin telan tietoihin. Näiden raporttien tietoja täydennetään vastaanottotarkastuksista saatavilla mittaustuloksilla. Telahuollossa itse tehtävistä huolloista järjestelmällisesti raportoitavia kohteita ovat ainoastaan uusittavat ja tarkastettavat laakeroinnit. (Pekkola 2022.)

Laakerointipöytäkirjaan raportoidaan huollon tai kunnostuksen kohteen laakerointia koskevat tiedot ja siitä otettujen mittausten tulokset. Dokumentti sisältää laakeroinnin asennuskohteen tunnistustiedot, tietoja käytetyistä komponenteista sekä asennusmenetelmäkohtaisen välysmittauksen tulokset. Laakeroinnin komponenttitiedot sekä välysmittauksen tiedot merkitään erikseen telan hoitopuolelta ja käyttöpuolelta. Lisäksi laakerointityön aikana syntyville mahdollisille huomioille ja kommenteille on käytössä omat erilliset rivit. Näiden tietojen lisäksi ilmoitetaan vastuullisten asentajien, työnjohtajan sekä tarkastajan tiedot. Laakerointipöytäkirja on jokaisesta tarkastettavasta tai uusittavasta telan laakeroinnista tehtävä dokumentti, joka tallennetaan kyseisen telan tietoihin toiminnanohjausjärjestelmään. Pöytäkirjan sisältämien tietojen avulla pystytään varmistumaan ja todentamaan tehtyjen toimenpiteiden oikeellisuus. Mittaustulosten hyväksyttävyys perustuu komponenttien valmistajan ohje-arvoihin sekä standardoituihin arvoihin. (Häkli & Pesonen 2022; Korhonen et al. 2022; Pekkola 2022.)

Telahuollon huoltoraportteja on kehitetty viime vuosien aikana, mutta niiden käyttöönottoa ei ole toteutettu laajasti. Raportteja on otettu satunnaisesti käyttöön, mutta näistä kokeiluista saadun huonon palautteen sekä toteutuksen vaikeuden ja vaatiman lisätyön takia

käyttöönottoa ole saatu vietyä loppuun saakka. Aiemmin kokeillut raportit on koettu rakenteeltaan sekaviksi ja niiden sisältämät asiat puutteellisiksi. Eräinä toteutusta vaikeuttaneina tekijöinä pidetään henkilöstön pelkoa liiallisen raportoinnin ja asioiden mittaamisen aiheuttamista vaikeuksista ja muutoksista käytännön toimintatapoihin. Suoritetuissa kokeiluissa havaittiin myös raportoinnin aiheuttama esihenkilön työmäärän lisääntyminen. Kokeilussa käytetty toimintatapa kuormitti esihenkilöä raportin kirjauksien vuoksi, sillä kirjauksia ei osattu tehdä vaaditulla tavalla huoltotyön aikana. Tämän takia jouduttiin raportointi suorittamaan esihenkilön toimesta jälkikäteen. (Pekkola 2022.)

### 6.1.4 Telahuollon laatu

Imatran tehtailla telahuollon laadun määritelmänä pidetään kunnossapidon kohteen, eli telan suunnitellun käyttöajan ja tarkoituksen mukaista toimivuutta, sille suoritettujen huoltotoimenpiteiden jälkeen. Palvelun laadun koetaan muodostuvan palvelualttiudesta, joustavuudesta sekä asiakkaan tarpeiden mukaisesta toiminnasta. Koska palvelua tuotetaan vain omille tehdasyksiköille, pystytään näihin asioihin keskittymään. (Häkli & Pesonen 2022; Korhonen et al. 2022; Paajanen 2022; Pekkola 2022.)

Telahuollolle asetettuihin laatuvaatimuksiin pystytään tällä hetkellä vastaamaan. Valituksia ja laatuvirheitä syntyy hyvin vähän. Tunnistettavia suuria ongelmakohtia ei ole, vain satunnaisesti syntyviä virheitä ja ongelmia. Tyypilliset laadulliset ongelmat syntyvät resurssien tai suunnittelun puutteesta. Tällaisia ovat esimerkiksi tapaukset, joissa tiukan aikataulun takia joudutaan suorittamaan telalle vain ennakkohuollon suppeammat toimenpiteet, vaikka tarkastuksissa tunnistetaan joidenkin komponenttien alkava vikaantuminen tai kuluma. Tiukan aikataulun vuoksi joudutaan laadullisesti tyytymään häiriökorjauksiin telan toimintakuntoon saattamiseksi. Näissä tilanteissa tyypillisesti sovitaan asiasta tuotannon ja kunnossapidon johdon kanssa. (Häkli & Pesonen 2022; Korhonen et al. 2022; Paajanen 2022; Pekkola 2022.)

Telayksilöiden sekä käyttökohteiden suuri määrä vaikuttavat huoltojen lähtötilanteeseen sekä sisältöön. Koska telojen huoltojen tarpeet sekä vaatimukset ovat vaihtelevia, pystytään huollon laatua parantamaan tarkempien tarkastusten sekä suunnitelmallisuuden avulla. Suunnitelmallisuus ja sillä aikaan saatava toiminnan selkeys tukee tuotannon tavoitetta tehokkuuden kasvattamisessa erityisesti laitteiston käytettävyyden kasvattamisessa. (Paajanen 2022; Pekkola 2022.)

## 6.2 Telahionnan toiminta

Telahionnassa käytetään telahuollon ja -hionnan esihenkilön muodostamaa työlistaa hiontatöiden järjestelyssä. Kuten telahuolloissa, myös telahionnassa järjestykseen vaikuttavat telojen kriittisyys ja suunnitellut käyttöajat paperi- tai kartonkikoneessa sekä telojen tyyppi. Kriittisemmät ja useammin vaihdettavat telat sijoitetaan järjestyksessä ensimmäisten joukkoon niiden nopean tarpeen todennäköisyyden vuoksi. Hiottavan telan tyyppi vaikuttaa järjestelyyn siten, että samantyyppisiä teloja pyritään järjestelemään hiottavaksi peräkkäin, sillä siten pystytään kannatinpukkien ja muiden säätöjen muuttamista vähentämään ja tehostamaan työskentelyä. Myös telatyyppien, joiden hiontaan kuluu tyypillisesti enemmän aikaa, pyritään suunnittelemaan ja järjestämään siten, että kyseisen hionnan aikana ei tulisi akuutteja hiontatarpeita, joiden viivästyminen tuottaisi ongelmia. Hionnan työlistaa päivitetään epäsäännöllisesti vallitsevan tilanteen mukaan ja tarvittaessa päivityksiä sekä muokkauksia pystytään tekemään nopeasti ja joustavasti. (Pekkola 2022.)

Telahionnan työkuorma koetaan yleisesti sopivaksi. Toiminnassa pystytään keskittymään laadukkaaseen työskentelyyn sekä laadun tuottamiseen. Työkuorma vaihtelee kausittain, sillä erityisesti syksyn laaja vuosiseisokki lisää kuormaa kerralla paljon. Vuosiseisokissa on aikaa ja resursseja vaihtaa paljon teloja, jolloin kaikilta konelinjoilta saapuu myös hiottavaksi paljon teloja, mikä kasvattaa kerralla hionnan kertyvää työkuormaa paljon. Telahiomon kapasiteetti on kuitenkin riittävä Imatran tehtaiden omien telojen hiontaan. Tästä syystä ulkopuolisten toimijoiden tai konsernin muiden tehdasyksiköiden teloja ei hiota. Telahiojat kokevat henkilökohtaisen vastuun suureksi erityisesti laadun tuottamisessa. (Pekkola 2022; Pulkkinen 2022; Räisänen 2022.)

Telahiontaa kuormittavat Imatran tehtailla eniten kartonkikoneet ja niiden kalanterien kokillitelat, pehmeät kalanteritelat, päällystimien vastatelat sekä liimapuristintelat. Kokillitelojen tiukkojen muototoleranssien ja kovan kokillipinnan vuoksi niiden hiontaan joudutaan käyttämään eniten aikaa. Pehmeiden kalanteritelojen korkea hionnan kuormitus johtuu niitä koskevista, viimeaikoina reilusti tiukentuneista pinnanlaatuvaatimuksista sekä kyseisen telatyypin lyhyistä vaihtoväleistä. Myös päällystimien vastatelojen sekä liimapuristintelojen tyypillisen nopeasta likaantumisesta johtuvat lyhyet vaihtovälit tekevät niistä usein hiottavia teloja. (Pekkola 2022; Arponen 2022; Mäkinen & Julkunen 1983, s. 1169-1171.) Yleisesti telahionnan vaatimukset koetaan kuitenkin helposti saavutettaviksi ja tyypilliset vaikeudet tai ongelmat syntyvät tietyissä tilanteissa telapinnan huonosta lähtötilanteesta, vikojen vaikeasta tunnistamisesta sekä hiontaohjelman epäloogisesta toiminnasta. Vaikeuksista ja ongelmista huolimatta vaadittu lopputulos saavutetaan, mutta niistä aiheutuu yleensä hionnan pitkittyminen ajallisesti. (Kervinen 2022; Räisänen 2022.)

Telahionta on järjestetty Imatran tehtailla toimimaan päättymättömässä kaksivuorotyömuodossa. Erikoisuutena on, että viidestä vuorosta yksi on tyhjä, eli työtä tehdään vain neljän vuoron toimesta. Tämä luo toimintaan tietyn vuoron kohdalle katkon, jossa hionta ei etene. Kokonaistyömäärän ja resurssien suhde on kuitenkin todettu riittäväksi omiin tarpeisiin ja kyseisen työaikamuodon ja vuorojärjestelyn käyttöä on jatkettu. (Pekkola 2022.)

### 6.2.1 Hiontaprosessi

Telojen kunnossapidon kannalta hiontaprosessin tavoitteena voidaan pitää yleisesti telan hiomista virheettömäksi sen laakeripesien varassa. Erityisesti hiomakoneelle ja telahiojan ammattitaidolle muodostuu siten kovat vaatimukset, sillä tela ei saa hionnan aikana merkittävästi lämmetä, eikä taipua. (Mäkinen & Julkunen 1983, s. 1168.)

Hiontaprosessin voidaan ajatella muodostuvan pääpiirteittäin:

- telan linjauksesta hiomakoneessa,
- alkumittauksista,
- muotohionnasta,
- välimittauksista,
- viimeistelyhionnasta ja
- loppumittauksista.

Ennen kuin hiottava tela siirretään siltanosturilla hiomakoneeseen, täytyy hiomakoneeseen valita ja asentaa telakohtaiset kannatuspukit SAP:ista löytyvien telatietojen mukaisesti. Kun sopivat kannatuspukit on asennettu, voidaan tela laskea hiomakoneeseen niiden varaan ja aloittaa telan linjaaminen. Linjaus tapahtuu kannatuspukkien säädön ja siirron avulla siten, että tela saadaan hiomakoneen keskilijan kanssa samansuuntaiseksi. Linjavirhe mitataan hiomakoneen kiinteällä mittalaitteella halkaisijaprofiili -mittauksella. Tyypillisesti linjauksessa tähdätään linjavirheen nolla-arvoon ja se saavutetaan, mutta hiontaprosessin edetessä voi muutamien millimetrin tuhannesosien linjavirheitä syntyä. (Arponen 2022; Räisänen 2022.)

Kun tela on saatu paikoitettua hiomakoneeseen, tarkastetaan SAP:ista telan sekä työtilauksen tiedot hiontaa varten. Näitä tietoja ovat esimerkiksi halkaisija, pinnoitteen alin sallittu paksuus, mahdollinen bombeeraus sekä huomiot pinnoitteen tai vaipan pinnan kunnosta. Näiden esitietojen pohjalta ja niiden tueksi tehdään telavaipalle silmämääräinen tarkastus sekä tunnustellaan telan pintaa, erilaisten vikojen löytämiseksi. Jos vikoja löytyy, tehdään niistä muistiinpanot ja lisätään SAP:in työtilaukselle huomioiksi. Tyypillisiä vikoja ovat viillot, kolot ja halkeamat pinnoitteessa, erilaiset pienemmät jäljet sekä syöpymät. Vikojen etsimisen lisäksi pinnan tarkastelulla muodostetaan kuva hionnan lähtötilanteesta ja siten pystytään arvioimaan tarvittavia hionnan aloitusparametrejä. (Arponen 2022; Kervinen 2022.)

