

# DIPLOMITYÖ

**Julkinen versio.** Työstä on myös salainen versio.

Ville-Veikko Pätäri 2010



## TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
Teknillinen tiedekunta  
Puutekniikan laboratorio  
Mekaaninen puunjalostustalous

Ville-Veikko Pätäri

### **Kunnossapitomittariston määrittäminen ja kunnossapidon kehittäminen**

Diplomityö

2010

69 sivua, 15 kuvaa, 14 taulukkoa ja 9 liitettä

Tarkastajat: Professori Timo Kärki ja Professori Jero Ahola

Hakusanat: Kunnossapito, mittaristo, tunnusluvut, suorituskyky, tehokkuus

Keywords: Maintenance, indicators, key figures, performance, effectiveness

Diplomityössä pyritään määrittämään Kaukaan sahan kunnossapidon vallitsevaan tilanteeseen sopiva mittaristo. Tavoitteena on kunnossapitoprosessien tehostaminen sekä sahan kokonais-tehokkuuden nostaminen.

Diplomityön kirjallisessa osassa tutkimusongelmaa käsitellään kunnossapidon sekä mittaristojen ja tunnuslukujen näkökulmasta. Teoriaosa on rakennettu tukemaan työn tutkimusosaa.

Tutkimuksen empiirisessä osassa tehdään nykytila-analyysi Kaukaan sahan kunnossapidosta. Nykytila-analyysi koostuu kyselytutkimuksesta, mitattavista tunnusluvuista sekä top-analyysistä. Kyselytutkimus tehtiin lisäksi kaikilla UPM-Kymmene Oyj:n sahoilla. Kyselytutkimuksen pohjalta tehdään benchmarking-analyysia Kaukaan sahan ja suomen teollisuuden sekä UPM:n sahojen välillä. Lopuksi eroanalyysillä analysoidaan kyselytutkimuksessa syntyneitä eroa Kaukaan sahan ja UPM:n saha-teollisuuden parhaan kunnossapidon välillä.

Tutkimustulokset paljastivat useita kehityskohteita. Työssä annetaan suositus kyseisten kehityskohteiden mittaamisesta. Mittareiden ohella annetaan suosituksia uusista toimintamalleista.

## ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology  
Mechanical Engineering  
Mechanical Wood Processing

Ville-Veikko Pätäri

### **Defining performance indicators for maintenance and development of maintenance**

Master's Thesis

2010

69 pages, 15 figures, 14 tables and 9 appendices

Supervisors: Professor Timo Kärki ja Professor Jero Ahola

Keywords: Maintenance, indicators, key figures, performance, effectiveness

The aim of the thesis is to define maintenance indicators for the present situation in Kaukas sawmill. The objective is to make maintenance processes more effective and to improve sawmills overall effectiveness.

The literature study approaches research problem from maintenance and indicators & key figures perspective. Theory part is built to support thesis's empirical part.

In the empirical part of the study is carried out a present state analysis in maintenance of Kaukas sawmill. Present state analysis consist of questioning study, key figure measurements and top-analysis. In addition questioning study was made in rest of the sawmills of UPM-Kymmene Oyj. From the basis of the questioning study, there will be made benchmarking between Kaukas sawmill and Finland's industry as well as between Kaukas sawmill and UPM sawmills. In conclusion there will be made gap analysis between Kaukas sawmills maintenance and best practice results that were observed.

Research results exposed several development targets. There will be given recommendation to start measuring development targets in question. In addition, there will be given recommendations of new operations models.

## ALKUSANAT:

Tämä diplomityö tehtiin UPM-Kymmene konserniin kuuluvan Kaukaan sahan kunnossapitoon vuosien 2009 – 2010 aikana. Minulla oli kiitollinen tehtävä toteuttaa tutkimus ajankohtaisesta aiheesta, jonka tuloksista ollaan kiinnostuneita myös muilla UPM:n sahoilla. Työn aihe oli minulle työtä aloittaessa suhteellisen vieras, mutta tutkimustyön aikana opin ymmärtämään kunnossapitoprosesseja ja niiden kehittämistarpeita. Tutkimuksen aikana saatua tietoa ja taitoa pystyn varmasti hyödyntämään tulevaisuudessa työurallani.

Haluan kiittää koko Kaukaan sahan organisaation henkilöstöä, jotka olivat osallisena diplomityössäni. Lisäksi haluan kiittää UPM:n muiden sahojen kunnossapitojen henkilöstöä osallistumisesta tutkimukseen. Erityiskiitokseni osoitan työn ohjaajille Juha Vesaselle ja Ensio Ruotsalaiselle, jotka ohjastivat minua aina tarpeen tullen. Esitän myös kiitokset Kaukaan sahan kunnossapitopäällikölle Kalle Savolaiselle erittäin mielenkiintoisesta aiheesta.

UPM-Kymmene organisaation ja koulun ulkopuolelta haluan osoittaa erityiskiitokseni tekniikan tohtori Jorma Järviölle, joka opasti minut kunnossapitotutkimuksen maailmaan. Ilman Järviön ohjausta ja opastusta työstä ei olisi tullut sellainen kuin se on nyt.

Kotijoukkojen tuki koulutaipaleella ja etenkin diplomityön aikana oli tärkeää. Siksi haluan kiittää erityisesti Tainaa ymmärtäväisyydestä ja tuesta niin työn osalta, kuin koko kouluprojektin ajalta.

Lappeenranta, heinäkuussa 2010

Ville-Veikko Pätäri

## SISÄLLYSLUETTELO:

1 JOHDANTO.....	1
1.1 Taustaa.....	2
1.2 Tavoitteet.....	3
1.3 Työn rajaus.....	4
1.4 Tutkimusongelmat.....	5
1.5 Työn rakenne.....	6
2 KUNNOSSAPITO.....	9
2.1 Kunnossapitolajit.....	10
2.2 Tehokas kunnossapito ja kunnossapitostrategiat.....	14
2.2.1 TPM viitekehys (kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito).....	16
2.2.2 RCM viitekehys (luotettavuuskeskeinen kunnossapito).....	17
2.2.3 Asset Management (tuotanto-omaisuuden hallinta).....	18
2.3 Kunnossapidon tietojärjestelmät.....	23
2.4 Kunnossapidon haasteet.....	25
3 MITTARISTOT JA TUNNUSLUVUT.....	28
3.1 Mittaamisen perusteita.....	28
3.3 Tuotannon kokonaistehokkuus (KNL, engl. OEE).....	32
3.4 Kunnossapitomittariston suunnittelu.....	35
4 NYKYTILA-ANALYYSI KAUKAAN SAHALLA.....	37
4.1 Kaukaan saha.....	37
4.1.1 Kaukaan sahan nykyiset mittarit.....	39
4.2 Kyselytutkimus Kaukaan sahan kunnossapitohenkilöstölle.....	40
4.2.1 Kyselyn tulokset – Kaukaan saha.....	40
4.3 Nykytilan mittaus.....	41
4.3.1 Prosessimittarit.....	42
4.3.2 Suorituskykyymittarit.....	42
4.4 Top-analyysi.....	49
4.4.1 Top-analyysi sahalaitoksen päälinjalla.....	50
4.4.2 Top-analyysi sahalaitoksen pientukkilinjalla.....	54
5 BENCHMARKING.....	61
5.1 Kaukaan saha vs. Suomen teollisuus.....	62
5.2 Kaukaan saha vs. Sahateollisuus.....	63
6 EROANALYYSI.....	65
6.1 Kyselytutkimuksen eroanalyysi.....	66
7 MITTAREIDEN VALINTA.....	67
7.1 Valitut mittarit.....	67
7.2 Mittaristo kokonaisuutena.....	67
8 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET.....	68
9 YHTEENVETO.....	69

LÄHDELUETTELO  
LIITTEET

## LYHENTEET

BSC	Tuloskortti, (Balanced Scorecard)
CMMS	Kunnossapidon tietojärjestelmä (Computerized Maintenance Management System)
EAM-järjestelmä	Kunnossapidon tietojärjestelmä (Enterprise Asset Management System)
EH	Ennakkohuolto
FMEA	Failure Mode Effect Analysis, kts. VVA
KM	Kunnossapidon keinomuuttujat
KNL	Kokonaistehokkuus (engl. OEE)
ODR	Käyttäjävetoinen käyttövarmuus (Operator Driven Reliability)
OEE	Kts. kohta KNL
OPM	Käyttöhenkilöstön suorittama kunnossapito (Operator-performed maintenance)
JOT	Juuri Oikeaan Tarpeeseen (engl. JIT)
KKKLL	Käytettävyys, Kunnossapidettävyys, Kehittyminen, Luotettavuus, Laatu
LCC	Elinkaarikustannus, (Life-Cycle Cost)
LCM	Elinjaksojohtaminen, (Life-Cycle Management)
MDT	Keskimääräinen seisokkiaika (Maintenance Down Time)
MTBF	Keskimääräinen vikaväli, (Mean Time Between Failure)
PM	Ennakoiva kunnossapito (Preventive Maintenance) tai Tuottava kunnossapito (Productive Maintenance)
PT-linja	Pientukkilinja
RAM	Luotettavuus, Käytettävyys, Kunnossapidettävyys (Reliability, Availability & Maintainability)
RCM	Luotettavuuskeskeinen kunnossapito, (Reliability Centered Maintenance)
ROI	Pääoman tuottoaste (investoinnissa), (Return On Investment)
RTF	Ajetaan vikaantumiseen asti, (Run-To-Fail)
SAMI	Strategic Asset Management Inc. (konsulttiyritys)
SM	Seurantamuuttujat
SRCM	Kevennetty RCM-prosessi, (Streamlined RCM)
SSM	Kunnossapidon sisäiset selittävät muuttujat
STM	Sisäiset tavoitemuuttujat
TPM	Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito, (Total Productive Maintenance)
USM	Ulkoiset selittävät muuttujat
UTM	Ulkoiset tavoitemuuttujat
VVA	Vika- ja vaikutusanalyysi, kts. FMEA



## 1 JOHDANTO

Kilpailu Suomen sahaeteollisuudessa on tällä hetkellä kovaa ja monella sahalla on metsäteollisuuden murroksen takia jouduttu tekemään uudelleenjärjestelyitä. Vielä kovempaa Suomalaisilla vientisahoilla on taistelu maailmanmarkkinoista ulkomaisten sahojen kanssa, joissa kuljetusmatkat ovat useassa tapauksessa lyhyempiä kuin Suomesta. Lisäksi raaka-aine, työvoima ja energia ovat yleisesti ottaen halvempaa kuin Suomessa. Ulkomaiset yritykset ovat ottaneet ja ottavat edelleen sahaustekniikassa kiinni Suomen huippuosaamista, joka omalta osaltaan vaikuttaa kilpailukykyyn maailman markkinoilla (etenkin Itä-Euroopan maat). Tämän ajan haasteisiin Suomessa kuuluu myös tukkipuun heikko saatavuus kilpailukykyiseen hintaan.