Tarkastelun jälkeen suoritetaan alkumittaus, eli tyypillisesti vain ympyrämäisyys -mittaus, sillä halkaisijaprofiili -mittaus on suoritettu linjattaessa. Näiden mittausten tulosten sekä havaitun lähtötilanteen perusteella valitaan aloitusnauhan karkeus sekä muut hionnan aloituksen hionta-arvot. Muotohionnassa telaa hiotaan karkeilla nauhoilla ja suurilla syöttöpaineilla, jotta saadaan rouhittua suuret muotovirheet pois ja telan pinnanmuoto vastaamaan haluttua, toleranssien mukaista lieriömuotoa tai bombeerausmuotoa. Muoto pyritään saamaan toleranssirajojen sisään, mutta lisäksi mahdollisimman yhtenäiseksi ja suoraksi. Hiomanauhojen eri rouhintakarkeudet käydään jokainen läpi siten, että jokaisella karkeudella ajetaan 3-5 iskua, seuraten hionta-paineen laskua. Iskulla tarkoitetaan tässä yhtä hiontakertaa telavaipan päästä toiseen päähän. Hiontapaine laskee iskujen välillä ja viimeiset iskut kullakin nauhalla pyritään hiomaan hyvin pienillä syöttöpaineilla. Jokaisen nauhakarkeuden jälkeen suoritetaan välimittaukset ja tehdään pinnan silmämääräinen tarkastus sekä tunnustelu. Hiojan arvion mukaan siirrytään seuraavaan, hienompaan nauhakarkeuteen, kun telan pinnasta on saatu tasalaatuinen ja edellisen karkeuden hiomajäljet on saatu poistettua. (Kervinen 2022; Pulkkinen 2022; Räisänen 2022.)

Kun muotohionnassa on edetty nauhakarkeuksissa puoliväliin ja siten välimittauksia on tehty useampia, pystytään mittausten tuloksista tunnistamaan hionnassa syntyvä muoto. Välimittausten raporteista voidaan siis nähdä, että telan muoto ei enää juurikaan muutu hionnan edetessä. Tämä jäljelle jäävää muotovirhe pyritään poistamaan hiontaohjelman muotokompensoinnilla. Muotokompensoinnissa välimittauksista saatavan tiedon avulla ohjelma määrittää kompensaatiokäyrän, jonka mukaan seuraavien iskujen hionta ohjataan. Hiontaa jatketaan ja välimittausten tuloksista seurataan muotokompensoinnin onnistumista. Tarvittaessa kompensaatiokäyrä määritetään uudestaan, jos ei saadaa haluttuja muutoksia aikaan. (Pulkkinen 2022; Räisänen 2022.)

Kun muotohionnassa on päästy karkeuksiltaan hienoimpiin rouhintanauhoihin ja saavutettu toleranssien mukainen pinnanmuoto, siirrytään seuraavaksi viimeistelyhiontaan. Viimeistelyhionta aloitetaan pinnankarheuden mittauksella, jolla määritellään lähtötilanne ja tarvittava viimeistelynauhan karkeus. Hiojan arvion mukaan valitaan viimeistelynauhan

karkeus, josta aloitetaan viimeistelyhionta ja käydään karkeudet läpi järjestyksessä hienompaa kohti. Silmämääräisen tarkastelun sekä iskujen välisten pinnankarheuden mittausten perusteella arvioidaan pinnanlaadun riittävyyttä. Silmämääräisesti sekä tunnustelemalla varmistetaan että pinnassa ei ole hiomanauhan aiheuttamia jälkiä ja että pinta on sileä sekä tasalaatuinen. Mittauksissa tähdätään yleisesti alle Ra 0,8-0,5 µm arvoihin, mikäli erityistä vaatimusta ei ole erikseen annettu. Tietyissä tapauksissa, joissa pinnankarheuden arvoa ei olla kohtuullisessa ajassa ja kohtuullisella työllä saatu yleiseen tavoitteeseen, on näissä tyydytty Ra-arvoon 1 µm. (Arponen 2022; Pulkkinen 2022; Räisänen 2022.)

Kun viimeistelyhionta on saatu päätökseen, tehdään telalle vielä loppumittaukset. Loppumittausten tuloksista mittaraportit tallentuvat hiomakoneen ohjelmistoon ja osa mittauksista raportoidaan SAP:iin telan tietoihin. Hionnassa tehdyt huomiot ja kommentit raportoidaan työtilaukselle. (Kervinen 2022; Pulkkinen 2022; Räisänen 2022.)

Telojen hionta suoritetaan Imatran tehtailla pääsääntöisesti telan omilla laakeripesillä. Harvoissa tapauksissa joudutaan hiominen suorittamaan laakerien ulkokehän varassa, tyypillisesti hiomakelkan rajoitetun ulottuvuuden vuoksi. Näitä tapauksia on kuitenkin vuosittaiseen työmäärään suhteutettuna vähän. Tällaisissa tapauksissa vaaditaan joidenkin telan laakerointiosien purkamista ennen telan hiontaa. Vaadittavat purkutoimenpiteet suorittaa telahuollon henkilöstö. (Kervinen 2022; Pulkkinen 2022.)

Hiojan arvion mukaan asetetaan hionnassa käytettävät hiontaparametrit kuten syöttöpaine sekä siirtonopeus. Muita hiojan ammattitaidon sekä kokemuksen mukaan tehtäviä päätöksiä ovat rouhintanauhojen sekä viimeistelynauhojen aloituskarkeudet sekä käytetty kontaktipyörä. Lastuamisnesteen vaihto on eräs harvoin tehtävä toimenpide, joka usein vaatii jopa yhden vuoron verran työtä. Tämä työ tulee hionnassa ajankohtaiseksi kun seuraavaksi on tarkoitus hioa kokillivalurautapintainen tela, joiden hionnassa käytetään lastuamisnesteenä emulsiota. (Arponen 2022; Kervinen2022; Räisänen 2022.)

Imatran tehtaiden telahiomakoneen ohjauksessa on myös 3D-hionnan mahdollisuus. Hiomakoneen 3D-hiontatilaa käytetään telan ympyrämäisyysvirheiden kompensoinnissa. Useiden ympyrämäisyysmittausten ja halkaisijaeromittauksen avulla hiontaohjelma muodostaa ympyrämäisyysvirheistä kompensaatiokäyrän, jonka mukaan 3D-hiontaa ohjataan. Tätä ominaisuutta käytetään kuitenkin harvoin ja tyypillisesti vain apukeinona tilanteissa, joissa telan pinnanmuotoa on erityisen hankalaa saada toleranssien sisään. (Microteam 2018, s. 10-11, 68-69; Räisänen 2022.)

Telahionnan lisäksi hiojien suorittamat avustavat asiantuntijatehtävät koetaan positiivisena vaihteluna työnteossa. Avustavien tehtäviä ovat vastaanottotarkastusten tekeminen sekä telapintojen erilaiset mittaukset ja häiriökorjaukset paperi- tai kartonkikoneessa. Vastaanottotarkastuksia on näistä tehtävistä määrällisesti eniten, mutta tarkastusten suorituksen ajankohta pystytään helposti sopimaan ja suunnittelemaan hiontaan ja sen vaiheisiin sopivaksi. Muita avustavia harvemmin tehtäviä halkaisija-, pinnankarheus- ja kovuusmittauksia sekä telapintojen korjauksia tehdään harvemmin, mutta myös niissä pystytään toimimaan yhtä joustavasti ja suunnitelmallisesti kuin vastaanottotarkastusten järjestelyssä. (Arponen 2022; Pekkola 2022; Räisänen 2022.)

### 6.2.2 Hionnan mittaukset

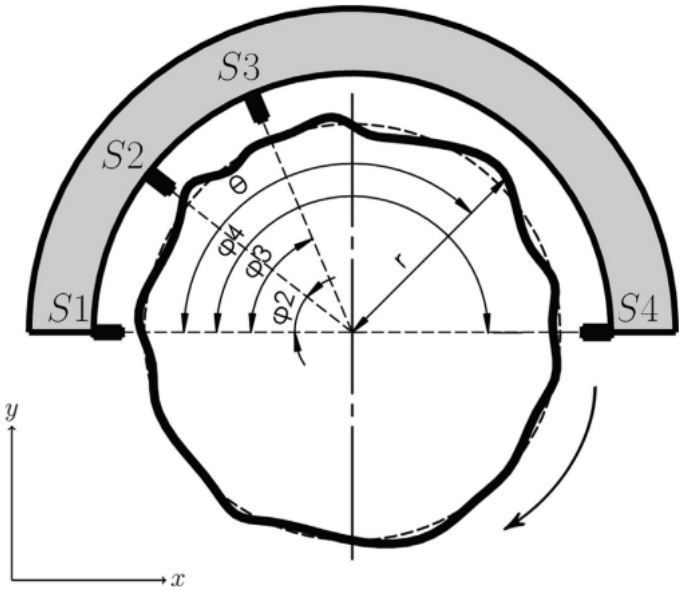
Hiomakoneen mittalaitteessa käytetään neljää Heidenhain AT3018 pituusanturia. Nämä anturit ovat kontaktiin perustuvia, jousikuormitteisia, 30 mm mittauspituudella ja ± 0,4 µm tarkkuudella varustettuja absoluuttisen mitta-asteikon pituusantureita. Anturit on kiinnitetty mittalaitteen kaariin, joita voidaan säätää puomissa vaakasuunnassa telan halkaisijan mukaan sopivaksi. Puomin korkeutta voidaan säätää suhteessa runkoon. Mittalaite on esitetty kuvassa 12. Kuvassa punaisilla numeroilla on merkitty pituusantureiden tunnistukseen käytettävä numerointi ja niiden asema mittalaitteessa. Mittalaitteen säätö telakohtaisesti suoritetaan manuaalisesti. Säätö toteutetaan siten, että anturit 4 ja 1 asetetaan kosketukseen telavaipan keskipisteen korkeudelle ja antureita 2 sekä 3 liikutetaan mittakaaren johteilla kunnes ne koskettavat vaipan pintaa. Anturien mittapään koskettaessa

telapintaa, anturia siirretään vielä noin 10 mm, jotta saadaan aikaan valmistajan suosituksen mukainen esijännitys. (Arponen 2022; Heidenhain 2021; Microteam 2018, s. 68.)

Kuva 12. Hiomakoneen mittalaite käännettynä säilytysasentoon.

Mittaustapahtumaa ohjataan hiomakoneen ohjauksella. Hioja suorittaa mekaanisesti mittalaitteen mittausasentoon asettamisen sekä valitsee käynnistetäänkö halkaisijaprofiilimittaus vai ympyrämäisyysmittaus. Halkaisijaprofiilimittauksessa mitataan telan halkaisijaa tietyssä pituusakselin kohdassa, kahdella vastakkaisella anturilla. Ennen mittausta määritetään telan mittauspituus sekä mittauksessa käytettävä siirtonopeus. Mittaustapahtumassa hiomakoneen ohjaus siirtää mittakaarta telan pituusakselin suunnassa määritetyn mittauspituuden matkalla, josta saadaan mittaustulos halkaisijan vaihtelusta. Halkaisijan vaihtelu, eli halkaisijaprofiili esitetään käyränä mittaraportissa, jossa pystyakselilla esitetään halkaisijan vaihtelu ja vaaka-akselilla mittausasema telan

pituusakselilla. Ympyrämäisyysmittaus suoritetaan 4-pistemittauksen avulla, jolla pystytään havaitsemaan ympyrämäisyyden eri aaltomuodot. Ennen ympyrämäisyysmittausta määritetään mittauksen aloitus- ja lopetuskohdat, telan pyöritysnopeus, mittauksessa käytettävä siirtonopeus sekä valitaan mitattavien poikkileikkausten määrä. Mittaustapahtumassa hiomakoneen ohjaus siirtää mittakaaren telan pituusakselin suunnassa määritettyihin mittauskohtiin ja pyörittää telaa, jolloin jokaisesta asetetusta kohdasta saadaan mittaustulos poikkileikkauksen ympyrämäisyydestä. Ympyrämäisyysmittauksen tulokset esitetään mittaraportissa ympyrällä, jossa ympyrälle piirtyvät mitattujen poikkileikkauksien muodot. (Arponen 2022; Microteam 2018, s. 10-11, 68-69; Räisänen 2022.) Kuvassa 13 on esitetty 4-pisteanturien mittakaarelle asemoinnin periaate.




Kuva 13. Anturien paikoitus ja asentokulmat ympyrämäisyyden mittauksessa (Tiainen & Viitala 2020, s. 5).

Mittalaitteella suoritettavien koneellisten mittausten lisäksi telan ominaisuuksia mitataan käsikäyttöisillä mittalaitteilla. Halkaisija mitataan käsin tarkkuushalkaisijamittanauhalla. Hiomakoneen mittalaite antaa oman mittaustuloksen halkaisijasta, mutta on huomattu, että mittalaitteella mitattu absoluuttinen halkaisija eroaa käsin mitatusta arvosta. Tästä syystä on päätetty suorittaa halkaisijamittaus erikseen. Pinnankarheusmittaus suoritetaan useasta eri kohdasta telan vaipalta, jotta saadaan varmistettua pinnan yhdenmukaisuus ja arvojen

oikeellisuus. Käsikäyttöisellä karheusmittarilla saadaan mitattua Ra- sekä Rz -arvot. Kovuusmittauksia tehdään telapinnan materiaalista riippuen käsikäyttöisillä pehmeiden pinnoitteiden Shore A, Shore D sekä P&J kovuusmittauslaitteilla ja kovia telapintoja Vickers sekä Rockwell kovuusmittauslaitteilla. (Kervinen 2022; Pekkola 2022.)

### 6.2.3 Hionnan toleranssit

Telahionnan vaatimukset voidaan jakaa muototarkkuusvaatimuksiin sekä pintavaatimuksiin. Muototarkkuuden vaatimukset esitetään toleranssirajoina lieriömäisyyden, ympyrämäisyyden, säteisheiton sekä halkaisijaeron arvoille. Toleranssirajat ovat tyypillisesti laitevalmistajien sekä telapinnoitteiden valmistajien määrittämiä suosituksia. (Mäkinen et al. 1983, s. 1169.) Hionnassa käytettävät toleranssit on tallennettu telakohtaisesti hiomakoneen ohjauksen ja mittalaitteen ohjelmistoon. Telasta mitattavia arvoja verrataan näihin toleranssirajoihin ja vertailun avulla ohjataan hionnan kulkua. (Kervinen 2022; Microteam 2018, s. 10-11; Pekkola 2022; Räisänen 2022.)

Imatran tehtailla telahionnassa käytettävät muototoleranssit ja pinnanlaadun raja-arvot ovat konelinjakohtaisesti tuotannon määrittämiä arvoja. Toleranssit perustuvat telavalmistajien ja pinnoittajien ohjeisiin, joihin on tehty kokemuksen mukaan tarpeellisia muutoksia. Joissain tapauksissa tehdään tuotannon pyynnöstä muutoksia tyypillisiin arvoihin. Tällaiset kokeilut ovat erikseen sovittavia järjestelyjä. Raja-arvot on listattu yleisesti telatyypeittäin ja niitä käytetään soveltaen. (Arponen 2022; Pekkola 2022; Pulkkinen 2022.)

### 6.2.4 Hionnan raportointi

Tällä hetkellä hiomakoneen mittalaitteella tehtävistä mittauksista saatavat ympyrämäisyyden ja halkaisijaeron mittausraportit tallentuvat ainoastaan hiomakonetta ohjaavalle tietokoneelle. Raportit täytyy hakea muistista yksi kerrallaan ja tallentaa muistitikulle tai tulostaa, jotta niitä pystytään hyödyntämään muuten kuin tarkastelemalla hiomakoneen ohjauksen näytöltä. (Kervinen 2022; Pekkola 2022.)

Hionnan loppumittauksien perusteella päivitetään SAP:in telakohtaisiin tietoihin telan hionnan jälkeinen halkaisija, bombeeraus, kovuus, pinnankarheus sekä työhön kulunut hionta-aika. Hionnan aikana tunnistettuja poikkeamia sekä huomioita kirjataan SAP:in työtilaukselle. (Arponen 2022; Räisänen 2022.)

### 6.2.5 Hionnan laatu

Imatran tehtailla telahionnan laadun määritelmänä pidetään hiotun telan suunnitellun toiminnan varmistavien muototoleranssien ja pinnanlaadun vaatimusten täyttämistä. Lisäksi lisäarvoa saadaan kustannustehokkuudesta, läheisestä sijainnista sekä joustavuudesta. Imatran tehtaiden telahionnan kustannukset on yleisesti ulkopuolisiin toimijoihin verrattuna edulliset. Joustavaa palvelua pystytään tuottamaan, kun palvellaan vain omien tehdasyksiköiden koneita, jolloin esimerkiksi ulkopuolisia kuljetuksia ei tarvita. Palvelualttius on myös eräs tekijä, joka tekee telahionnan työstä laadukasta. Asiakkaan erikoisvaatimukset sekä muutokset tyypillisiin vaatimuksiin pystytään toteuttamaan tehokkaasti. (Paajanen 2022; Pekkola 2022.)

Laadun tuottaminen koetaan Imatran tehtaiden telahionnassa yleisesti suhteellisen helpoksi. Laadun tuottamisessa tyypilliset haasteet ovat hyväksyttävän laadun tuottamiseen vaadittava hionta-aika sekä satunnaiset virheet. Hiontaan vaadittavan ajan pitkittyminen johtuu usein hiottavan telan pinnan huonosta kunnosta, tiukoista muototoleransseista tai hiottavan telapinnan lastuttavuudesta. Satunnaisia virheitä on havaittu eräiden telatyyppien pinnanlaadussa. Vaadittavaan pinnankarheuteen päästään tavallisesti ongelmitta. (Arponen 2022; Kervinen 2022; Pekkola 2022; Pulkkinen 2022; Räisänen 2022.)

# 7 Havainnot

Tässä luvussa esitetään tutkimuksen aikana tehdyt havainnot Imatran tehtaiden telahuollon ja telahionnan laadullisesta toiminnasta. Luku on jaettu kahteen alalukuun, joissa esitetään eri vastuualueista tehdyt havainnot. Havainnot on kummassakin alaluvussa jaettu eri aihealueiden mukaan.

## 7.1 Havainnot telahuollosta

Suunnitelmallisuus

Telahuoltojen suunnittelu ja aikataulutus ovat monimutkaisia tehtäviä, sillä samantyyppisten telojenkin huoltotarpeet ja huollon sisältö vaihtelevat. Suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä on paljon. Tämän takia kattavan ja tarkan huoltosuunnitelman luominen on Imatran tehtaiden kaltaisessa laajassa ympäristössä erittäin hankalaa. Kaikkia huoltoja ei pystytä asettamaan tarkasti samaan muottiin, vaan myös suunnittelussa on otettava eroavaisuudet ja mahdollisuudet huomioon. Erään valmistajan huolto-ohjeissakin mainitaan, että huolto-ohjeet ovat tietylle telatyypille tehtyjä yleisohjeita, joissa eri rakenneratkaisujen ja kokoluokan vuoksi ei anneta tarkkoja ohjeita. Tämä luo henkilöstön kokemukselle ja ammattitaidolle suuret vaatimukset. Toiminnan täytyy olla johdonmukaista, järjestelmällistä ja tehtyjä huomioita täytyy raportoida. Tällaisen toiminnan avulla pystytään varmistumaan, että erilaisten telayksilöiden huollot tulee tehdyksi samalla tavalla, eli huomioidaan eri yksilöiden vaatimukset, mutta luodaan yhtenäinen laatutaso kaikille telatyypeille.

Jotta huoltotöiden suunnittelua voidaan tehdä laadukkaasti, täytyy suunnittelun perustua lähtötietoihin. Tällä hetkellä telahuollossa ei ole saatavissa järjestelmällisesti tietoa huoltoon tulevan telan tilanteesta ja huollon vaatimuksista. Tämä tarkoittaa sitä, että telahuollon esihenkilön vastuulle jää kyseisen telan huollon lähtötietojen selvittäminen sekä sen historian tarkastaminen. Esihenkilö hakee tietoja toiminnanohjausjärjestelmästä, eli tutkii aiempia työtilauksille raportoituja kommentteja sekä telakohtaisia tietoja ja muodostaa suunnitelman näiden tietojen pohjalta. Tietoja telan aiemmista huoltotoimenpiteistä tai

käyttöaikahistoriasta ei ole koottu yhteen, vaan ne täytyy etsiä erikseen. Joissain tapauksissa huollettavan telan työtilauksella ilmoitetaan esimerkiksi telan vaihdon syy, kuten öljyvuoto tai kunnonvalvonnan havaitsema alkava laakerivaurio. Näissä tapauksissa pystytään paljon paremmin valmistautumaan ja ennakoimaan huollossa tehtäviä toimenpiteitä sekä sen vaatimia resursseja. Lähtötietojen laadulla on todella suuri vaikutus telahuollon suunnitelmallisuuteen.

Imutelan vaipan laakeroinnin tarkastusväliksi ei ole määritetty tarkkaa käyttöaikaa tai tiettyä huoltojen väliä. Koska laakeroinnin huoltotarpeet havaitaan kunnonvalvonnan mittausten kautta, on laakeroinnin kunnon heikentyminen jo alkanut ja siihen täytyy reagoida. Kunnon heikentyminen voi vaikuttaa tuotannon laatuun ja prosessin laitteiston käytettävyyteen, joka tyypillisesti johtaa ennenaikaiseen, suunnittelemattomaan telan vaihtoon. Laakeroinnin määräaikaisten tarkastusten avulla pystyttäisiin ennakoivalla toiminnalla välttämään vikaantumiseen asti johtava kunnon heikentyminen.

Aikataulutus

Kun huollettavan telan kunnosta tai sen sisältämistä vioista ei saada tietoa ennen huollon aloitusta, joudutaan tekemään laajoja tarkastuksia, joiden avulla pystytään havaitsemaan huollon tarpeet. Tarvittavien varaosien tilaaminen kesken huoltotyön aiheuttaa työn viivästymisen, mutta aiheuttaa myös tyypillisesti ylimääräistä työtä varastoinnin järjestämisen vuoksi. Huoltotilojen hyvin rajallisen koon takia joudutaan usein kesken jäänyt tela siirtämään huoltoalueelta varastoalueelle.

Huoltotöiden kriittisyyden mukaan tehdään huoltotöiden järjestyksen suunnittelua, mutta niiden teko rajoittuu telahuollon esihenkilön kirjaamattomiin suunnitelmiin. Aikataulutuksessa ei käytetä SAP:in mahdollistamaa työtilausten järjestelyä tai visualisointityökaluja apuna toiminnanohjauksessa. Tämä johtaa pahimmassa tapauksessa työkuorman vanhempien töiden unohtumiseen, mikä on havaittavissa muutamista kiireellisistä ja siten kustannuksiltaan suurista pikakunnostuksista. Näissä tapauksissa ei olla seurattu kyseisen telan huollon aikataulutuksen muutosta tarkoituksenmukaisesti.

Ennakointi

Haastatteluista saadun tiedon perusteella telahuollossa on tunnistettu ongelmaksi ennakoinnin puute huoltotöiden läpiviennissä. Huolloissa ei oteta huomioon mahdollisesti saatavaa ajallista hyötyä yksinkertaisten ennakoivien toimenpiteiden avulla. Laajempien kunnostustarpeiden tunnistaminen mahdollisimman ajoissa vähentää töiden läpimenoaikaa ja sillä usein säästetään myös turhaa työtä. Tällä hetkellä huoltotoimenpiteitä ei tehdä aina sellaisessa järjestyksessä, että ennakointiin pystyttäisiin. Esimerkiksi koneistustarpeiden tunnistaminen jo telan purkuvaiheessa ei onnistu, sillä komponenttien pesu jätetään kasausvaiheeseen.

Telojen pesu

Kaikkia teloja ei järjestelmällisesti pestä niiden huollon alussa. Ylensä pesun tarpeellisuus arvioidaan tapauskohtaisesti ja siten telojen yleinen puhtaustaso ei ole laadukkaan huoltotoiminnan tasolla. Tässä yhteydessä erityisesti imagolla ja mielikuvilla on merkitystä palvelun laadun arvioinnissa. Vaikka tela on huollettu tai kunnostettu täysin uutta vastaavaksi, mutta sen ulkonäöstä ei siisteyden puolesta tätä ole nähtävissä, voidaan asiakkaalle antaa helposti väärä mielikuva tekemisen laadusta. Laatuvaikutelman lisäksi telojen puhtaudella on vaikutusta telan pintamateriaalien kestoon ja kuntoon sekä huoltotöissä tehtävien tarkastusten suoritukseen. Paperi- tai kartonkimassasta likaantuneiden telojen ulkoisen tiivistyksen kunnon havaitseminen saattaa likaisuudesta johtuen jäädä huomaamatta. Lisäksi huollon edetessä massaa saattaa joutua telan sisäosiin ja siten aiheuttaa ylimääräistä työtä tai pahimmassa tapauksessa estää telan tarkoituksenmukainen toiminta. Rasvaisten ja öljyisten telojen puhdistaminen on myös osa elintarvikekartongin tuotantolaitoksen tuoteturvallisuuden varmistamista. Lopputuotteeseen ei saa joutua mitään ylimääräisiä aineita.

Koska eri telojen toimintaan vaikuttavat telapinnan ominaisuudet kuten pinnan karheus, pinnan elastiset ominaisuudet, sekä rajakerroksen likaantuneisuus, on näihin ominaisuuksiin vaikuttaminen tärkeää telahionnassa. Näitä ominaisuuksia pystytään korjaamaan, jos

silmämääräisen tarkistuksen sekä pesujen yhteydessä on huomattu poikkeamia. Vältetään mahdollisesti turhia hiontavaiheita sekä voidaan kohdentaa hiontaprosessia vain tarvittaviin toimenpiteisiin, jolloin pystytään paremmin vastaamaan kyseisen telatyypin pinnan vaatimuksiin ja toleransseihin.