Kovan kilpailun vuoksi sahojen kustannustehokkuus ja toiminnan kokonaistehokkuus nousevat ensisijaiseen asemaan kilpailukykyyn lisäämisessä verrattuna Suomessa sijaitseviin kilpailijoihin sekä etenkin verrattuna ulkomaisiin kilpailijoihin. Paridan ja Kumurin (2006) mukaan kunnossapidon suorituskyky ja tehokkuus näyttelee keskeistä roolia yrityksen menestyksessä. Tämän vuoksi kunnossapidon tehokkuutta tulisi pyrkiä nostamaan. Jotta suorituskykyä pystyttäisiin nostamaan, on myös olennaista pystyä seuramaan kunnossapidon kehitystä. Jotta kehitystä puolestaan voidaan seurata, on kehityskohteiden seuraamiseen rakennettava mittaristo.

Usein ensimmäinen reaktio tai kysymys joka tulee mieleen puhuttaessa suorituskyvyn mittaamisesta, on: Miksi liiketoimintayksikön toimintaa pitää mitata? Vastaus tähän ei ole yksiselitteinen, mutta voidaan sanoa, että ilman mittausta prosessien kehittäminen ja näkemys omasta toiminnasta jää enemmän tai vähemmän arvioiden ja pelkkien mielipiteiden varaan. Ilman minkäänlaista virallista suorituskyvyn mittaamista on myös erittäin vaikeaa suunnitella, kontrolloida ja kehittää kunnossapitoprosesseja (Kobbacy & Murthy 2008). Vanha lausahdus pätee myös kunnossapidon mittaamiseen: *"Mitä ei voida mitata, sitä ei voida myöskään johtaa tehokkaasti"*. Kun ei ole mittareita ja dataa

kunnossapidon toiminnasta, yrityksissä on yritetty johtaa kunnossapitoa mm. vaihtamalla organisaatorakennetta tai raportointijärjestelmää, ylimitoittamalla, alimitoittamalla tai teettämällä töitä ulkopuolisilla. Tästä huolimatta suurimmassa osassa yrityksiä ei ole onnistuttu kunnossapidon tehokkaaseen johtamiseen. (Wireman 2005) Mittarit eivät tietenkään anna kaikkia vastauksia, mutta ne ovat erittäin tärkeitä välineitä prosessien kehittämisessä. (Hannula & Lönnqvist 2002)

## **1.1 Taustaa**

UPM-Kymmene Oyj:n paperi- ja sellutehtaat ovat siirtymässä uuteen tuotannon, kunnossapidon, varastoinnin ja hankinnan toimintaympäristöön (Global ONE). Toimintaympäristön muutos tapahtui myös Kaukaan sellu- ja paperitehtailla marraskuussa 2009 ja näin ollen se aiheuttaa toiminnan muutoksia myös Kaukaan sahalla. Aikaisemmin Kaukaan paperi- ja sellutehtailla sekä sahalla on ollut käytössä yhteinen Impower -kunnossapidon ja materiaalihallinnon tietojärjestelmä, jolloin mm. varasto-otot yhteisistä keskusvarastoista sekä toisten yksiköiden varastoista on käynyt sujuvasti.

Global ONE:n myötä sellu- ja paperitehdas siirtyi käyttämään SAP-tietojärjestelmää, jonka vuoksi myös sahaliiketoiminta-alueella päätettiin yhtenäistää materiaali- ja kunnossapitojärjestelmä. Tavoitteena on tiedon yhdenmukaistaminen ja toiminnan kehittäminen. Toiminnan kehittämiseen sisältyy mm. kunnossapitoprosessien kehittäminen sekä ostotoimintojen keskittäminen konsernin sisällä.

Muutos vaati tietojärjestelmämuutoksia UPM:ssä, jolloin sahaliiketoiminta-alueella päätettiin siirtyä käyttämään Arttu- kunnossapidon ja materiaalihallinnon tietojärjestelmää. Arttu-järjestelmä on ollut käytössä kaikilla muilla UPM:n sahoilla erilaisilla ominaisuuksilla ja eri päivitysversioneilla. Kaukaan sahalle on tavoite luoda yhdenmukaistettu Arttu-järjestelmä, jota muut sahat ja jalostuslaitokset siirtyvät myöhemmin käyttämään vaiheittain.

Tietojärjestelmämuutoksen yhteydessä Kaukaan sahalla halutaan siirtyä ns. kokemusperäisestä kunnossapidon ohjaamisesta systemaattiseen ja tilastolliseen kunnossapidon ohjaamiseen, jolloin johtamisen ja kunnossapitoprosessien kehittämisen taustalle saadaan numeerinen perusta. Myöhemmin kun muut UPM:n sahat päivitetään samaan Arttu-järjestelmään, voidaan mahdollisesti Kaukaan sahalle kehitettyä mittariston rakentamismallia hyödyntää myös muilla sahoilla.

Siitä huolimatta, että mittariston rakentamiskohteena on kunnossapito, ei kunnossapidon ja tuotannon välille pidä tehdä pesäeroa. Päinvastoin tätä rajapintaa pyritään nykypäivänä pienentämään joka on myös edellytys tehokkaalle kunnossapidolle. Molemmat, tuotannon sekä kunnossapidon esimiehet voivat käyttää työssä rakennettua mittaristoa päätöksenteon tukena.

## **1.2 Tavoitteet**

Työn ensimmäinen tavoite on Kaukaan sahan kunnossapidon tehokkuuden nostaminen. Kaukaan sahalla ei aikaisemmin ole tutkittu kunnossapidon toimintaa ja sen tehokkuutta. Ennen mittariston rakentamista on siis tiedettävä kunnossapidon tämän hetken toimintamalli ja sen tehokkuus. Tämän vuoksi ensimmäisenä täytyy tehdä esiselvitys kunnossapidon nykytilanteesta jossa selvitetään Kaukaan sahan kunnossapidon tehokkuus tällä hetkellä. Analyysilla saadaan selville Kaukaan sahan kunnossapidon kriittisimmät alueet joihin parantavia toimenpiteitä tulisi kohdistaa.

Sahan kokonaistehokkuuden nostaminen on työn toinen tavoite. Kun kunnossapidon tehokkuutta saadaan nostettua, tulisi sen näkyä myös sahan kokonaistehokkuudessa sekä taloudellisissa tunnusluvuissa. Kunnossapidon tulee tehdä kaikkensa jotta tuotantolaitoksessa olisi mahdollisimman häiriötön tuotanto. Kokonaistehokkuutta pyritään nostamaan ensimmäisen tavoitteen kautta.

Jotta kahteen ensimmäiseen tavoitteeseen päästäisiin, on siihen annettava työkalut. Kolmantena tavoitteena on antaa tutkimuksen pohjalta suositus mittareista jotka antaisivat pääasiassa Kaukaan sahan kunnossapidolle, mutta myös tuotannon johdolle luotettavaa ja ajan tasalla olevia tunnuslukuja jonka pohjalta voidaan ohjata kunnossapidon toimintaa ja tehdä siitä sitä kautta kustannustehokkaampaa.

### **1.3 Työn raja**

Työn tarkoituksena on antaa ehdotus Kaukaan sahan kunnossapidon toimintaa tehostavista mittareista ja toimintamalleista. Mittariston implementointi ja tekninen toteutus on rajattu työn ulkopuolelle. Mittareiden implementointiin liittyy vahvasti myös johtaminen, joka on implementoinnin ohella myös rajattu työn ulkopuolelle.

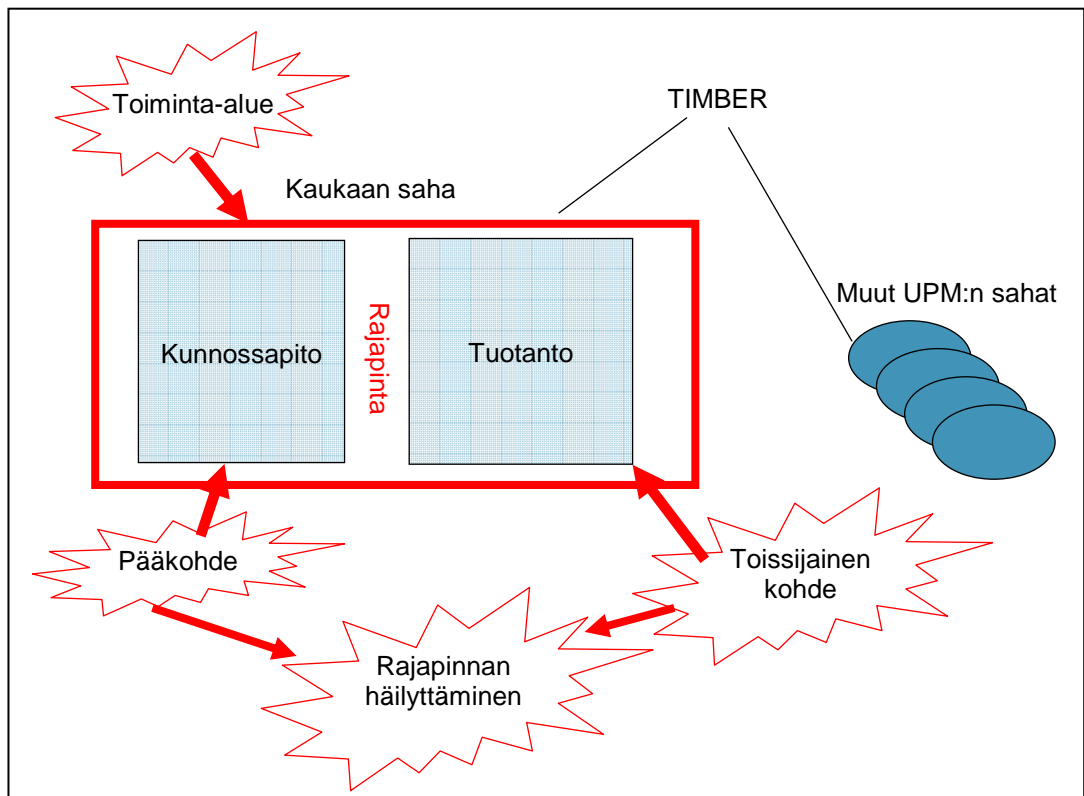
Kaukaan sahalla ei ole tällä hetkellä kunnossapitostrategiaa. Työssä ei myöskään lähdetä luomaan uutta strategiaa. Tästä huolimatta mittaristoa on lähdettävä rakentamaan jonkin strategian pohjalta sillä ilman strategiaa kunnossapidon mittaamisen tavoitteita on hankala määrittää ja mittariston kehittäminen vaikeutuu. Tällöin myös kunnossapidon mittaaminen ei johda pysyviin tuloksiin.