Mahdollisuudet laadukkaalle ja järjestelmälliselle huollettavien telojen pesuille löytyvät telahuollosta. Pesupaikkoja on kaksi kappaletta, joissa molemmissa on omat rajoitteensa, mutta kahden pesupaikan avulla pesutoiminta on mahdollista saada tehokkaaksi ja siten tukea huoltotöitä sekä hiontaa. Telavaraston pesupaikalla on telojen vaippaosien pesuun erityisesti suunniteltu mekanisoitu pesukone. Tällä pesupaikalla pystytään helposti suorittamaan pesut, joissa edellytyksenä on telan purkaminen. Puretun telan komponenttien, kuten imutelan vaipan ja imulaatikon, siirtely telavaraston ja erillisen varastointialueen välillä on erittäin hankalaa ja tarpeetonta. Koska pesupaikka on telojen huoltoalueen välittömässä läheisyydessä, on pestävien komponenttien siirtely telavaraston siltanosturilla helppoa. Koska pesupaikka on lähellä huoltoaluetta ja eristetty huoltoalueesta sekä muusta telavarastosta vain seinällä, lian ja kosteuden pääsy suojaamattomien komponenttien pinnoille ja huoltoalueelle on ongelma. Erillisen varastointialueen pesupaikka on suojattu paremmin ja se sijaitsee pelkästään varastointiin tarkoitetussa tilassa. Tästä syystä pesuissa leviävä kosteus ja lika ole yhtä suuri ongelma kuin telavarastossa. Koska varastointialueen pesupaikka on telahiomakoneen ja sen välivaraston läheisyydessä, pystytään myös pelkästään hiontaan menevien telojen pesut järjestämään helposti.

Johtaminen

Telahuollon toiminnassa keskitytään teknisten asioiden suorittamiseen, eikä huomioida raportointia yhtenä osana laadukasta työtä. Pyritään saamaan aikaan vaaditut toiminnot, mutta ei käytetä hyödyksi työssä tehtävien huomioiden tuomaa lisäarvoa töiden aikataulutuksessa ja suunnittelussa. Koska huoltotöiden raportointia ei ole tehty laajamittaisesti aiemmin, muodostuu toimintatavan muuttuessa muutosvastaisuutta. Tämä johtuu tyypillisesti uuden toimintatavan liian vähäisestä taustoittamisesta ennen käyttöönottoa. Jotta kehitetyn toimintatavan käyttöönotto saadaan onnistumaan, täytyy

henkilöstölle ensin kouluttaa sen tarkoitus ja tavoitteet. Toiminnan tarkoituksen ja tavoitteen ymmärtäminen parantaa muutoksen hyväksyntää ja siihen sitoutumista.

Koska tiettyjä asioita ei ole aiemmin vaadittu tai niihin ei ole aiemmin kiinnitetty huomiota, täytyy johtamisella tukea uutta toimintatapaa. Eri toiminnoille muodostuvia arvoja sekä niiden järjestystä täytyy johtaa. Raportointia täytyy pyrkiä pitämään tärkeänä osana työtehtävää, eli myös sen laadukkaasti suorittaminen on osa laadukasta tekemistä. Lisäksi huomioitavaa on, että järjestelmällinen toiminta avustaa myös konkreettisen työn tekemistä ja siten helpottaa koko henkilöstön toimintaa.

Telahuollosta ei ole havaittavissa, että missään toimenpiteissä tehtäisiin ylilaatua. Huolloissa tehdään tarpeen mukaiset toimenpiteet ja tärkeimpien sidosryhmien mukaan toiminnalla pystytään vastaamaan huollolle ja hionnalle asetettuihin laatutavoitteisiin. Toiminnasta ei kuitenkaan ole tällä hetkellä saatavissa mittareita tai tunnuslukuja, joilla toimintaa seurattaisiin ja ohjattaisiin. Tämä vaikuttaa myös alueen laadunhallinnan kehitykseen, sillä ilman toiminnan ja sen kehityksen seurantaa, ei pystytä todentamaan tehtävien muutosten ja parannusten oikeellisuutta.

Telahuollon avustavat työt

Haastatteluiden perusteella telahuollossa koetaan, että työtilausten ilmoittamisessa työntekijöille kestää turhan kauan. Koska tehtyjä avustavia töitä ei pystytä heti työn valmistumisen jälkeen merkitsemään tuntikirjauksiin, ne usein unohtuvat työntekijöiltä ja siten tehdyn työn kautta syntyvien kustannusten tiliöinti ei mene oikein. Ongelma on havaittu erityisesti avustavien töiden kuten telojen siirtojen tapauksissa.

Laitteisto ja ympäristö

Tällä hetkellä telahuollossa ei ole imutelojen kuormitusletkujen testauksen lisäksi muita telojen koeajoon tai testaukseen tarkoitettuja testilaitteita. Ohjeistuksia erilaisten telatyyppien toiminnallisuuksien testauksista löytyy telojen käyttö- ja huolto-ohjeista.

Testilaitteistoilla pystytään todentamaan huolloissa esimerkiksi imutelojen ja uivien taipumakompesoitujen telojen sisäisen, toiminnallisen tiivistyksen tarkoituksenmukainen toiminta.

Telojen huolloissa käytetään apuna erilaisia yleisiä sekä telatyyppikohtaisia, lattialle asetettavia telapukkeja sekä kaaripuita, joiden varaan telat paikoitetaan huoltotoimenpiteiden ajaksi. Näiden paikoitustapojen heikkoutena on, että niillä telan osia pidetään paikoillaan, mutta niiden varassa osia ei pystytä liikuttamaan. Eräissä nykyaikaisissa telahuoltopalveluita tarjoavissa yrityksissä on käytössä erilaisia säädettäviä telapukkien ja lattiaan asennettujen kiskojen muodostamia huoltoalueita, joissa esimerkiksi imutelan imulaatikon irrotuksessa ja asennuksessa vaippaan voidaan käyttää kiskoilla yhteen suuntaan liikkuvia pukkeja apuna. Kiskot mahdollistavat liikkeen vain telan pituussuuntaan. Tästä on hyötyä esimerkiksi kun imutelan kokoonpanovaiheessa on tärkeää saada imulaatikko asennettua vaipan sisälle mahdollisimman samansuuntaisesti vaipan kanssa, jotta tiivisteet tai vaipan sisäpinta eivät vaurioidu.

Sovitteiden mittaukseen ei löydy tällä hetkellä mittavälineitä, eikä tietotaitoa telahuollon henkilöstön osalta. Tällä hetkellä huolloissa tarvittavat mittaukset pystytään hoitamaan nykyisten järjestelyjen avulla, mutta telakannan vanhetessa tai vaikeampien sovitteiden yleistyessä, mittalaitteistoon ja koulutukseen investointi voi tulla tarpeelliseksi.

## 7.2 Havainnot telahionnasta

Toiminnan johdonmukaisuus ja ennustettavuus

Systemaattisuuden puutteita ei haastattelujen perusteella hiontaprosessista eri vuorojen välillä havaittu. Hiontaprosessissa kiinnitetään saavutettavaan laatuun tarpeeksi huomiota. Kuitenkin erityisesti eri työtapojen, käytettävien hiomanauhojen, sekä hiontaparametrien valinnan yhdenmukaisuudesta ei ole varmuutta.

Työstökoneiden tarkkuuteen vaikuttavat tekijät voidaan jakaa systemaattisiin ja satunnaisiin poikkeamiin. Systemaattiset poikkeamat ovat koneissa aina vaikuttavat virheet, joita pystytään todentamaan geometrisin mittauksin, kaikissa tilanteissa. Näitä ovat koneen stabiiliuteen, geometriaan ja paikoitustarkkuuteen liittyvät virheet. Satunnaispoikkeamat ovat dynaamisesta kuormituksesta, toistovirheistä sekä värähtelyistä johtuvia satunnaisesti esiintyviä virheitä. (Andersson et al. 1997, s. 273.) Hiomakoneen tuottamassa laadussa systemaattisia virheitä voidaan tunnistaa mittausten avulla. Numeerinen tietokoneohjaus mahdollistaa poikkeamien kompensoinnin mittausten ja niiden mukaisen hionnan avulla. Satunnaisten poikkeamien tunnistaminen on vaikeaa. Näissä tapauksissa hionnan aikana ei ole pystytty poistamaan hionnan aiemmissa vaiheissa syntyviä pituusakselin suuntaisesta siirrosta ja sekä hiontaparametreistä johtuvia siirtojälkiä. Järjestelmällisellä toimintatavalla pystytään vähentämään satunnaisia poikkeamia eri henkilöiden välillä. Näitä ovat esimerkiksi hiontatapa sekä valittavat parametrit, jotka vaikuttavat hiomajälkien, kuten tärinämerkkien ja syöttöraitojen syntymiseen.

Avustavat tehtävät eivät muodosta turhaa työtä tai hukkaa hiontaprosessiin. Hiojat pystyvät keskittymään kesken olevaan hionnan vaiheeseen, eikä synny keskeytyksiä tai vaikeuksia työhön keskittymisessä.

Laatuvaatimukset

Haastatteluissa nousi esiin yleinen hionnassa käytettävien pinnankarheusarvojen epämääräinen tavoite. Epäselvien vaatimusten vuoksi hionnassa tuotettava laatu ei ole yhdenmukaista. Jotta hionnassa pystytään tuottamaan yhdenmukaista laatua, täytyy pinnanlaadun vaatimukset tarkastaa sekä tehdä yhteinen päätös tavoitteista.

Mittaukset ja mittalaitteet

Mittaukset sekä mittaustapahtumaa edeltävät mittalaitteen asemointi ja asettelu tehdään mittalaitevalmistajan ohjeiden mukaan. Tässä asiassa ei ole havaittu olevan mittaustuloksiin vaikuttavia mahdollisia ongelmia.

Mittalaitteen kunnossapitoa ei ole suunniteltu tai aikataulutettu. On havaittu antureiden jumittumista mittauksissa, antureihin kertyvän pölyn ja lian vuoksi. Puhdistukset on suoritettu vain reagoivasti havaittaessa. Myös mittalaitteen antureiden mittapäiden on havaittu kuluneen. Kuluneisuudella ei ole vaikutusta hionnan tulokseen, sillä halkaisijaprofiili- ja ympyrämäisyysmittauksissa ei mitata absoluuttista halkaisijaa, vaan halkaisijaeroa. Huomioitavaa on kuitenkin, että mittalaitteen mittaamaan absoluuttiseen halkaisijaan vaikuttaa mittapäiden kuluminen.

Aiemmin telakunnossapidossa on arvioitu laseranturien hyödyntämistä 4-pistemittauksessa. Silloisen selvityksen mukaan kosketuksettoman mittauksen etuja olisivat:

- luotettava ja tarkka absoluuttihalkaisijan mittaus,
- merkkaamaton ja pintaan painumaton tapa,
- reiät ja urat eivät aiheuta värähtelyä,
- nopeampi mittaus ja ei nopeusrajoitusta sekä
- huoltovapaus.

Kosketukseen perustuvat antureiden on kuitenkin ilmoitettu tarjoavan vakaan mittaustuloksen ilman uudelleen kalibrointia (Heidenhain 2021).

Hionnan raportointi

Mittaraportit ovat mittalaitevalmistajan muodostamia, standardin mukaisia, geometrisiä toleransseja ja mittaustuloksia sisältäviä dokumentteja, jotka ovat käytössä myös muiden tehdasyksiköiden ja ulkopuolisten toimijoiden telahionnassa. Mittaraportit tallentuvat vain hiomakonetta ohjaavan tietokoneen muistiin. Tämä vaikeuttaa tiedon saatavuutta merkittävästi.

Huomioitavaa on, että esimerkiksi ulkopuolisen toimittajan raportteihin verrattuna raportin visuaalisen osan skaala on omissa raporteissa tiukempi, jolloin piirtyvä telapinnan muodon vaihtelu näyttää raportissa suuremmalta ja saattaa asiaan perehtymättömälle näyttäytyä huonompana muotona kuin se todellisuudessa onkaan. Tällä tavoin tarkemmin merkittynä, on saatavasta profiilin visuaalisoinnista hyötyä esimerkiksi tuotannon laadullisten ongelmien tutkimisessa, jossa tyypillisesti tarvitaan myös prosessin kannalta vaikuttavien telojen pinnanmuodot etsiessä virheiden tai vikojen aiheuttajia prosessissa.

Haasteet

Kalanteroinnissa jäljentyminen on yksi kalanteroimismekanismi. Erityisesti softkalantereissa on korostunut tarve saada telan pinnasta sileä, jotta telapinnan virheet eivät kopioidu paperi- tai kartonkituotteen pintaan. Softkalanteriteloissa on vaikeutena telahiomakoneessa saavutettava liian alhainen pyörintänopeus. Tietyissä pehmeissä kalanteriteloissa on käytön alennusvaihde, jonka vuoksi telaa ei saada pyörimään toimivien hiontaparametrien mukaiseksi. Tämä aiheuttaa hionnan siirtonopeuden alentamisen, mikä pitkittää hiontaprosessia merkittävästi. Tähän on kuitenkin tulossa parannus hiomakoneeseen asennettavan kertojavaihteen avulla.

Parantaminen ja näyttöön perustuva päätöksenteko

Telahionnassa koetaan tarvetta koulutukselle hiomakoneen ohjauksen käytöstä. Henkilöstö kokee epävarmuutta ohjauksen käytön oikeellisuudesta ja sen tarkoituksenmukaisesta käytöstä. On huomattu, että ajoittain kompensointi ei onnistu ja tavoitekäyrää joudutaan päivittämään useita kertoja ennen kompensoinnin onnistumista. On telahiojan arvion varassa, milloin muotohionnassa on saavutettu kopioituva muoto, jota voidaan lähteä kompensoimaan. Myös 3D-hionnan käyttökohteet ovat epäselvät.

Uusien ja muuttuvien telapinnoitteiden hiontaohjeisiin sekä uusien hiomanauhojen käyttöön koetaan tarvetta koulutuksille. Erilaisten hiontaparametrien valinta jää usein hiojan ammattitaidon sekä kokemuksen varaan.

Johtaminen

Telahionnan työsuunnittelun järjestelmällisyydessä on parannettavaa. Lyhyen ja usein päivitettävän hionnan työlistan ylläpito on kuormittavaa ja henkilöstö kokee listan seuraamisen hankalaksi nykyisellä toimintatavalla.

Viestintä

Haastatteluissa kävi ilmi, että sisäinen viestintä on hyvällä tasolla. Henkilöstöllä on valmiudet ja halua välittää tietoa. Tämä on tunnistettavissa kokemuksista perehdytyksen onnistumisesta sekä avoimmuudesta ongelmatilanteissa jaettavan tiedon kautta.

# 8 Parannusehdotukset

Tässä luvussa esitetään parannusehdotukset telahuollon ja telahionnan laadunhallinnan parantamiseksi Imatran tehtailla. Luku on jaettu alalukuihin, joissa esitetään eri alueille ehdotettuja parannuksia.

## 8.1 Telahuollon parannusehdotukset

Raportit ja niiden rakenne

Koska huoltojen sisältö määräytyy tyypillisesti tarkastuksissa tunnistettujen tarpeiden mukaan, monipuolisen silmämääräisen tarkastuksen avulla löydetään mahdollisimman tarkasti kohteet, jotka tarvitsevat perushuoltoa enemmän huomiota. Kummankin telatyypin aiemmin kehitetyt raporttipohjat sisältävät tutkimuksen aikana tunnistetut komponentit ja tarkastuskohteet. Tarkastuksien sisältöä ja rakennetta täytyy tukea myös raportoinnin rakenteen avulla. Raporttien toimenpiteiden järjestys aseteltiin sellaiseksi, että se tukee huoltotöiden läpivientiä. Ennakoinnin vaikeus on haaste tapaus-tyyppisessä kunnossapidon ympäristössä. Raportoinnin järjestelmällisyyttä pystytään käyttämään apuvälineenä epävarmuuden poistamiseksi sekä tapauskohtaisten olosuhteiden vakioimiseksi.

Tarkemman silmämääräisen tarkastuksen avulla tuetaan paremmin suunniteltuja huoltotöitä. Ennakoivilla pesutoimenpiteillä tunnistettaisiin mahdolliset komponenttien kunnostus- tai koneistustarpeet jo purkamisvaiheessa, jolloin kyseiset ennakkohuoltoa laajemmat kunnostustyöt pystyttäisiin aloittamaan mahdollisimman nopeasti. Ennakoivalla toiminnalla vähennetään hukkaa sekä turhaa työtä ja pystytään toimimaan huolloissa entistä suunnitelmallisemmin.

Raporteilla pyritään tukemaan telahuollon esihenkilön suorittamaa työnsuunnittelua sekä työnjohtoa, siten on perusteltua lisätä telan hiontatiedot myös huoltoraporttiin. Tällä tavalla raportista saadaan tarpeeksi laaja ja sitä pystytään käyttämään työnsuunnittelussa

tehokkaasti. Yhden raportin tarkastelun perusteella esihenkilö pystyy muodostamaan tilannekuvan telayksilön tärkeimmistä ominaisuuksista sekä huoltohistoriasta. Esihenkilö merkitsee telan hionnassa käytetyt parametrit ja tehdyt mittaukset huoltoraporttiin. Hionnan merkintöjä ovat bombeeraus, pinnankarheus, viisteet ja niiden mitat, vaipan kovuus sekä halkaisija hionnan jälkeen.

Raportit on käyty haastattelujen yhteydessä telahuollon henkilöstön kanssa läpi ja niiden sisältöä sekä tarkoitusta on selitetty. Tätä voidaan pitää ensimmäisenä raporttien laajamittaisen käyttöönoton vaiheena. Opastusta raporttien käyttöön tarvitaan käyttöönotossa lisää siten, että pystytään varmistumaan henkilöstön kyvyistä laadukkaaseen ja tarkoituksenmukaiseen raportointiin. Tärkeä osa opastusta on esihenkilön antama tuki raportoinnin läpiviennissä. Koska raporttien rakenne on muodostettu eri henkilöstöryhmien vastuualueiden mukaan, on niiden erottelua selvennetty aiempaan verrattuna.

Huomioiden kirjaus

Jotta eri huoltotoimenpiteiden aikana tehdyt huomiot saadaan tehokkaasti raportoitua, lisätään raportin eri päätyövaiheisiin sekä erityisiä huomioita synnyttävien toimenpiteiden kohtiin erilliset kommenttirivit. Näille riveille merkitään tietyissä toimenpiteissä tai yleisesti tehtäviä huomiota huollon aikana. Näistä huomioista esihenkilö koostaa raportoinnin lopuksi seuraavissa huolloissa huomioitavat asiat.

Seuraavaa huoltoa varten tehtävät huomiot ja ennakkoon tiedossa olevat tulevat tarpeet kirjataan niille kohdistetuille kommenttiriveille. Esimerkiksi telan ennakkohuollon sisältöä suunnitellessa, esihenkilö havaitsee käyttöajan takia vaihdettavan komponentin määräajan täyttymisen seuraavaan huoltoon mennessä. Huomio raportoidaan jo aikaisemmassa vaiheessa huoltoraportille, jotta seuraavaa huoltoa suunnitellessa löydetään helposti itse muodostetut telan lähtötiedot. Tällä toimintatavalla pystytään parantamaan ja tehostamaan työnsuunnittelua sekä siten parantamaan ennakointia toiminnassa.

Huoltohistorian kommentoinnin ja seuraavien tarvittavien huoltotoimenpiteiden ennakoinnin avulla pystytään ennakoimaan varaosatilauksia ja tehostamaan toimintaa. Tällä tavalla parannetaan töiden suunnittelua ja aikataulutusta, koska varaosat pystytään hankkimaan valmiiksi. Kun varaosat ovat valmiina, pystytään huoltotyö suorittamaan kerralla, ilman pysäytyksiä ja viivästyksiä.

Rasvauksissa on kiinnitettävä huomiota käytetyn rasvan tyyppiin. Lisätään raportointiin rasvauskohtiin rasvan tyyppi, jotta pystytään varmistamaan telan sisältämä rasva. Tämä on tuotannon tuoteturvallisuuden kannalta tärkeä tieto.

Imutelojen huoltoraportti

Jotta erityisesti puristinimutelojen vaippojen kuntoa pystytään paremmin valvomaan, lisätään vaipan silmämääräinen tarkastus vaipan pesun yhteyteen. Kun vaipan pesu saadaan suoritettua, pystytään puhtaille pinnoille suorittaa tarkempi tarkastus. Tarkastuksen avulla pystytään havaitsemaan ennakoivasti tarve vaipan särötarkastukselle. Myös teräspintaisten imutelojen hionnan tarpeen arviointi lisätään vaipan tarkastuksen yhteyteen.

Erään imutelavalmistajan ja imutelojen huoltopalveluita tarjoavan yrityksen mukaan, imuteloille on suositeltavaa suorittaa 4-6 vuoden välein täyskunnostus (Valmet 2010a). Tästä syystä voidaan pitää perusteltuna lisätä imutelan vaipan laakeroinnin tarkastus osaksi huoltosuunnitelmaa. Laakeroinnin tarkastuksen aikaväliksi on siis perusteltua asettaa joka toinen huolto.

Uivien taipumakompensoitujen telojen huoltoraportti

Pinnoitettujen uivien taipumakompensoitujen telojen vaipoissa käytettävän urituksen syvyyden mittauksella pystytään tunnistamaan pinnoitustarpeet. Lisätään urituksen mittaus osaksi joka huollossa tehtäviä toimenpiteitä. Mittaustuloksen raportoinnin ja seurannan avulla pystytään tulevissa huolloissa ennakoimaan ja varautumaan pinnoituksiin.

## 8.2 Telahionnan parannusehdotukset

### Viestintä

Telahionnan vuorojen välistä viestintää pystytään parantamaan hionnan pöytäkirjan avulla. Koska hiontaprosessissa tuotettava laatu on riippuvainen hionnan kaikista vaiheista, on käytettyjen työtapojen sekä hiontaparametrien raportointi seuraavia hiojia varten hyödyllistä. Selkeästi kirjatut havainnot hionnan vaiheiden etenemisestä, niissä käytetyistä hiomanauhoista, hiontaparametreistä sekä tehdyistä huomioista prosessista, helpottavat seuraavan hiojan työn aloitusta sekä viestintää eri vuorojen välillä. Järjestelmällisen toiminnan avulla pystytään parantamaan hionnan laatua sekä saadaan aikaan johdonmukaisia ja ennustettavia tuloksia. Pöytäkirjaan raportoitua tietoa voidaan käyttää jatkossa myös hionnan kehittämisessä. Pöytäkirjoista saatavaa tietoa työtavoista sekä hiontaparametreistä pystytään hyödyntämään parhaiden toimintatapojen löytämisessä. Erilaisten satunnaisten ongelmien ja virheiden syntyminen sekä niiden syyt pystytään tunnistamaan ja niiden korjaaminen helpottuu toiminnasta saatavan tiedon avulla.

### Laatuvaatimukset

Pinnankarheusvaatimusten päivitys yhdessä eri konelinjojen kanssa. Tuotannon henkilöt määrittävät ja päättävät, mitä arvoja kyseisellä koneella käytetään eri telatyypeissä ja positioissa. Valintaa ei pystytä tekemään yksin telahionnan puolesta, sillä telan pinnan vaatimukset riippuvat telan käyttökohteesta. Täsmällisten vaatimusten avulla pystytään telahionnan tuloksia yhdenmukaistamaan.

### Mittaukset ja mittalaitteet

Toteutetaan mittalaitteen antureiden mittapäiden uusinta sekä suunnitellaan antureiden määräaikaiset puhdistukset. Antureiden mittapäiden uusinnan ja mittalaitteen kalibroinnin jälkeen pystytään mahdollisesti käyttämään myös mittalaitteen antamaa halkaisijatietoa. Määräaikaisten puhdistusten avulla pystytään välttämään antureiden mittavirheitä ja niistä syntyviä vahinkoja sekä kustannuksia telahionnassa.

Muutetaan kovuusmittausten toteutusta hionnan loppumittauksissa. Mitataan kovuudet useasta kohtaa ja saadaan siten kovuusjakauma telan pinnasta. Tämän toimintatavan avulla saadaan luotettavampaa tietoa mittapisteiden lisääntyessä. Lisäksi mitataan telapinnan kovuus ennen hiontaa sekä hionnan jälkeen. Siten saadaan vertailun mahdollistavaa historiatietoa kovuudesta. Historiatietoa pystytään käyttämään avuksi pinnoitettujen telojen hionnan onnistumisen varmistuksessa. Tiedon avulla varmistutaan siitä, että käytössä tyypillisesti kovettuva pinta on hiottu pois ja esille saadaan tuore, joustava pinta. Lisätään kovuusmittaukset osaksi jokaista soveltuvan tyyppisen telan hiontaa, jolloin raportoinnin avulla saadaan dokumentoitua ominaisuushistoria ja tarvittaessa hyödyntämään tätä historiatietoa erilaisissa ongelmatilanteissa. Soveltuvia tapauksia ovat joustavilla pinnoitteilla pinnoitetut telat sekä kokillivalurautapintaiset telat. Kokillipintaisen telan tapauksessa kovuuden historiatiedon avulla pystyttäisiin tunnistamaan kovan teräspinnan kovuuden muutokset ajan myötä.