Mittaristo rakennetaan pääasiassa Kaukaan sahan kunnossapidon esimiesten tarpeisiin, mutta myös Kaukaan sahan muu esimiesporras voi hyödyntää mittaristosta saatavia tunnuslukuja. Mittariston avulla on tarkoitus ohjata kunnossapitoa tekemään oikeita tehtäviä oikeaan aikaan jolloin kunnossapito muuttuu myös kustannustehokkaammaksi. Mittariston suunnittelussa ei siis lähdetä liikkeelle siltä pohjalta, että suunniteltaisiin yleispätevä mittaristo kaikkien UPM:n sahojen käyttöön, sillä tarve tietyille mittareille on aina yksikkökohtainen.

Osa työssä suunnitelluista mittareista voi olla mahdollista ottaa käyttöön myös muilla UPM:n sahoilla, mutta silloin ei tiedetä mitataanko oikeita asioita oikeaan aikaan. Jos huomataan, että mittarit voidaan ottaa käyttöön muilla sahoilla ja niistä saadaan vertailukelpoisia tunnuslukuja, voidaan yksiköiden välillä suorittaa benchmarkkausta. Benchmarkkauksen pohjalta puolestaan voidaan katsoa parhaimmin mitattavaa toimintaa harjoittavat sahat, joilta muut sahat voivat hakea parhaat toimintamallit. Puolestaan mittariston rakentamismallia voidaan hyödyntää myös muilla UPM:n sahoilla.

#### **1.4 Tutkimusongelmat**

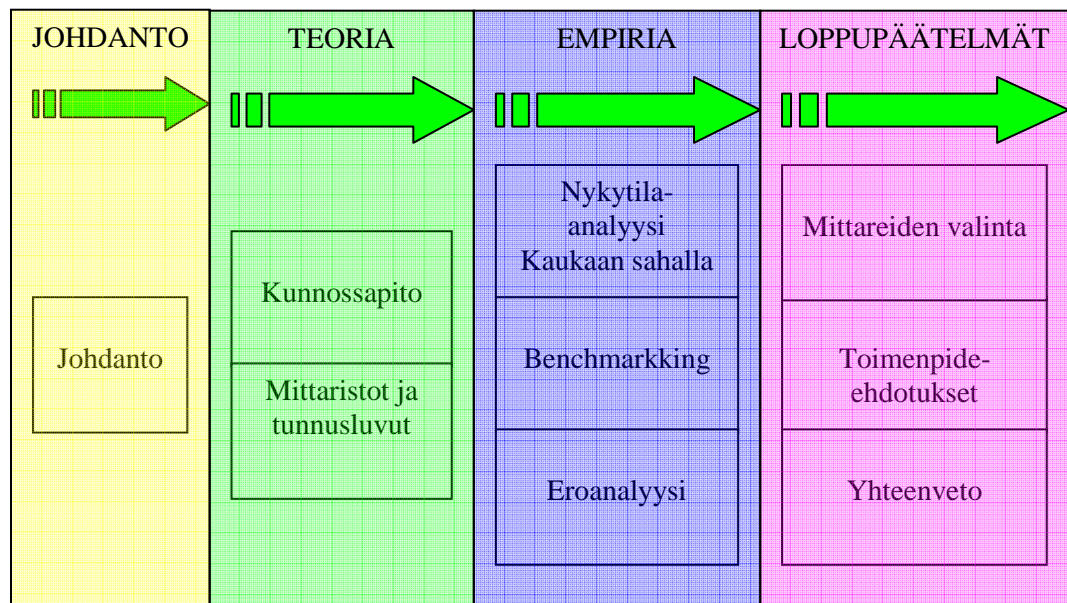
Kuvassa 1 on kuvattu tutkimusajatus. Tavoitteena työssä on tehostaa kunnossapidon toimintaa joka on kuvassa nimetty pääkohteeksi. Pääkohteen tehostamisen kautta Kaukaan sahan kokonaistehokkuuteen pitäisi tulla myös merkittävä parannus (toiminta-alueeseen). Jotta kokonaistehokkuus kasvaisi pitkällä jännteellä, myös tuotannon tulisi sisäistää käynnissäpidon ideologia.



**Kuva 1.** Tutkimusajatus

### 1.5 Työn rakenne

Työ jakaantuu neljään kokonaisuuteen: johdantoon, teoriaosaan, empiriaosaan sekä loppupäätelmiin. Johdannossa kerrotaan työn taustaa, tavoitteet, rajaus, tutkimusongelma sekä rakenne. Tämän jälkeen käydään läpi työn aiheeseen oleellisesti liittyvää teoriaa joka koostuu Kunnossapito sekä Mittaristot ja tunnusluvut -kappaleista. Teoriaosan jälkeen on empiriaosa, jossa ensin tehdään nykytila-analyysi Kaukaan sahalle. Nykytila-analyysissä tehdyn kyselytutkimuksen pohjalta tehdään benchmarkkausta sahojen välillä. Eroanalyysissä puolestaan tehdään selvitystä benchmarkkauksessa eroja aiheuttaneista tekijöistä oman yksikön ja parhaan toimijan välillä. Loppupäätelmissä tehdään empiriaosion pohjalta mittareiden valinta, toimintamalliehdotukset sekä yhteenveto koko työstä (Kuva 2).



**Kuva 2.** Työn rakenne

Kunnossapidon mittariston rakentamisesta ei ole kirjallisuudessa olemassa valmista ja yksiselitteistä viitekehystä. Tekniikan tohtori Jorma Järviö on Suomessa yksi kunnossapidon filosofiaan eniten perehtynyt henkilö joka on kehittänyt mallia mittariston rakentamiseen. Tätä mallia hyödynnetään työssä. Kyseistä mallia on työn rajauksen ja sopivan laajuuden löytämiseksi supistettu seuraaviin vaiheisiin:

### 1. Nykytila-analyysi

- Kyselyn teettäminen kunnossapitohenkilöstöllä
- Nykytilan mittaus
- Top-analyysit

### 2. Benchmarking

- Kyselystä saatujen vastausten vertailu yksiköiden välillä
- Kyselystä saatujen vastausten vertailu Suomen teollisuuteen

### 3. Eroanalyysi

- Eroja aiheuttaneiden tekijöiden analysointi kyselytutkimuksessa

### 4. Mittareiden valinta



## 2 KUNNOSSAPITO

Kunnossapidosta puhuttaessa tulee useimmille mieleen erityisesti häiriökorjausprosessi, jossa vikaantunut laite on purettu auki ja sormet rasvassa etsitään korvaavia varaosia rikkoutuneiden tilalle (Nopanen & Piispa 2007). Toiseen maailmansotaan asti kunnossapitoa pidettiin pakollisena pahana. Teknologia ei ollut tarpeeksi kehittynyttä jotta voitaisiin tehokkaasti välttää koneiden rikkoutumiset ja kunnossapidosta ajateltiin, että "maksaa mitä maksaa". Suomen standardoimisliiton standardi SFS-EN 13306 määrittelee kunnossapidon seuraavasti:

*"Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon"* (Standardi SFS-EN 13306 2001).

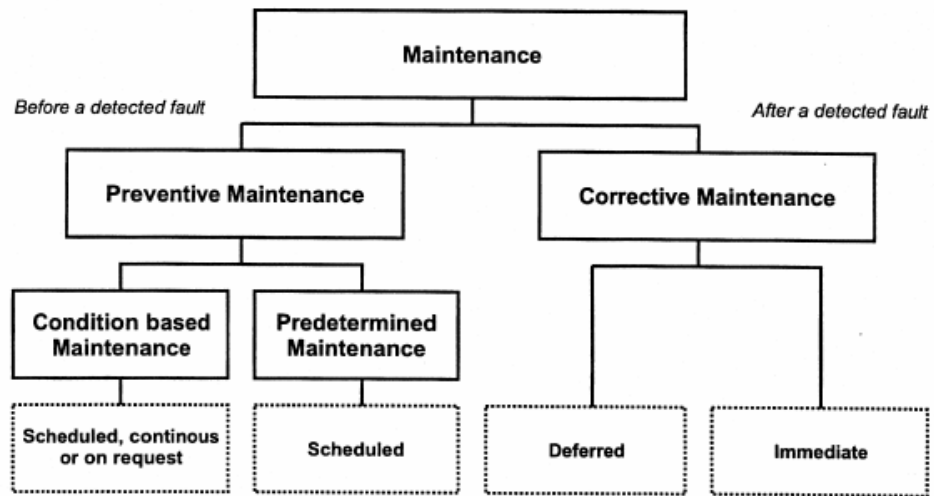
Tuotannolliset yritykset arvioivat usein kunnossapidon taloudellista merkitystä lähinnä kustannusten tai siitä johtuvien tuotannonmenetysten kautta (Mikkonen et al. 2009). Nykyään on myös yrityksiä joissa kunnossapitoa pidetään yhtenä osana liiketoimintaprosessia ja sen mielletään luovan lisäarvoa (Liyanage & Kumar 2003). Kunnossapidon tuoma lisäarvo voidaan havaita kasvaneena tuottavuutena, parempana tehtaan ja systeemin käyttönä, pienempinä onnettomuuslukuina sekä parempana työskentely-ympäristönä. (Kobbacy & Murthy 2008)