Raportointi

Hionnan raportoinnissa täytyy ottaa huomioon kovuusmittausten lisääntyminen, hionnan aikaiset huomiot sekä käsin tehtävien mittausten raportointi SAP:iin. Otetaan telahiontaan käyttöön uusi hionnan pöytäkirja, johon merkitään käsin tehtävät mittaukset, lisääntyneet uudet mittauskohdat sekä havainnot hionnan kuluessa. Loppumittausten tulosten kirjaaminen SAP:in telatietoihin helpottuu, kun mittausten tulokset kirjataan selkeärakenteiseen lomakkeeseen, josta tiedot on helppo kopioida SAP:iin.

# 9 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen aiheena oli kaksi toisistaan eroavaa laajaa kunnossapidon aluetta ja siksi tutkimuksen tuloksissa keskityttiin alueiden nykytilan kartoitukseen ja suurimpien kehityskohteiden sekä mahdollisuuksien tunnistamiseen. Koska Imatran tehtaiden telahuollosta ja -hionnasta ei ole tällä hetkellä saatavissa suoria laadun tarkkailuun ja kehityksen seurantaan käytettäviä mittareita tai tunnuslukuja, keskityttiin tutkimuksessa laadunhallinnan periaatetason kehitykseen. Parannusehdotuksilla pyrittiin yhdenmukaistamaan ja erityisesti varmistamaan aikaansaatua laatua. Laadunhallinnan työkaluista tarkistuslistan periaatetta käytettiin apuna telahuollon raportoinnin kehityksessä.

Laadunhallinta on tärkeä osa telahuollon ja -hionnan toimintaa, sillä telojen suunnitelman mukaisella käyttöajalla on laajat vaikutukset paperin- ja kartongin tuotannon käyttövarmuuteen sekä kustannustehokkuuteen. Koska telojen kunnossapito on Imatran tehtailla hyvin laaja kokonaisuus, joka sisältää paljon erityyppisiä teloja sekä telayksilöitä, on erilaisten lähtötilanteiden huomioiminen tärkeä osa telojen kunnossapidon laatua. Telahuollossa ei ole tällä hetkellä käytössä järjestelmällistä, tarkastuslistaan pohjautuvaa ja yksityiskohtaista huoltojen raportointia. Telahionnasta saatavat raportit ovat tarkoituksenmukaisia, mutta niiden hyödyntäminen tarvittaessa on haastavaa. Tämän lisäksi hionnan aikana tehtävien päätösten ja huomioiden viestintä eri vuorojen välillä ei toimi tehokkaasti. Näiden haasteiden vuoksi laadunhallintaa päädyttiin kehittämään.

Raporttien käyttäjäystävällisyydellä lisätään henkilöstön motivaatiota ja edellytyksiä suorittaa raportointi kokonaisvaltaisesti ja laadukkaasti. Raportoinnin laatua tuetaan raportin ohjaavalla rakenteella. Raporttien rakenne ja sisältö käytiin haastatteluissa läpi henkilöstön kanssa ja niistä saadun palautteen mukaan, raporttien rakenne ja sisältö tukevat työtehtävien suoritusta. Johdonmukaisella ja suunnitelmallisella toimintatavalla pystytään tukemaan tuotannon käyttövarmuuden nostoa. Koska telojen kunnossapidon laatu on suorassa vaikutuksessa tuotannon käyttövarmuuteen, on suunnitelmallisten ja ennakoivien toimenpiteiden avulla saatavissa parannuksia laitteiston käyttövarmuuteen, mutta myös

kunnossapidon kustannustehokkuuteen. Johdonmukaisuuden puutteesta havaittiin syntyvän erilaisia ongelmia, jotka poistamalla vähennetään kunnossapidosta syntyviä kustannuksia sekä toimenpiteiden läpimenoaikaa.

Raportoinnin laajalla käyttöönotolla lisätään toiminnasta saatavaa tietoa, jota voidaan käyttää hyväksi ennakoivassa toiminnassa. Raporttien sekä pöytäkirjan sisältämien tietojen avulla pystytään jatkossa kehittämään laadunhallintaa edelleen sekä ohjaamaan toimintaa. Dokumentoidun, kootun tiedon avulla poikkemat pystytään tunnistamaan sekä poikkeamiin puuttuminen helpottuu. Koska työsuoritusten aikana tehdyt havainnot ja mittausten tulokset dokumentoidaan, voidaan raportoituja tietoja käyttää myöhemmin laadun varmistuksena sekä erilaisten kehitysprojektien aineistona.

Telahuollon ja -hionnan laatua parannetaan laadukkaan viestinnän avulla. Havainnoitu tai mitattu tieto saadaan kulkemaan henkilöstön välillä tehokkaasti kehitetyn raportoinnin avulla. Toiminnan kannalta tärkeää tietoa pystytään välittämään organisaation sisällä oikeille tahoille.

Pelkästään raporttien laajamittainen käyttöönotto ei tuo haluttua tulosta, vaan vaaditaan raporttien yksityiskohtaista läpikäyntiä henkilöstön kanssa. Raportin sisältöä ja vaatimuksia täytyy kouluttaa ja opastaa, jotta saadaan suunnitelman mukaisia ja haluttuja tuloksia. Myös raportin käyttäjän on tärkeää ymmärtää raportoinnin tarkoitus sekä tavoite. Raportoinnin arvo ja sen hyödyt täytyy käydä läpi kaikkien asiaan osallisten kanssa, jotta saadaan aikaan yhteinen ymmärryksen taso. Siten pystytään varmistumaan raportoidun tiedon yhdenmukaisuudesta koko henkilöstön välillä.

Tutkimuksen tuloksina saatavia havaintoja ja parannusehdotuksia voidaan käyttää yrityksessä apuna tukemaan laatujohtamista alueiden johtamisen näkökulmasta sekä selkeyttää toiminnan mallia työntekijöille. Aihe vaatii kehittämisen jatkamista kokemuksien sekä lisääntyvän tiedon avulla, joita tulee esiin kun raportit ja pöytäkirjat otetaan käyttöön. On paljon asioita ja tarkkoja yksityiskohtia joita ei tämän tutkimuksen aikana pystytty

ottamaan huomioon. Jatkossa täytyy huomioida myös tietojen ja tapojen ajantasaisuus, jotta pysytään kehityksen mukana, eikä tieto vanhene tai tiettyihin tapoihin jumituta. Tällä toiminnalla tuetaan alueiden jatkuvaa parantamista.

Tutkimuksessa ei tutkittu muiden tehtaiden tai ulkopuolisten toimijoiden toimintatapoja tai laadunhallintaa. Näistä tapauksista voitaisiin saadaan ideoita, kokemusta erilaisten toimintatapojen toimivuudesta sekä varmistusta käytettyjen toimintatapojen oikeellisuudesta. Tässä tutkimuksessa suoritettiin alueiden laadunhallinnan sisäinen auditointi, mutta ulkopuolisen auditoinnin avulla voitaisiin löytää uusia havaintoja sekä lisää parannusehdotuksia.

Selvä jatkokehityskohde telahuollon ja -hionnan kannalta on huoltoon tulevien telojen tarkoituksenmukaiset lähtötiedot. Tämä ei kuulu telahuollon ja -hionnan vastuualueelle, mutta vaikuttaa huollon ja hionnan laadukkuuteen merkittävästi. Lähtötietojen antamista pitää parantaa linjakohtaisen kunnossapidon ja tuotannon osalta, jotta telahuollossa pystytään toimimaan tehokkaasti ja ennakoivasti. Esimerkiksi tarkastuslistan tyyppisesti vikojen, huomioiden ja tuotannon ongelmien raportoinnilla työtilaukselle helpotetaan tarvittavien toimenpiteiden suunnittelua sekä toiminnan kohdentamista. Pystyttäisiin siis vastaamaan paremmin palvelulle asetettuihin vaatimuksiin ja tarpeisiin, eli kehittämään toiminnan laatua ja kustannustehokkuutta vielä pidemmälle.

# 10 Yhteenveto

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tutkia Stora Enson Imatran tehtaiden telahuollon ja -hionnan laadunhallinnan nykytilaa ja kehitysmahdollisuuksia sekä muodostaa kahden telatyypin huoltosuunnitelmat sekä telahionnan laadunhallinnan ohjeistus. Näiden kehityksessä käytettiin pohjana aiemmin kehitettyjä huoltoraporttipohjia sekä tietoa kirjallisuudesta, toiminnanohjausjärjestelmästä sekä haastatteluista. Laadunhallinta on tärkeä osa telahuollon ja -hionnan toimintaa, sillä telojen suunnitelman mukaisella käyttöajalla on laajat vaikutukset paperin ja kartongin tuotannon käyttövarmuuteen sekä kustannustehokkuuteen.

Imatran tehtaiden telahuollosta ja -hionnasta ei ole tällä hetkellä saatavissa suoria laadun tarkkailuun ja kehityksen seurantaan käytettäviä mittareita tai tunnuslukuja ja siksi tutkimuksessa keskityttiin laadunhallinnan periaatetason kehitykseen. Parannusehdotuksilla pyrittiin yhdenmukaistamaan ja erityisesti varmistamaan aikaansaatua laatua. Laadunhallinnan työkaluista tarkistuslistan periaatetta käytettiin apuna telahuollon raportoinnin kehityksessä.

Telojen kunnossapito on Imatran tehtailla hyvin laaja kokonaisuus, joka sisältää paljon erityyppisiä teloja sekä telayksilöitä, siten erilaisten lähtötilanteiden huomioiminen on tärkeä osa telojen kunnossapidon laatua. Telahuollossa ei ole saatavissa järjestelmällisesti tietoa huoltoon tulevan telan tilanteesta ja huollon vaatimuksista. Huoltojen suunnittelussa, aikataulutuksessa ja raportoinnissa telojen eroavaisuuksia ja lähtötietoja ei pystytä ottamaan tarpeeksi huomioon, jotta pystyttäisiin ennakoivaan toimintaan. Puutteellisten lähtötietojen vuoksi joudutaan tekemään laajojen tarkastusten avulla vikojen tunnistusta, eli ajoittain hukkaa. Lisäksi hukkaa havaittiin syntyvän tiettyjen työvaiheiden järjestyksestä. Telojen toiminnallisuuden testaamiseen käytettäviä koeajo- tai testauslaitteita ei telahuollossa ole ja sovitteiden mittaamisessa käytettävä mittalaitteisto sekä tietotaito ovat puutteellisia. Telahuollossa ei ole tällä hetkellä käytössä järjestelmällistä, tarkastuslistaan pohjautuvaa ja

yksityiskohtaista huoltojen raportointia. Toiminnan laatu on vaatimusten mukainen, mutta laatua ei raportoida.

Telahionnasta saatavat raportit ovat tarkoituksenmukaisia, mutta niiden hyödyntäminen tarvittaessa on haastavaa, sillä mittaraportit tallentuvat vain hiomakoneen ohjaukselle. Hionnan aikana tehtävien päätösten ja huomioiden viestintä eri vuorojen välillä ei toimi tehokkaasti. Hionnassa käytettävien hiomanauhojen sekä hiontaparametrien valinnan yhdenmukaisuudesta eri työvuorojen välillä ei ole varmuutta. Hionnassa käytettävien pinnankarheusarvojen vaatimukset ja tavoitteet havaittiin epämääräisiksi. Hionnan mittalaitteessa tunnistettiin tarve määräaikaiselle kunnossapidolle. Telahionnassa koetaan tarvetta koulutukselle hiomakoneen ohjauksen ominaisuuksiin sekä uusien, muuttuvien telapinnoitteiden hiontaohjeisiin ja uusien hiomanauhojen käyttöön. Telahionnassa pystytään tuottamaan vaatimusten mukaista laatua ja syntyvät laadulliset ongelmat on havaittu satunnaisiksi.

Havaintojen perusteella muodostettiin tunnistetuista kehitysmahdollisuuksista parannusehdotuksia toiminnan raportoinnin, viestinnän sekä toimintatapojen parantamiseksi. Huoltoraportteja kehitettiin käyttäjäystävällisiksi sekä niiden sisältöä ja rakennetta muokattiin eri huoltojen lähtötilanteisiin sopiviksi sekä tukemaan töiden suunnittelua. Raporttien rakenne ja sisältö käytiin haastatteluissa läpi henkilöstön kanssa ja niistä saadun palautteen mukaan, raporttien rakenne ja sisältö tukevat työtehtävien suoritusta. Käyttäjäystävällisyydellä lisätään henkilöstön motivaatiota ja edellytyksiä suorittaa raportointi kokonaisvaltaisesti ja laadukkaasti. Tarkastuksien sisältöä kohdennettiin ja tarkastuksista tehtävien huomioiden kirjausta sekä seurantaa lisättiin. Ennakointia lisättiin asettamalla imutelojen huoltosuunnitelmaan laakeroinnin tarkastusväliksi joka toinen huolto sekä lisäämällä uritettujen uivien taipumakompensoitujen telojen tarkastuksiin urien syvyyden mittaus ja seuranta pinnoitustarpeiden tunnistamiseksi. Raportoinnin laajalla käyttöönotolla lisätään toiminnasta saatavaa tietoa, jota hyödynnetään ennakoivassa toiminnassa. Suunnitelmallisuuden ja ennakoinnin avulla parannetaan kunnossapidon kustannustehokkuutta. Johdonmukaisuuden puutteesta syntyvät ongelmat

poistamalla vähennetään kunnossapidosta syntyviä kustannuksia sekä toimenpiteiden läpimenoaikaa.

Telahuollon ja -hionnan laatua parannetaan tarkoituksenmukaisen viestinnän avulla. Hionnassa ehdotettiin käytettäväksi pöytäkirjaa, johon kirjataan havainnot hionnasta sekä käsin tehtävät mittaukset. Pöytäkirjalla parannetaan työvuorojen välistä viestintää ja hiontatuloksen tasalaatuisuutta. Telojen kovuusmittauksiin ehdotettiin parannusta mittaustavan muutoksella. Kovuusprofiilin sekä ennen ja jälkeen hionnan tehtävien mittausten avulla saadaan luotettavampaa tietoa mittapisteiden lisääntyessä sekä vertailun mahdollistavaa historiatietoa kovuudesta. Pinnankarheuden epämääräisiin vaatimuksiin ehdotettiin päivitystä yhteistyössä tuotannon kanssa, jotta pystytään yhdenmukaistamaan telahionnan tuloksia. Lisäksi ehdotettiin hionnan mittalaitteen huoltotoimenpiteitä ja niiden määräaikaistamisen suunnittelua, jotta pystytään mahdollisesti hyödyntämään mittalaitteen antamaa halkaisijatietoa sekä välttämään antureiden mittavirheitä ja niistä syntyviä vahinkoja.

Jatkokehityskohde on telojen tarkoituksenmukaiset huollon lähtötiedot, jotta telahuollossa ja -hionnassa pystytään toimimaan tehokkaasti ja ennakoivasti, kehittäen toiminnan laatua ja kustannustehokkuutta vielä pidemmälle. Tämän tutkimuksen tuloksia voidaan käyttää yrityksessä apuna tukemaan laatujohtamista sekä selkeyttämään toiminnan mallia työntekijöille. Aihe vaatii kehittämisen jatkamista kokemuksien sekä käytön myötä lisääntyvän tiedon avulla. Jatkossa täytyy huomioida myös tietojen ja tapojen ajantasaisuus, jotta pysytään kehityksen mukana ja tuetaan alueiden jatkuvaa parantamista.

# Lähteet

Andersson, P. & Tikka, H. 1997. Mittaus- ja laatutekniikat. 1. painos. Porvoo: WSOY. 323 s.

Andritz. 2020. Smart Technology Dynamic 3D Nip Analytics. [verkkoaineisto]. Päivitetty 1.8.2020. [viitattu 15.11.2022]. Saatavissa: https://www.andritz.com/resource/blob/343222/09e2f1af2b5215a1ed2450dece0f30cc/smart-technology-brochure-download-pulp-and-paper-data.pdf

Arponen, M. 2022. Telahioja, Stora Enso Imatran tehtaat. Diplomityöhaastattelu 18.10.2022. Haastattelija Janne Häyhä. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Beckford, J. 2002. Quality. 2. painos. London: Routledge. 328 s.

Ebeling, K. 1983. Märän rainan irrotus ja siirto. Teoksessa: Arjas, A. Paperin Valmistus. Suomen Paperi-insinööriyhdistyksen oppi- ja käsikirja III osa 1. Toinen täysin uudistettu painos. Turku: Suomen Paperi-insinöörien yhdistys. s. 607-622.

Garvin, D. 1984. Product quality: An important strategic weapon. Business horizons. Vol. 27 (3). s. 40–43.

Gulati, R. 2021. Maintenance and reliability best practices. 3. painos. New York: Industrial Press. 416 s. ISBN 978-0-8311-3434-1.

Hasegawa. 2014. Suction roll. [verkkoaineisto]. [viitattu 27.9.2022]. Saatavissa: https://www.hasegawa-ml.co.jp/product-suction_e.html

Heidenhain. 2021. Length Gauges. [verkkoaineisto]. [viitattu 20.10.2022]. Saatavissa: https://www.heidenhain.com/fileadmin/pdf/en/01_Products/Prospekte/PR_Length_Gauges_ID208945_en.pdf

Häggblom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2000. Paperin ja kartongin valmistus. Kemiallinen metsäteollisuus II. 1. painos. Helsinki: Hakapaino. 280 s.

Häkli, P. & Pesonen, J. 2022. Telahuollon kunnossapitoasentajat, Stora Enso Imatran tehtaat. 2.11.2022. Haastattelija Janne Häyhä. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Julkunen, T. 1983. Telojen taipuma ja sen kompensointi. Teoksessa: Arjas, A. Paperin Valmistus. Suomen Paperi-insinööriyhdistyksen oppi- ja käsikirja III osa 2. Toinen täysin uudistettu painos. Turku: Suomen Paperi-insinöörien yhdistys. s. 1117-1140.

Kankaanpää, M. & Verho, A. 1983. Rainan märkäpuristus. Teoksessa: Arjas, A. Paperin Valmistus. Suomen Paperi-insinööriyhdistyksen oppi- ja käsikirja III osa 1. Toinen täysin uudistettu painos. Turku: Suomen Paperi-insinöörien yhdistys. s. 623-640.

Kervinen, E. 2022. Telahioja, Stora Enso Imatran tehtaat. Diplomityöhaastattelu 20.10.2022. Haastattelija Janne Häyhä. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Kianpour, K., Jusoh, A. & Asghari, M. 2014. Environmentally friendly as a new dimension of product quality. The International journal of quality & reliability management. Vol. 31 (5). s. 547–565.

Konttinen, U. 1983. Imu- ja muodostustelat. Teoksessa: Arjas, A. Paperin Valmistus. Suomen Paperi-insinööriyhdistyksen oppi- ja käsikirja III osa 2. Toinen täysin uudistettu painos. Turku: Suomen Paperi-insinöörien yhdistys. s. 1071-1084.

Korhonen, T., Päivinen, E. & Tapaninen, J. 2022. Telahuollon kunnossapitoasentajat, Stora Enso Imatran tehtaat. 1.11.2022. Haastattelija Janne Häyhä. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

KnowPap. 2022. [verkkoaineisto]. Päivitetty 31.12.2021. [viitattu 5.5.2022]. Saatavissa: KnowPap.

Lehtonen, J.-M. 2004. Tuotantotalous. Helsinki: WSOY. 292 s.

Metso Paper. 2001. Taipumakompensoitujen telojen huolto-ohje. 35 s.

Microteam. 2018. Telahiomakoneen Mittaus- ja CNC-ohjausjärjestelmä. Käyttöohje. GM1803, Versio 1.9. 76 s.

Mizuno, S. 1993. Yrityksen laadunohjaus = Company-wide total quality control. Helsinki: Rastor. 147 s.

Mäkinen, T. & Julkunen, T. 1983. Telojen hiominen. Teoksessa: Arjas, A. Paperin Valmistus. Suomen Paperi-insinööriyhdistyksen oppi- ja käsikirja III osa 2. Toinen täysin uudistettu painos. Turku: Suomen Paperi-insinöörien yhdistys. s. 1167-1196.

Paajanen, J. 2022. Kunnossapitopäällikkö, Stora Enso Imatran tehtaat. Diplomityöhaastattelu 2.11.2022. Haastattelija Janne Häyhä. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Pekkola, T. 2022. Telakunnossapidon kunnossapitoinsinööri, Stora Enso Imatran tehtaat. Diplomityöhaastattelu 19.10.2022. Haastattelija Janne Häyhä. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

PSK 6201. 2022. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 4. painos. 44 s.

PSK 7501. 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2. painos. 32 s.

Pulkkinen, A. 2022. Telahioja, Stora Enso Imatran tehtaat. Diplomityöhaastattelu 25.10.2022. Haastattelija Janne Häyhä. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Räisänen, J. 2022. Telahioja, Stora Enso Imatran tehtaat. Diplomityöhaastattelu 24.10.2022. Haastattelija Janne Häyhä. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Sebastianelli, R. & Tamimi, N. 2002. How product quality dimensions relate to defining quality. The International journal of quality & reliability management. Vol. 19 (4). s. 442–453.

SFS-EN ISO 9000. 2015. Laadunhallintajärjestelmät. Perusteet ja sanasto. 3. painos. 116 s.

SFS-EN ISO 9001. 2015. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. 5. painos. 77 s.

SFS-EN 13306. 2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. 3. painos. 68 s.

Smook, G. 2016. Handbook for Pulp & Paper Technologists. 4. painos. TAPPI. 438 s.

Stora Enso Oyj. 2021a. Johtoasemaan innovaatioilla ja kestävällä kehityksellä -esitysaineisto. [Stora Enson intranetissä]. Päivitetty 16.3.2021. [viitattu 19.4.2022]. Saatavissa: Intranet, yrityksen sisäisessä käytössä.

Stora Enso Oyj. 2021b. Imatran tehtaiden käyttäjäkunnossapidon käsikirja. [Stora Enson intranetissä]. [viitattu 2.5.2022]. Saatavissa: Intranet, yrityksen sisäisessä käytössä.

Stora Enso Oyj. 2022a. Imatran tehtaat -esitysaineisto. [Stora Enson intranetissä]. [viitattu 19.4.2022]. Saatavissa: Intranet, yrityksen sisäisessä käytössä.

Stora Enso Oyj. 2022b. Packaging Materials Operations strategy -esitysaineisto. [Stora Enson intranetissä]. [viitattu 3.5.2022]. Saatavissa: Intranet, yrityksen sisäisessä käytössä.

Stora Enso Oyj. 2022c. Kunnossapito -esitysaineisto. [Stora Enson intranetissä]. [viitattu 19.5.2022]. Saatavissa: Intranet, yrityksen sisäisessä käytössä.

Tecno Plants. 2021. Servicing of floating rolls – multi-zone crown controlled rolls. [verkkoaineisto]. [viitattu 9.11.2022]. Saatavissa: https://www.tecnoplants.com/en/products/servicing-of-floating-rolls---multi-zone-crown-controlled-rolls

Tiainen, T. & Viitala, R. 2020. Effect of positional errors on the accuracy of multi-probe roundness measurement methods. Mechanical Systems and Signal Processing. Vol. 144. 15 s. ISSN: 0888-3270

Valmet. 2010a. Roll Modernizations: Suction Rolls. [verkkoaineisto]. Päivitetty 21.5.2010. [viitattu 20.9.2022]. Saatavissa: https://www.valmet.com/globalassets/media/downloads/white-papers/roll-services/wpr_rollmodsuction.pdf

Valmet. 2010b. Roll Modernizations: Deflection Compensated Rolls. [verkkoaineisto]. Päivitetty 21.5.2010. [viitattu 8.11.2022]. Saatavissa: https://www.valmet.com/globalassets/media/downloads/white-papers/roll-services/wpr_rollmoddeflcomp.pdf

Valmet. 2018. Imutela: Käyttö- ja huolto-ohjeet. 67 s.