Kunnossapito elää tällä hetkellä muutoksen aikaa. Vetureina toimivat toiminnanohjausjärjestelmät, jotka mahdollistavat aivan uudenlaisen kunnossapidon johtamisen. Toinen merkittävä tekijä on yritysjohtajien lisääntynyt kunnossapitotietous (korjaaminen ei ole hyvä tapa toimia). Kolmas veturi on kunnossapidon toimintamallien kehittyminen. On alettu ymmärtämään, että toimintojen tarkkailu ja mittaaminen ei ole johdon painostus- tai käyttäystoimi, vaan mittaaminen on ainoa järkevä tapa etsiä toiminnan kehityskohteita. (Promaint 2010)

Gifford Brown (1993) kehitti työskennellessään Fordilla *1-10-100 säännön*. Tämä sääntö tarkoittaa, että jokaista dollaria kohti jonka käytät jo suunnitteluvaiheessa säästää myöhemmin kymmenen dollaria koneen ylläpitokustannuksia tai vaihtoehtoisesti sata dollaria korjauskustannuksia. Tämän vuoksi yrityksen visio tulisikin mieluummin olla kuinka välttää kunnossapitoa, eikä kuinka tehdä sitä mahdollisimman tehokkaasti. (Palmer 1999) Toisin sanoen laiteinvestoinneissa tulisi laitteen kriittisyys huomioiden keskittyä optimoimaan laitteen elinkaarikustannuksia kuin katsoa pelkästään hankintahintaa. Brownin sääntö on hyvä lähtökohta kunnossapidon visioon, mutta totuus on se, että etenkin teollisuudessa laitteet vikaantuvat ja niitä täytyy huoltaa sekä korjata. Silloin kunnossapidon tehokkuus nousee ensisijaiseen asemaan.

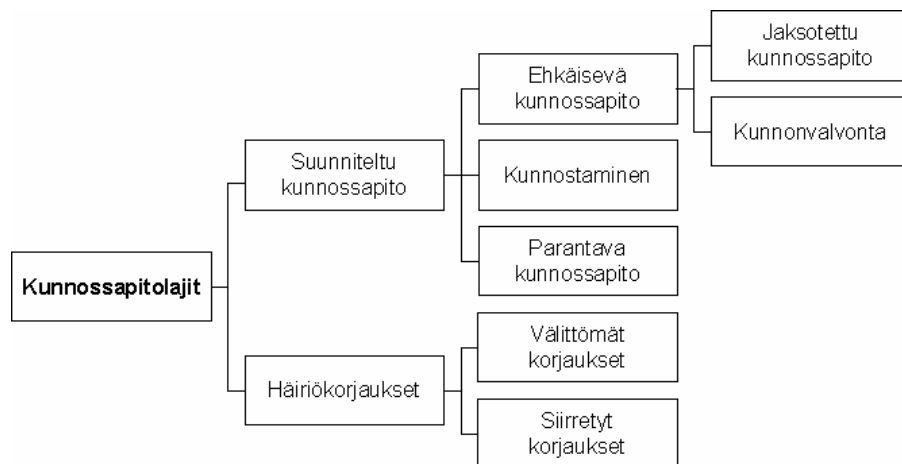
## **2.1 Kunnossapitolajit**

Moni eri taho on ajansaatossa jakanut kunnossapidon toimintoja lajeihin. Muun muassa kaksi standardia on esittänyt omat näkemyksensä kunnossapitolajeista, joista standardi SFS-EN 13306 jakaa kunnossapitolajit kuvan 3 mukaisesti kahteen osaan; ennen vikaantumista ja vikaantumisen jälkeen suoritettavaan kunnossapitoon. Ennen vian havaitsemista tapahtuvissa kunnossapitotoimissa on kyse ehkäisevästä kunnossapidosta joka jakaantuu kuntoon perustuvaan (jaksotettu, jatkuva tai tarvittaessa) ja jaksotettuun kunnossapitoon. Vian havaitsemisen jälkeen on puolestaan kyse korjaavasta kunnossapidosta joka on siirrettyä tai välitöntä.



**Kuva 3.** Kunnossapitolajit. (SFS-EN 13306 2001)

Suomen teollisuuden standardisoinnin kehitysyksikkö esittää standardissa PSK 7501 yhden näkemyksen kunnossapitolajeista. Kyseinen näkemys on esitetty kuvassa 4 jossa kunnossapito jakaantuu suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjauksiin. Näistä edellinen jakaantuu vielä ehkäisevään (jaksotettu kunnossapito ja kunnonvalvonta) ja parantavaan kunnossapitoon sekä kunnostamiseen. Häiriökorjauksen alalajeja puolestaan on välittömät ja siirretyt korjaukset.



**Kuva 4.** Kunnossapitolajit. (PSK 7501 2000)

Kunnossapidon standardeja ollaan uusimassa tällä hetkellä. Esimerkiksi ensimmäisenä esitelystä standardista (SFS EN 13306) on uusi versio jäsenäänestyksen päässä uudesta versiosta. Myös standardista PSK 7501 on luvassa uusi versio lähiaikoina. Kyseinen standardi on tällä hetkellä lausuntokierroksella.

Tekniikan tohtori Jorma Järviö on jakanut kunnossapitotoiminnot viiteen selkeään päälajiin jotka voidaan havaita kunnossapidon jokapäiväisessä työelämässä. Kyseiset viisi lajia ovat huolto, ehkäisevä kunnossapito, korjaava kunnossapito, parantava kunnossapito sekä vikojen ja vikaantumisten selvittäminen. Lajeista viimeinen poikkeaa eniten aikaisemmin esitettyjen standardien lajeista.

### **Huolto**

Huoltamalla pidetään yllä laitteiden käyttöominaisuuksia. Huoltaminen voi olla myös sitä, että palautetaan laitteen heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen. Huollon ja ehkäisevän kunnossapidon tehtävien raja on häilyvä ja osittain ne menevätkin päällekkäin. Jaksotettu huolto tehdään määräväleillä jossa välit määräytyvät käyttöajan tai -määrän mukaan ottaen huomioon myös käytön rasittavuuden. Jaksotettuun huoltoon sisältyy toimintaedellytysten vaaliminen, puhdistus, voitelu, huoltaminen, kalibrointi, kuluvien osien vaihtaminen sekä toimintakyvyn palauttaminen. (Järviö 2007)

**Ehkäisevä kunnossapito** (sisältää jaksotetun kunnostamisen, kunnonvalvonnan, kuntoon perustuvan kunnossapidon sekä ennustavan kunnossapidon).

Ehkäisevässä kunnossapidossa seurataan kohteen suorituskykyä tai sen parametreja. Tavoitteena on vähentää vikaantumisen todennäköisyyttä tai koneen / osan toimintakyvyn heikkenemistä. Ehkäisevä kunnossapito on joko aikataulutettua, jatkuvaa tai sitä tehdään vaadittaessa. Tulosten perusteella voidaan aikatauluttaa tai suunnitella kunnossapidon tehtäviä. Ehkäisevän kunnossapidon toimintaan sisältyy tarkastaminen, kunnonvalvonta, määräystenmukaisuuden toteaminen, testaaminen / toimintakunnon toteaminen, käynninvalvonta sekä vikaantumistietojen analysointi. Kunnonvalvontaa tehdään

laitteen toimiessa tai seisokin aikana. Kunnonvalvonnassa etsitään oireilevia vikoja tai todetaan kohteen olevan toimintakunnossa. (Järviö 2007)

### **Korjaava kunnossapito** (sisältää kunnostamisen ja korjaamisen)

Korjaavassa kunnossapidossa vikaantunut osa tai komponentti korjataan. Korjaava kunnossapito voidaan jakaa häiriökorjaukseen (suunnittelematon) tai kunnostukseen (suunniteltu). Korjaavaan kunnossapitoon sisältyy vian määrittäminen, vian tunnistaminen, vian paikallistaminen, korjaus, väliaikainen korjaus sekä toimintakunnon palauttaminen. (Järviö 2007)

### **Parantava kunnossapito**

Parantavan kunnossapidon tarkoituksena on parantaa koneiden käytettävyyttä ja luotettavuutta sekä muuttaa kunnossapidollisesti epäedullisia kohteita paremmiksi. Parantava kunnossapito voidaan jakaa kolmeen pääryhmään. Ensimmäisessä pääryhmässä laitetta muutetaan vaihtamalla käyttöön uudempia osia tai komponentteja kuin alkuperäiset, jolloin laitteen suorituskykyä ei varsinaisesti muuteta. (Järviö 2007)

Toisessa pääryhmässä koneen luotettavuutta parannetaan erilaisilla uudelleen suunnitelluilla ja korjauksilla. Myös tässä tapauksessa tarkoituksena on muuttaa koneen toimintaa luotettavammaksi, eikä niinkään muuttaa suorituskykyä. (Järviö 2007)

Kolmannen pääryhmän muodostavat modernisaatiot, joissa kohteen suorituskykyä puolestaan muutetaan. Usein modernisaatiolla uudistetaan koneen ohella valmistusprosessia. Esimerkiksi jos vanhentuneella paperikoneella ei pystytä valmistamaan kilpailukykyisesti uutta paperilajia, mutta koneella on vielä elinaikaa jäljellä, on usein järkevämpää uudistaa vanha kone kuin romuttaa se ja ostaa tilalle uusi. (Järviö 2007)

## **Vikojen ja vikaantumisten selvittäminen**

Vikojen ja vikaantumisen selvittämisessä selvitetään laitteen vian perussyö sekä vikaantumisprosessi. Kun perussyö ja vikaantumisprosessi ovat selvillä, voidaan tulosten perusteella suorittaa toimenpiteitä, joilla estetään vastaavan vahingon uusiutuminen. Analyysien tekeminen vaatii erikoisosaamista jonka vuoksi jokaista rikkoontumista ei kannata analysoida (amerikkalaiset esittävät ohjeeksi, että esimerkiksi perusselvitystä kannattaa käyttää vain alle 10 % tapauksista). Tavanomaisimmat menetelmät ovat: vika-analyysi, vikaantumisen selvittäminen (simulointi), mallintaminen, perussyyn selvittäminen, materiaalianalyysit, suunnittelun analyysit sekä vikaantumispotentiaalin kartoitukset / riskinhallinta. (Järviö 2007)

Vikojen ja vikaantumisen selvittämisessä paikannetaan tekijöitä jotka vaikuttavat tuotantoprosessiin epäsuotuisasti. Epäsuotuisa tekijä saattaa olla esimerkiksi väärä käytötapa tai huonosti suunniteltu komponentti. (Järviö 2007) Myös väärä mitoitus on teollisuuden prosesseissa yleistä. Tällainen voi olla esimerkiksi väärin mitoitettu pumppu, joka vaikuttaa laitteen elinikään epäsuotuisasti.