Valmet. 2020. Valmet Seal Strip Flex. [verkkoaineisto]. Päivitetty 1.4.2020. [viitattu 15.11.2022]. Saatavissa: https://valmet.my.salesforce-sites.com/solutionfinderweb/sfc/servlet.shepherd/version/download/0684H00000DRr6kQAD

Valmet. 2022a. Valmet Suction Roll Upgrades boost production line performance. [verkkoaineisto]. [viitattu 27.9.2022]. Saatavissa: https://www.valmet.com/media/articles/up-and-running/new-technology/FPSuctRollUpgrades/

Valmet. 2022b. Roll types for board and paper machine. [verkkoaineisto]. [viitattu 8.11.2022]. Saatavissa: https://www.valmet.com/board-and-paper/services-for-board-and-paper/workshop-and-roll-services/rolls/roll-types/?page=1

Valmet. 2022c. Valmet Suction Roll Upgrade Lock Seal. [verkkoaineisto]. Päivitetty 1.3.2022 [viitattu 15.11.2022]. Saatavissa: https://valmet.my.salesforce-sites.com/solutionfinderweb/FilePreview?id=06958000000bPAXAA2

Valmet. 2022d. iRoll - intelligent roll solutions for board and paper making. [verkkoaineisto]. [viitattu 15.11.2022]. Saatavissa: https://www.valmet.com/board-and-paper/services-for-board-and-paper/workshop-and-roll-services/iroll-technology/?page=1

# Liite I. Teemahaastattelupohjat

Toimihenkilöt:

1. Mitä telahuolto sisältää? Minkälainen näkökulma kunnossapitoon? (Yhteistyö tuotannon henkilöstön kanssa kehitystyössä ja jatkuvassa parantamisessa)
2. Mitä toimenpiteitä telahuollossa tehdään? Mitä huollon mittaukset sisältää?
3. Mitä telahionta sisältää? Telahiomon työkuorma? Vaativimmat hiottavat? Eniten hiottavat?
4. Telahionnan vaatimukset, eli mistä raja-arvot ja toleranssit tulevat? Tehdäänko jossain tapauksissa ylilaatua?
5. Hionnan raja-arvot ja toleranssit?
6. Hiontaprosessi alusta loppuun?
7. Hionnan mittaukset? Mittalaitteisto?
8. Hionnan raportointi?

9. Yleisesti imu- ja tk-teloista sekä Imatran tehtaiden teloista?
10. Valmistaja ja telakohtaisia eroavaisuuksia?
11. Viiran imutelan olosuhteet ja ympäristön vaikutukset huollon kannalta?
12. Imutelojen huoltovälit, huoltosuunnitelmat ja huoltojen sisältö?
13. Eri tk-telatyyppien määrät Imatran tehtailla?
14. Uivien tk-telojen käyttökohteet?
15. Uivien tk-telojen huoltovälit, huoltosuunnitelmat ja huoltojen sisältö?

16. Mitä laatu tarkoittaa telahuollossa?
17. Käytössä olevat menetelmät telahuollon ja telahionnan laadunhallinnassa?
18. Kehityksen kohteita laadunhallinnassa telakunnossapidossa? Meneillään, tulossa, tahtotila?

19. Tämän hetkiset ongelmat ja vaikeudet? Asiaan liittyvät ehdotukset ja neuvot?

20. Pystytäänkö huollossa vastaamaan asiakaan vaatimuksiin tällä hetkellä? Mikä on vaatimusten kehityssuunta? Pystytäänkö näihin vastaamaan nykyisellä toimintamallilla? (asiakaskeskeisyys)
21. Onko tällä hetkellä toiminnalle asetettu tarkoitus, osoitettu suunta ja luodut olosuhteet sellaiset, jossa vaatimukset voidaan saavuttaa? Tieto, työkalut, esihenkilötyö? Löytyykö epäkohtia tai ongelmia? (johtajuus)
22. Koetko, että telahuollossa onnistutaan? Mihin et ole tyytyväinen toiminnassa? Miksi? Onko opittavia asioita, kehitettäviä taitoja tai tarvittavaa kokemusta, joihin mielestäsi pitäisi kiinnittää huomiota? Henkilökohtaisesti tai työryhmän tasolla? Toimiiko työryhmän yhteistyö, viestintä, kokemuksien ja tiedon jakaminen? (ihmisten täydellinen osallistuminen)
23. Onko toiminta johdonmukaista? Koetko, että aikaan saadut tulokset ovat yhdenmukaisia ja ennustettavissa? Löytyykö toiminnasta esteitä tai ongelmakohtia, jotka hidastavat tai vaikeuttavat työskentelyä? Koetko toiminnan tehokkaaksi? Miksi? Keskitytäänkö toiminnassa oleelliseen? (prosessimainen toimintamalli)

24. Koetko, että toiminta kehittyy? Missä asioissa voitaisiin kehittyä? Vähäiset parannettavat asiat sekä suuri mittakaava? Mitataanko kehitystä? Miten kehittymisen mittausta voisi suorittaa? Koetko, että parantaminen tunnistetaan? (parantaminen)
25. Pystytäänkö toimintaan liittyvät päätökset perustelemaan? Miten käytännön tekemisessä tehtävät valinnat ja toimenpiteet perustellaan? Mitä asioita tehdään ilman selviä perusteita? (näyttöön perustuva päätöksenteko)
26. Toimiiko asiakkaan ja telahuollon sekä telahionnan välinen viestintä? Tarpeet, muutokset ja ongelmat? Entä linjakohtaisen kunnossapidon kanssa? (suhteiden hallinta)

Kunnossapitoasentajat:

1. Yleisesti, mitä telahuollossa tehdään?
2. Telahuollon työkuorma? Mitä teloja huolletaan eniten itse?
3. Mistä huoltojen vaatimukset ja tavoitteet tulevat? Onko kohteita, joissa ylitetään vaatimukset?
4. Mitä laatu tarkoittaa sinusta telahuollossa?
5. Mitä ovat tavallisimmat laadulliset ongelmat huolloissa? Mistä valitetaan, missä ei päästä tavoitteisiin ja mitkä asiat koetaan vaikeimmaksi toteuttaa?
6. Mitkä telat tuottavat eniten ongelmia? Mitkä telat ovat tarkimpia vaatimuksiltaan?
7. Mitä pitäisi muuttaa, että pystyttäisiin tekemään parempaa laatua ja tehokkaammin nykylaatua?

8. Imutelojen huollon toimenpiteet ja työvaiheet?
9. Mitä pitää tehdä eri valmistajan, rakennetyypin tai ominaisuuksien mukaan eri tavalla?
10. Vaikuttaako imutelan positio prosessissa huoltoihin ja niiden sisältöön? Olosuhteet, erilainen rakenne?
11. Mihin imutelojen huolloissa pitää erityisesti kiinnittää huomiota? Tärkeimmät huomioitavat asiat?
12. Mitkä asiat ja toimenpiteet ovat vaikeimpia toteuttaa?

13. Uivien taipumakompensoitujen telojen huollon toimenpiteet ja työvaiheet?
14. Mitä pitää tehdä eri valmistajan, rakennetyypin tai ominaisuuksien mukaan eri tavalla?
15. Vaikuttaako uivan tk-telan positio prosessissa huoltoihin ja niiden sisältöön? Olosuhteet, erilainen rakenne?
16. Mihin uivien tk-telojen huolloissa pitää erityisesti kiinnittää huomiota? Tärkeimmät huomioitavat asiat?
17. Mitkä asiat ja toimenpiteet ovat vaikeimpia toteuttaa?

18. Mitä huolloissa mitataan? Mittalaitteisto?
19. Mitä huolloissa raportoidaan? Miten ja mihin?
20. Aiempien raporttien käyttökokemukset? Miksi raportteja ei käytetä?
21. Liitteenä raporttipohja, jossa tarkastuslistan tavoin käydään työn kulku läpi ja raportoidaan tärkeät työvaiheet, mittaukset ja tarkastukset.
22. Mitä raportti ja tarkastuslista pitäisi sisältää? Parannusehdotuksia ja ideoita.
23. Minkälainen raportin rakenne pitäisi olla, että sen käyttö olisi helppoa?

24. Pystytäänkö huollossa vastaamaan asiakaan vaatimuksiin tällä hetkellä? Mikä on vaatimusten kehityssuunta? Pystytäänkö näihin vastaamaan nykyisellä toimintamallilla? (asiakaskeskeisyys)
25. Onko tällä hetkellä toiminnalle asetettu tarkoitus, osoitettu suunta ja luodut olosuhteet sellaiset, jossa vaatimukset voidaan saavuttaa? Tieto, työkalut, esihenkilötyö? Löytyykö epäkohtia tai ongelmia? (johtajuus)
26. Koetko, että telahuollossa onnistutaan? Mihin et ole tyytyväinen toiminnassa? Miksi? Onko opittavia asioita, kehitettäviä taitoja tai tarvittavaa kokemusta, joihin mielestäsi pitäisi kiinnittää huomiota? Henkilökohtaisesti tai työryhmän tasolla? Toimiiko työryhmän

yhteistyö, viestintä, kokemuksien ja tiedon jakaminen? (ihmisten täydellinen osallistuminen)

27. Onko toiminta johdonmukaista? Koetko, että aikaan saadut tulokset ovat yhdenmukaisia ja ennustettavissa? Löytyykö toiminnasta esteitä tai ongelmakohtia, jotka hidastavat tai vaikeuttavat työskentelyä? Koetko toiminnan tehokkaaksi? Miksi? Keskitytäänkö toiminnassa oleelliseen? (prosessimainen toimintamalli)
28. Koetko, että telahuollon toiminta kehittyy? Missä asioissa voitaisiin kehittyä? Vähäiset parannettavat asiat sekä suuri mittakaava? Mitataanko kehitystä? Miten kehittymisen mittausta voisi suorittaa? Koetko, että parantaminen tunnistetaan? (parantaminen)
29. Pystytäänkö huoltoihin liittyvät päätökset perustelemaan? Miten käytännön tekemisessä tehtävät valinnat ja toimenpiteet perustellaan? Mitä asioita tehdään ilman selviä perusteita? (näyttöön perustuva päätöksenteko)
30. Toimiiko asiakkaan ja telahuollon välinen viestintä? Tarpeet, muutokset ja ongelmat? Entä linjakohtaisen kunnossapidon kanssa? (suhteiden hallinta)

Telahiojat:

1. Mitä telahionta sisältää? Telahiomon työkuorma? Vaativimmat hiottavat? Eniten hiottavat?
2. Telahionnan vaatimukset, eli mistä raja-arvot ja toleranssit tulevat? Tehdäänko jossain tapauksissa ylilaatua?
3. Hionnan raja-arvot ja toleranssit?
4. Hiontaprosessi alusta loppuun?
5. Hionnan mittaukset? Mittalaitteisto?
6. Hionnan raportointi?
7. Mitä laatu tarkoittaa sinusta telahionnassa?

8. Mitä teloja hiotaan laakerien ulkorenkaiden varassa?
9. Mitä ovat tavallisimmat laadulliset ongelmat hionnassa? Mistä valitetaan, missä ei päästä tavoitteisiin ja mitä asioita koetaan vaikeimmaksi toteuttaa?
10. Mitkä telat tuovat eniten ongelmia? Mitkä telat ovat tarkimpia vaatimuksiltaan?
11. Mitä pitäisi muuttaa, että pystyttäisiin tekemään parempaa laatua ja tehokkaammin nykylaatua?

12. Aiempien raporttien käyttökokemukset? Miksi raportteja ei käytetä?
13. Mitä tarkastuslistan pitäisi sisältää? Parannusehdotuksia ja ideoita.
14. Minkälainen raportin rakenne pitäisi olla, että sen käyttö olisi helppoa?

15. Pystytäänkö hionnassa vastaamaan asiakaan vaatimuksiin tällä hetkellä? Mikä on vaatimusten kehityssuunta? Pystytäänkö näihin vastaamaan nykyisellä toimintamallilla? (asiakaskeskeisyys)
16. Onko tällä hetkellä toiminnalle asetettu tarkoitus, osoitettu suunta ja luodut olosuhteet sellaiset, jossa vaatimukset voidaan saavuttaa? Löytyykö epäkohtia tai ongelmia? (johtajuus)
17. Koetko, että telahionnassa onnistutaan? Mihin et ole tyytyväinen hionnan toiminnassa? Miksi? Onko opittavia asioita, kehitettäviä taitoja tai tarvittavaa kokemusta, joihin mielestäsi pitäisi kiinnittää huomiota? Henkilökohtaisesti tai työryhmän tasolla? Toimiiko työryhmän yhteistyö, viestintä, kokemuksien ja tiedon jakaminen? (ihmisten täydellinen osallistuminen)
18. Onko hiomon toiminta johdonmukaista? Koetko, että aikaan saadut tulokset ovat yhdenmukaisia ja ennustettavissa? Löytyykö toiminnasta esteitä tai ongelmakohtia, jotka hidastavat tai vaikeuttavat työskentelyä? Koetko toiminnan tehokkaaksi? Miksi? Keskitytäänkö toiminnassa oleelliseen? (prosessimainen toimintamalli)
19. Koetko, että hiomon toiminta kehittyy? Missä asioissa voitaisiin kehittyä? Vähäiset parannettavat asiat sekä suuri mittakaava? Mitataanko kehitystä? Miten kehittymisen mittausta voisi suorittaa? Koetko, että parantaminen tunnistetaan? (parantaminen)
20. Pystytäänkö hiontaan liittyvät päätökset perustelemaan? Miten hionnan käytännön valinnat ja toimenpiteet perustellaan? Mitä asioita tehdään ilman selviä perusteita? (näyttöön perustuva päätöksenteko)
21. Toimiiko asiakkaan ja hiomon välinen viestintä? Tarpeet, muutokset ja ongelmat? Entä linjakohtaisen kunnossapidon kanssa? (suhteiden hallinta)