Vikojen ja vikaantumisen selvittämistä ei toistaiseksi mielletä kunnossapitoon kuuluvaksi toiminnoksi. Niiden tärkeys ymmärretään, mutta vain harvassa yrityksessä vikojen ja vikaantumisten selvittäminen on systemaattista. Asiantuntijoiden mielestä vikahistorioiden ja riskianalyysien käyttö muodostuvat yhdeksi tärkeimmistä kunnossapitoa ohjaavista voimista. (Järviö 2007)

## **2.2 Tehokas kunnossapito ja kunnossapitostrategiat**

Jotta kunnossapito olisi tehokasta, kunnossapitäjien on osattava laatia koneelle mahdollisimman järkevät kunnossapitostrategiat ja heidän on osattava toteuttaa ne siten, että koneen suorituskyky säilyy mahdollisimman hyvänä. Kunnossapidon tärkein tavoite onkin omalta osaltaan optimoida valmistusprosessin tehokkuus.

Oman toiminnan tehokkuus on yleisestä mielikuvasta poiketen vasta toisella sijalla. (Järviö 2007)

Tehokas kunnossapito vähentää yrityksen kokonaiskustannuksia koska tuotantokapasiteetti on käytettävissä silloin kun tarvitaan. Yritys valmistaa tuotteen kyseisellä kapasiteetilla myydäkseen sen voitolla. Tämä selittää luotettavuuskokonaiskustannus yhteyden: kun keskittyy kustannusten supistamiseen, laitteiden luotettavuus vähenee, mutta jos keskitytään laitteiden luotettavuuden parantamiseen, kokonaiskustannukset pienenevät. (Palmer 1999)

Kunnossapitostrategioita on kehitetty viimeisten vuosikymmenien saatossa monta. Jokaista strategiaa yhdistää sitouttaminen. Strategia ei saa olla vain kunnossapitopäällikön tiedossa, vaan jokainen yrityksessä tietää päämäärän mihin tavoitellaan. Merkittävimpiä kunnossapitostrategioita ovat (Järviö 2007):

- Laatujohtannaiset strategiat (Laatujärjestelmät ja –ohjelmat)
- TPM (Total Productive Maintenance; kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito)
  - Koko organisaation osallistuminen
  - Aktiivisuus, jatkuvuus, parantaminen
- RCM (Reliability Centered Maintenance; luotettavuuskeskeinen kunnossapito)
  - Keskittyy oikean kunnossapitosuunnitelman laatimiseen
  - Kurinalainen strategioiden ja menetelmien analysointityökalu
- SRCM
  - Kunnossapitoohjelman laatimistyökalu
  - Strategioiden valinnassa "vapaampi" kuin RCM-menetelmässä
- Asset Management (tuotanto-omaisuuden hallinta)
  - Systemaattinen lähestymistapa, joka yhdistää edellä esitetyt strategiat kunnossapidon optimoimiseksi

- Six Sigma (tilastoihin perustuva)
  - Laatumyökalu, joka rakentuu laatujohtamisen periaatteille ja käyttää sen työkaluja
  - Tavoite vähentää yrityksen virhetoimintoja ja virheellisiä tuotteita

### **2.2.1 TPM viitekehys (kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito)**

Parantaakseen laitteiden kunnossapitoa toisen maailmansodan jälkeen, Japaniin tuotiin Yhdysvalloista ennaltaehkäisevä kunnossapito (PM=Preventive maintenance). Tästä kehittyi ajansaatossa tuottavan kunnossapidon (myös PM: Productive Maintenance) kautta Japanin teollisuuteen paremmin soveltuva TPM (Total Productive Maintenance), jossa ohjelmaan osallistuu koko organisaatio linjatyöntekijöistä johtoportaan. (Nakajima 1989)

Pääinnovaatio TPM:ssä on se, että tuotantohenkilöstö tekee peruskunnossapitoa omilla välineillään. Tuotantohenkilöstö ylläpitää koneiden kuntoa ja kehittää siinä samalla kyvyn huomata mahdolliset viat ennen koneen rikkoutumista. Se tarkoittaa myös tiedon siirtämistä jokaiselle. TPM laajentaa tuotanto- ja kunnossapitohenkilöstön tietopohjaa ja tekee heistä yhteistyökykyisen tiimin joka tehostaa PM:n (Productive maintenance) toimia. (Nakajima 1989) TPM-filosofiassa merkille pantavaa on se, että vaikka puhutaan kunnossapitofilosofiasta, TPM on kokonaisvaltainen strategia jonka tavoitteena on maksimoida tuotannon tehokkuus ja laatu. Tämän vuoksi kyseessä on siis lähtökohtaisesti tuotanto- eikä kunnossapitostrategia. (Mikkonen et al. 2009) TPM on palvellut ja palvelee tällä hetkelläkin monessa teollisuusyrityksessä kunnossapidon tarpeita, mutta alkaa olla hiukan vanha strategia otettavaksi käyttöön tänä päivänä.



TPM:n pääperiaatteet ovat (Mikkonen et al. 2009):

1. pyrkiä jatkuvasti vähentämään laiterikkoja
2. pitää koneet jatkuvasti huippukunnossa
3. tehdä koneiden "huolenpidosta" osa päivittäistä rutiinia
4. kehittää henkilöstön taitoja jatkuvasti, jotta laitteita pystytään huoltamaan ja käyttämään mahdollisimman tehokkaasti
5. suunnitella ja kehittää tuotantoprosessia ja laitteita siten, että ne ovat turvallisia, helppokäyttöisiä ja vaativat vähän kunnossapitoa

### **2.2.2 RCM viitekehys (luotettavuuskeskeinen kunnossapito)**

RCM on lyhenne englannin kielen sanoista Reliability Centered Maintenance, ja se suomennetaan yleensä termillä luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Alun perin RCM on kehitetty lentokoneiteollisuuden tarpeisiin, jossa tarvittiin systemaattinen menetelmä koneiden käyttövarmuuden lisäämiseksi. Siinä pyritään tekemään mahdollisimman vähän kunnossapitoa vaarantamatta kuitenkaan laitteen tai laitoksen toimintaa. Varsinaisen kunnossapitotoiminnan suorittamisen lisäksi yhtä tärkeänä tekijänä pidetään laitteiden suunnittelua ja sen kehittämistä kunnossapidettävyyden ja käyttövarmuuden lisäämiseksi. Tarkoituksena on harjoittaa systemaattista kunnossapitoa, joka mahdollistaa kaiken turhan pois jättämisen ja keskittymisen oleelliseen. (Mikkonen et al. 2009)

RCM:n merkittävimmät päämäärät ovat:

- priorisoida prosessiin kuuluvat laitteet ja näin kohdistaa kunnossapito sellaisiin laitteisiin, joissa sitä eniten tarvitaan. Tavanomaisimmat priorisointikriteerit ovat turvallisuus, kustannukset, ympäristövaatimukset sekä laatu
- selvittää laitteiden vikaantumismekanismit. Näin luodaan pohja oikeiden ja tehokkaiden kunnossapitomenetelmien käytölle

- kunnossapidon piiriin liitetään myös sellaiset raja ja turvalaitteet, jotka prosessin toimiessa ovat passiivisia
- laatia sellaisille laitteille valmiit toimintaohjeet käytettäväksi vikaantumisen ilmettyä, joille ei löydy tehokkaita ehkäisevän kunnossapidon menetelmiä
- käyttökunta oppii seuraamaan kriittisten komponenttien toimintaa

### 2.2.3 Asset Management (tuotanto-omaisuuden hallinta)

Tuotanto-omaisuuden hallinta on kunnossapidon strategiana tullut viimeisten muutaman vuoden aikana entistä tärkeämmäksi kunnossapidon kehitysuunnaksi. Tuotanto-omaisuuden hallinta merkitsee monia asioita monille ihmisille ja termille ei ole olemassa standardimerkitystä. Bradley S. Peterson, yksi tuotanto-omaisuuden hallinta –strategian luoja, määrittelee tuotanto-omaisuuden hallinnan termin seuraavasti (Peterson 2005):

*"Tuotanto-omaisuuden hallinta on globaali johtamisprosessi. Tämän avulla toteutetaan laadukkaasti ja johdonmukaisesti tuotanto-omaisuuden käyttöön ja ylläpitoon liittyvää johtamista. Tarkoitus on saada kokonaisvaltaisesti tehtaan resurssit tavoittelemaan organisaation liiketoiminnallisten tavoitteiden saavuttamista mahdollisimman halvalla".*

Tavoitteena tuotanto-omaisuuden hallinnassa on kokonaisvaltaisesti optimoida tuotanto-omaisuuden hallinta –prosessi, samalla ottaen huomioon teknologian, ympäristön tavoitteet ja taloudelliset lainalaisuudet. (Mikkonen et al. 2009) Kyseisessä kunnossapitostrategiassa noustaan askel askeleelta kohti tehokkaampaa kunnossapitoa. Kyseiset askeleet on demonstroitu kuvan 5 viisivaiheisessa pyramidimallissa. Kyseisen pyramidin vaiheet koostuvat viidestä vaiheesta:

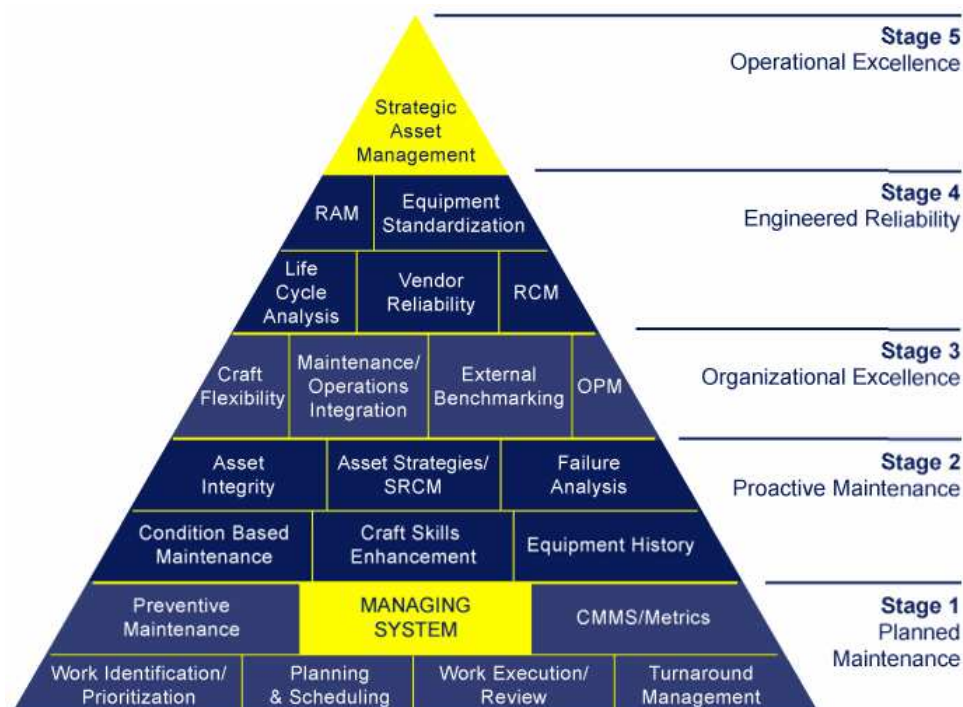
Vaihe 1. kunnossapidon tekeminen oikein

Vaihe 2. proaktiivinen kunnossapito (=toimitaan ennen kuin laite hajoaa)

Vaihe 3. käynnissäpito (yhteistyö tuotannon kanssa)

Vaihe 4. käyttövarmuuden hallinta (tuotantokapeikkojen poistaminen)

Vaihe 5. tuotanto-omaisuuden hallinta



**Kuva 5.** SAMI:n viisivaiheinen pyramidimalli tehokkaaseen kunnossapitoon. (SAMI 2008)

Vaiheet 1 ja 2 muodostuvat kutakuinkin peruskunnossapidosta sekä pohjan rakentamisesta luotettavalle tehtaalle käynnille. Kulmakivi koko strategian aloittamiseen on korostettu ensimmäisessä vaiheessa keltaisella palikalla (Managing system). Yksi syy miksi ensimmäisen vaiheen käyttöönotto voi epäonnistua on puutteellinen johtamisrakenne joka on osa jokaista hyvin käyvää tehdasta. (Peterson 2008) Tarvitaan siis johtajuutta joka sisältää strategisia visioita ja toiminta-ajatuksien muotoilua, tavoitteiden asettamista, strategian muotoilua ja

toimeenpanoa, sekä toiminnan arviointia ja uudelleensuuntaamista. Ja jotta saadaan henkilöstö sitoutumaan, tarvitaan tosiasioita, eli kovia, kiistämättömiä mittaustuloksia joiden valossa kenellekään ei jää epäselväksi muutoksen välttämättömyys. Jos toimintaa ei kehitetä, perikato uhkaa. Tästä syntyy tarvittava liike, ja strategialla määritellään liikkeelle suunta. (Promaint 2010)

Lähtökohtana tuotanto-omaisuuden hallinta -strategiassa ovat selkeät tavoitteet. Näitä tavoitteita mitataan tehdastasolla (lopputulos), osastotasolla (prosessimittaukset ja lopputulos) sekä yksilötasolla (prosessimittaukset ja lopputulos). Tavoitteiden lisäksi täytyy olla suorituskykyraportointisysteemi sekä suorituskyvyn tarkasteluprosessi. Kahdessa ensimmäisessä vaiheessa luodaan siis pohja tuotanto-omaisuuden hallinnalle. Vasta vaiheet 3-5 ovat itse tuotanto-omaisuuden hallinnan implementointia. (Peterson 2008)

SAMI on lisäksi kehittänyt kypsyyssmatriisin, jossa käydään läpi jokaisen askeleen kehittymisvaiheet. Jokaiseen askeleeseen sisältyy kolme kehitysvaihdetta. Kyseiset kehitysvaiheet on esitetty taulukossa 1. Kuten kuvan vaiheista voidaan havaita, kunnossapidon kehittäminen on monivaiheinen ja monivuotinen projekti joka vaatii sitoutumista ja raakaa työtä.

**Taulukko 1.** Käyttöomaisuuden hallinta –strategian kypsyyssmatriisi. (SAMI 2008, [suomentanut Järviö, modifioinut Pätäri])

	<b>Aloitusvaihe</b>	<b>Keskivaihe</b>	<b>Huippuvaihe</b>
<b>Palonsammutus</b> Korjausten hallinta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kunnossapito = korjaaminen</li> <li>• Viat yllättävät, niihin ei pystytä varautumaan</li> <li>• Ei ole aikaa tutkia, mitä pitäisi tehdä</li> <li>• Yhteistyötä koneiden käyttäjien kanssa ei ole</li> <li>• Töitä ei tilata, suunnitella eikä aikatauluteta etukäteen</li> <li>• Emme tiedä, mitä esim. 2 viikon kuluttua tehdään</li> <li>• EH-ohjelmat ovat tehottomia</li> <li>• Varastoja on liikaa, palveluaste huono</li> <li>• Korjaukset ohjaavat toimintaa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EH toimii, pahat viat korjataan ajoissa</li> <li>• Useimmat korjaukset on suunniteltu ja aikataulutettu etukäteen</li> <li>• Käyttäjät informoivat koneittensa kunnosta</li> <li>• Kunnossapitäjät käyttävät kunnossapito-järjestelmää; laitehistorioita kerätään luotettavasti</li> <li>• Varastojen palveluaste on siedettävä</li> <li>• Tehokkuutta mitataan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laitekanta on priorisoitu ja paras kunnossapito kohdistetaan kriittisimmille kohteille</li> <li>• Valtaosa korjauksista on suunniteltu ja aikataulutettu etukäteen</li> <li>• Käyttäjät tilaavat ja vastaanottavat työt</li> <li>• Kaikki käyttävät kunnossapitojärjestelmää</li> <li>• Varastojen palveluaste on &gt; 95%, JOT, kierto hyvä</li> <li>• EH toimii ja on tehokasta</li> </ul>

<p><b>Ylläpitävä</b> Kunnossapidon hallinta</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laitehistoria käyttökelvotonta</li> <li>• Vikoja ei analysoida toiminnan kehittämiseksi</li> <li>• Kunnossapitoa tehdään RTF-kohteille</li> <li>• Tarkastukset ja kunnonvalvonta tehotonta (väärät kohteet, väärät menetelmät, tuloksia ei tutkita)</li> <li>• Kunnossapidon kohteita ei ole priorisoitu/analysoitu</li> <li>• Organisaatiolla ei ole selkeää toimintastrategiaa</li> <li>• Johtamissysteemi ei toimi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laitehistoriat ovat luotettavia ja toiminta perustuu niihin</li> <li>• EH-kohdistetaan kriittisiin kohteisiin</li> <li>• EH generoi suuren osan työtilauksista</li> <li>• Kunnonvalvonta toimii</li> <li>• Käyttäjät valvovat koneittensa kuntoa, tekevät päivittäisen huollon, säädöt ja osallistuvat korjauksiin</li> <li>• Organisaatiolla on koulutettuja perussytytkijöitä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaikilla koneilla on huoltosuunnitelma &amp; ohjeistus</li> <li>• Seisokkiajat minimoidaan suunnittelun ja aikataulutuksen avulla</li> <li>• Vikojen syyt selvitetään (kaikki oleelliset)</li> <li>• Korjauskulttuuri → ehkäisykulttuuri → parannusehdotukset toteutetaan</li> <li>• Suuri osa korjauksista on parannuksia</li> <li>• Kunnonvalvonta perustuu riskinhallintaan</li> <li>• Mittauslaitteiden käyttö tehokasta</li> </ul>
<p><b>Parantava</b> Käynnissäpidon hallinta</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Koulutukseen komennetaan</li> <li>• Ryhmätyöskentely (tiimit) ei suju</li> <li>• Toiminta perustuu käskyttämiseen</li> <li>• Esimiehiltä puuttuu todellinen valta ja vastuu</li> <li>• Roolit (valta/vastuu) epäselviä</li> <li>• Käyttäjät eivät tarkasta, huolla tai säädä koneitaan</li> <li>• Käyttäjien tarkastus- ja huoltodokumentaatio puuttuvat</li> <li>• Moniosaamista ei ole tai systeemi ei toimi</li> <li>• Henkilökohtaiset suorituskytavoitteet puuttuvat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esimiesten roolit määritelty (valta, vastuu)</li> <li>• ODR-toiminta hyväksytty ja toimii, yhteistyö käytön kanssa toimivaa ja syvällistä</li> <li>• Kaikki työt priorisoitu</li> <li>• Työt priorisoitu, suunniteltu ja ajettu peruskuormaan</li> <li>• Luonnolliset ja tehtäväkohtaiset tiimit</li> <li>• Moniosaaminen toimii, koulutetut erikoisosaajat ratkovat ongelmia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Koulutukseen hakeudutaan</li> <li>• ODR toiminta ohjaa kunnossapitoa</li> <li>• Ylpeys omasta työstä □ viihtyvyys korkea</li> <li>• Kannustusjärjestelmät selkeät ja toimivat</li> <li>• Laitekohtaisen osaamisen merkitys korostuu</li> <li>• Esimiehet ohjaavat, työnjohtaja-kulttuurista luovuttu</li> <li>• Kunnossapitäjien ja käyttäjien osaamistasot korkealla</li> <li>• Joustot toimivat</li> </ul>
<p><b>Uudistava</b> Kapasiteetin hallinta</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kunnossapito-ohjelmia yritetään käynnistää, useimmiten huonolla menestyksellä</li> <li>• Johtamiskäytäntö heikko, asiat muuttuvat vain paperilla, mutta eivät käytännössä</li> <li>• Vaiheita 1 ja 2 ei tehdä (kiire)</li> <li>• Säästö- ja toiminnantehostamistoimet, alihankkijoiden käyttöä rajoitetaan</li> <li>• Tiedetään, mitä pitäisi tehdä, mutta ei toimita</li> <li>• Best Practise ohjelmat käynnistetään</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kriittisten kohteiden luotettavuusanalyysit tehty, MTBF/MDT vaatimukset selvillä</li> <li>• Toimintaohjeet tehty, päivitetty ja käytössä</li> <li>• Tuotteistaminen hyvässä vauhdissa</li> <li>• Kriittiset kohteet analysoitu (RCM, SRCM, FMEA)</li> <li>• Käynnissäpitäjät ohjaavat osaltaan logistiikkaa</li> <li>• Laitevakiointi/-standardisointi</li> <li>• LCC periaatteet korvaavat halvimman hinnan periaatteet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suunnittelu huomioi käytön ja kunnossapidon vaatimukset ("täyskäsi" eli KKKLL)</li> <li>• Luotettavuus tekee tuloksen</li> <li>• LCM, elinkaarijohtaminen</li> <li>• Koko toimittajaverkko vaikuttaa luotettavuuteen</li> <li>• tuotannon määrä määrittää luotettavuusparametrit</li> <li>• Koneiden vikaantuminen on harvinaista</li> </ul>

<b>Ohjaava</b> Tuotantokyvyn hallinta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yrityksen johto ei osaa linjata toiminnan tavoitteita ja toimintamalleja</li> <li>• Tuotantoprosessin kunto ei kuulu johtamisen tavoitteisiin</li> <li>• Koneen käytettävyyksivaatimukset muuttuvat päivittäin</li> <li>• Monimutkainen priorisointi estää toiminnan keskittämisen</li> <li>• Tuotantolaitoksen tuotantopotentiaalia ei osata hahmottaa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tuotantolaitoksen eri toiminnot ”puhaltavat samaan hiileen”</li> <li>• Tavoitteiden asettelu palvelee kaikkia organisaation kerroksia</li> <li>• Suurin osa töistä tiedossa/budjetoitu jo vuotta aikaisemmin</li> <li>• Toimintojohtaminen</li> <li>• Luotettavuus on kilpailukeino/vahvuus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jokainen työntekijä tietävät tehtävänsä ja osuutensa kokonaisuudessa</li> <li>• Kaikki päätökset perustuvat faktoihin ja toimintamalleihin</li> <li>• yli 80 % kunnossapidosta on suunniteltua ja tunnistettu jo vuotta ennen</li> <li>• Tuotannon toimintavarmuus on yli 98 %</li> <li>• Tuotantolaitoksen toiminnan tehokkuus on worldclass tasolla</li> </ul>
--	---	---	---

Milloin yritys on sitten valmis tuotanto-omaisuuden hallinta –strategialle? Ensimmäisessä vaiheessa odotetaan vakiintunutta, aikaansaavaa ja tehokasta työn johtamista ja johtamissysteemiä. Kuinka tätä sitten mitataan? Ensimmäisen vaiheen kypsyyttä mittaamaan on kehitetty yhdeksän prosessi- ja tulostittaria tunnistamaan valmiuden siirtyä seuraavaan vaiheeseen (Peterson 2005):

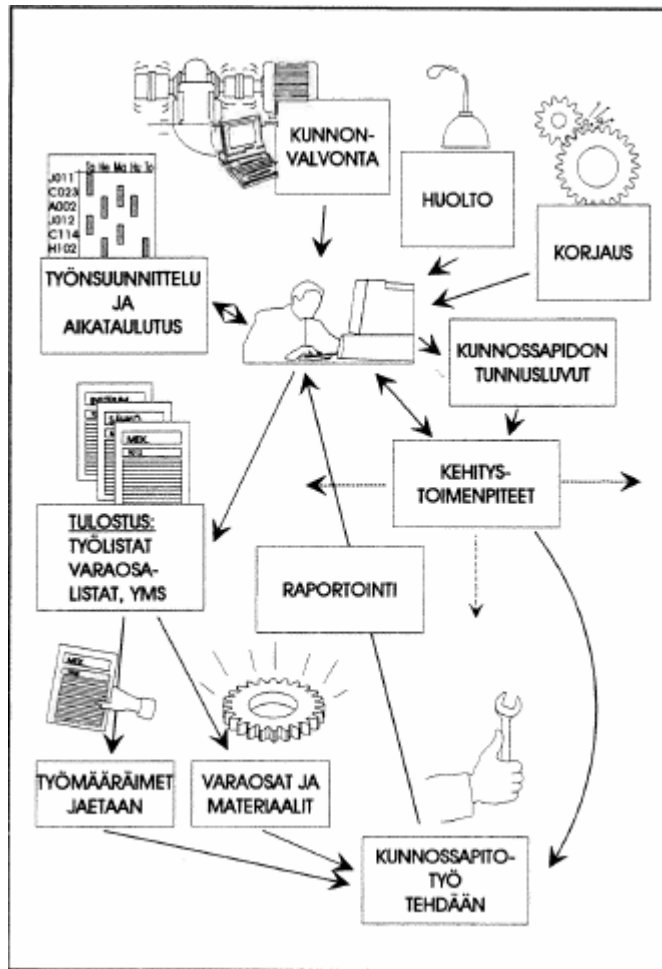
1. Töiden määrä on vakiintunut tai laskevassa trendissä (työt saadaan tehtyä)
  - Rästityöt miestyöviikkoina (viisi viikkoa ja vakiintunut tai laskeva trendi)
  - Jaksotettujen töiden osuus käytettävissä olevista tunneista (80 %)
  - Jaksotettujen töiden valmistuminen viikkotasolla (80 %)
2. Työtyypiltään suunnitellut työt lisääntyvät ja hätätyöt vähenevät
  - Hätätöiden prosentuaalinen osuus (pienempi kuin 10 %)
  - Suunniteltujen töiden prosentuaalinen osuus kaikista työtunneista (60 %)
  - Osien puuttuminen varastosta (inventoinnin yhteydessä) (< 3 %)
3. Ennakoiva huolto on valta-asemassa sekä tehokasta
  - Ennakoivan kunnossapidon prosentuaalinen osuus kaikista työtunneista (>80)
  - Ennakkohuoltojen noudattaminen (80 % viikoittain)

- Ennakoivan kunnossapidon tehokkuus (keskimäärin 4 asiaa huomataan joka ennakkohuoltokierroksella)

Kyseisille mittareille annettuja tavoitearvoja täytyy katsoa tietyllä varauksella. Tämä sen vuoksi, että Yhdysvalloissa käytetään eri kunnossapidon standardeja kuin Suomessa ja Euroopassa. Tästä syystä jos yrittää esimerkiksi sijoittaa kyseisiä tavoitearvoja Euroopan standardeihin, todennäköisesti tuloksena on mahdoton yhtälö. Jos käyttää kyseisiä tavoitearvoja, viitekehyksenä täytyy olla myös sama standardi.

### **2.3 Kunnossapidon tietojärjestelmät**

Nykypäivän kunnossapitoon kuuluu oleellisena osana kunnossapidon tietojärjestelmä. Kunnossapidon tietojärjestelmä otetaan käyttöön samasta syystä kuin kunnossapitoa johdetaan: pyritään mm. kontrolloimaan kustannuksia, parantamaan palveluastetta, varmistamaan tuotannon käynti ja parantamaan valmistettavan tuotteen laatua (Levitt 1997). Tietojärjestelmään keräämään kaikki data, jota kunnossapitohenkilöstö tarvitsee jokapäiväisessä työssään. Kunnossapidon tietojärjestelmästä käytetään yleisesti lyhennettä CMMS (Computerized Maintenance Management System) tai EAM (Enterprise Asset Management System) (Mikkonen et al. 2009). Yleisimpiä kunnossapidon tietojärjestelmiä ovat mm. Arttu, Artturi, Immpower, SAP (yksi SAPin osa-alue), Arrow, PowerMaint sekä vasta julkaistu Solax. Kuvasta 6 voidaan nähdä oleellisimmat tietojärjestelmään kerättävä ja tietojärjestelmästä hyödynnettävä data. Kuvasta puuttuu dokumenttien hallinta, joka on yksi oleellinen tietojärjestelmän osa-alue.



**Kuva 6.** Kunnossapidon tietojärjestelmän perustoiminnot. (Aalto 1997)

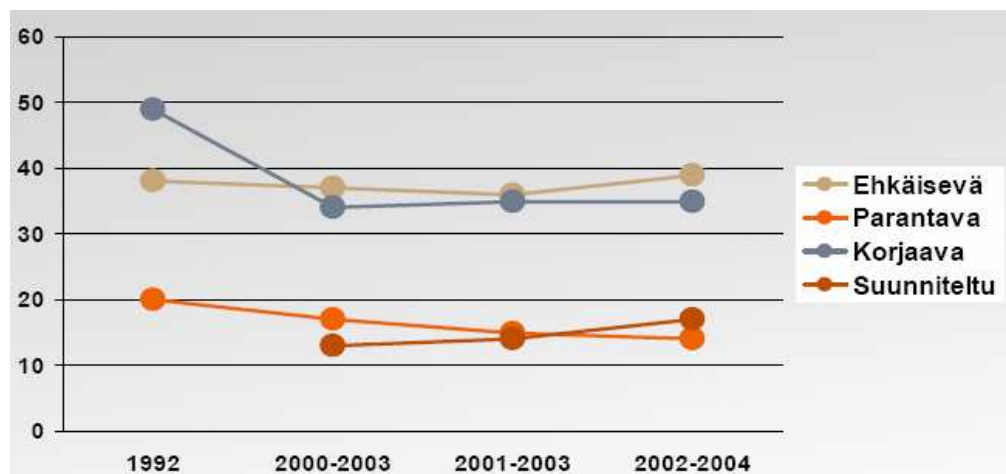
Erittäin tärkeäksi kysymykseksi tietojärjestelmien käyttäjäliittymissä nousee käyttäjäkynnyksen korkeus. Käyttäjä kokee helposti, että kirjauksesta saatava hyöty on niin pieni suhteutettuna vaivaan, jolloin kirjaaminen jätetään tekemättä. Tätä ilmenee etenkin vanhemmilla asentajilla joilla ATK-osaaminen on heikompaa. Kuitenkin pienten tapahtumien lukuisuus tekee niistä todella merkittäviä tietojärjestelmän kokonaisuuden kannalta. Ilman tapahtumien kirjaamista koko järjestelmä ontuu. Tietokannan rakenteellisena ongelmana onkin "byrokraattisuuden" ja käyttäjäystävällisyysvaatimusten yhteen nivominen. (Aalto 1997)



Kunnossapidon tietojärjestelmä on oikein käytettynä erittäin hyvä työkalu koko kunnossapito-organisaatiolle. Se mahdollistaa helpomman pääsyn suuriin tietomassoihin sekä analyyseja, joita ei manuaalisesti olisi mahdollista edes tehdä (Levitt 1997). Väärin käytettynä siitä seuraa vain ylimääräistä työtä ja turhia kustannuksia (Parantainen 2004). Kunnossapito-organisaatiossa ei siis pidä lähteä rakentamaan kunnossapidon tietojärjestelmän käytön toimintamallia niin, että kaikki ominaisuudet otetaan käyttöön jolloin järjestelmästä tulee raskas. Parhaaseen tulokseen tietojärjestelmän käytössä päästään kun järjestelmälle määritellään yksinkertaiset ja selkeät tavoitteet jotka tulevat kunnossapidon tarpeista (Parantainen 2004).

## **2.4 Kunnossapidon haasteet**

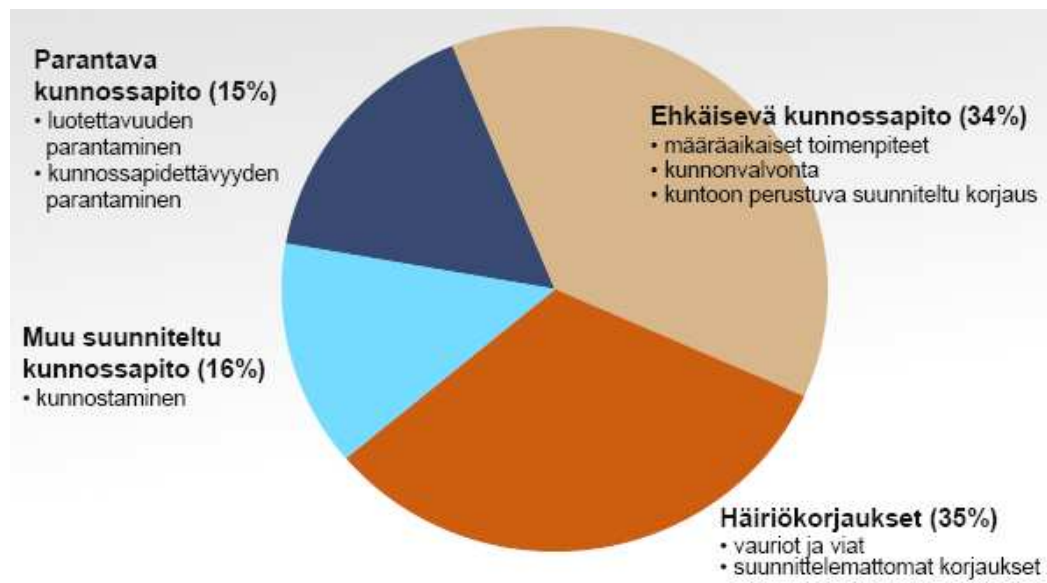
Kunnossapidon kehitystrendi on muuttunut merkittävästi viimeisen kahden vuosikymmenen aikana. Kuvasta 7 voidaan havaita kuinka teollisuudessa 2000-luvun alkupuolella kunnossapitohenkilöstön työtuntien prosentuaalinen osuus on vaihtunut korjaavasta kunnossapidosta suunniteltuun ja ehkäisevään kunnossapitoon. Painopiste on siirtynyt ja pyritään edelleen siirtämään enemmän koneiden ja laitteiden huoltamiseen niiden korjaamisen ja toimintakunnon palauttamisen sijaan. Kuitenkin kuvasta voidaan havaita, että korjaavaan kunnossapidon määrää ei ole pystytty laskemaan 2000-luvun jälkeen.



**Kuva 7.** Kunnossapidon osa-alueiden kehitystrendi. (Kunnossapitoyhdistys 2007)

Kuten kuvasta 7 havaitaan, kunnossapidossa haasteet ovat 2000-luvulla pysyneet samanlaisina: *"karkeat kirvestyöt on tehty, ja siksi jatkuvan kehityksen varmistamiseksi tarvitaan nyt huolellista analyysia ja uusia ajattelumalleja"*. Parempi tulos kunnossapidossa vaatii teknologian sekä toimintatapojen kehittämistä. Kehityskohteiden pääpaino on siirtynyt 2000-luvun alun häiriökorjausten osuuden vähentämisestä, ehkäisevän kunnossapidon tehokkuuden kehittämiseen sekä korvaus- ja kehittämisinvestointeihin. (Komonen 2009)

Suomessa koneiden kunnossapitoon sijoitetaan teollisuudessa 3,5 mrd. euroa vuodessa (Kunnossapitoyhdistys 2007). Kuvasta 8 voidaan havaita, että häiriökorjausten osuus koneiden kunnossapidossa on edelleen erittäin merkittävä. Häiriökorjauksista aiheutuneet kustannukset (sis. tuotantohävikit) ovat moninkertaiset verrattuna suunniteltuun ja ehkäisevään kunnossapitoon. Häiriökorjauksia ei tulla ikinä saamaan teollisuudessa kokonaan pois ja niiden kokonaan poistaminen tulisi lopulta maksamaan enemmän kuin se, että tuotantoa häiritsemättömiä vikoja silloin tällöin ilmenee. Kuitenkin häiriökorjausten nykyistä osuutta voidaan merkittävästi pienentää ennen kuin ehkäisevän kunnossapidon ja häiriökorjausten kustannusten ns. janat leikkaavat toisensa.



**Kuva 8.** Kunnossapidon osa-alueiden roolit teollisuudessa. (Kunnossapitoyhdistys 2007)

### **3 MITTARISTOT JA TUNNUSLUVUT**

Suorituskykymittaristoja on rakennettu Suomessa teollisuusyrityksiin jo vuosikymmeniä. 1990-luvun alussa Kaplan ja Norton toi tunnetuksi tasapainotetun mittariston BSC (Balanced Scorecard), jossa lähdettiin siitä olettamuksesta, että mikäli yritysjohto luottaa ainoastaan taloudellisiin mittareihin, organisaatiot tekevät vääriä asioita (Kaplan & Norton 2002). Kyseisessä lähestymistavassa korostetaan taloudellisen ja sisäisten prosessien lisäksi asiakkaan sekä organisaation oppimisen ja innovatiivisuuden näkökulmaa. Keskeistä on mittariston kytkeminen liiketoimintayksikön visioon ja strategiaan sekä eri tekijöiden välisten vaikutussuhteiden löytäminen. (Hannula & Lönnqvist 2002)

Ajan saatossa on kehitetty myös suuri joukko kunnossapidon vakiomittareita. Vakiomittareita voidaan löytää mm. SFS-EN 15341 (Kunnossapidon tunnusluvut) sekä PSK 7501 (Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut) –standardeista. Kyseisissä standardeissa on vain kooste yleisimmistä teollisuudessa käytettävistä kunnossapidon mittareista. Tehdaskohtaiset kehittämistarpeet määrittävät sen mitä mittareita kunnossapidon tulisi hyödyntää. Välttämättä tarvittavat mittarit eivät edes löydy kirjallisuudesta. Voidaankin sanoa, että kunnossapidossa voidaan mitata mitä vain mistä saadaan luotettavaa dataa. Mittariston suunnittelu tuleekin tehdä erittäin huolella jotta yrityksessä mitataan oikeita asioita oikeaan aikaan.

#### **3.1 Mittaamisen perusteita**

Täydellistä mittaria ei ole olemassakaan, vaan mittarit ovat aina kompromisseja erilaisista asioista. Esimerkiksi häiriöprosentteja linjalla voidaan mitata häiriöiden korjaamiseen käytetyllä ajalla kuukaudessa. Tällainen tunnusluku antaa kuvan siitä kuinka paljon linja seisoo, mutta ei kerro mikä aiheuttaa linjojen seisomisen. Tämän vuoksi toimintaa on mitattava usean mittarin avulla (Hannula & Lönnqvist 2002). Joukko määritettyjä ja toisiinsa integroituja mittareita muodostaa

mittariston. Mittaristo antaa aina yhtä mittaria kattavamman näkökulman kohteen tilasta.

Monessa yrityksessä tänä päivänä mittariston käyttötarkoitus on ymmärretty väärin tai mittaristoa käytetään tietoisesti väärään tarkoitukseen. Pahimmillaan mittaristoa käytetään työntekijän tekemättömyyden ja laiskuuden paljastamiseen, jotta voidaan antaa "perustellusti" potkut. Mittaristoa ei myöskään tule käyttää kehuakseen miten omalla yksiköllä menee paremmin kuin toisella tai osoittaakseen, että meillä menee aivan yhtä hyvin kuin muillakin saman alan toimijoilla, joten meillä ei ole tarvetta muutokseen. (Wireman 2005) Se mihin kunnossapidon tunnuslukuja on tarkoitus käyttää, on johtamiseen, suunnitteluun, nykyisen tilanteen kartoittamiseen, kehityksen seurantaan ja päätöksenteon tueksi (Kiiveri & Viertävä 2005). Tunnusluvut ovat oleellinen osa tavoitteellista johtamista sekä keskeinen osa yrityksen tavoitteiden asettelua ja henkilöiden avaintulostavoitteiden määrittelyä (Aalto 1997).

Ideaali mittaristo vaatii (Wireman 2005):

1. pitkänaikavälin yhteistyötä määritettäessä ja toteutettaessa tavoitteita sekä mittauksia. Koko organisaatio täytyy olla mukana projektissa.
2. yhteyden mittaustulosten ja resurssien kohdentamisen välille. Toisin sanoen täytyy olla valmis tukemaan mittareita jotka kehitetään.
3. mittareita jotka voidaan helposti kehittää, ymmärtää ja antaa käyttökelpoista informaatiota.

Oikein käytettynä mittareiden tulisi korostaa yrityksen mahdollisuuksia kehittymiselle. Mittareita tulisi käyttää osoittamaan yrityksen heikot kohdat/alueet josta voidaan jatkotutkimuksella selvittää mikä aiheuttaa kyseisen alueen heikon tuloksen. Mittaristo voi toimia eräänlaisena varoitussysteeminä (Parida & Kumar 2006). Parhaimmillaan mittarit voivat osoittaa myös ratkaisun ongelmaan. Jotta mittaristot olisivat niin kehittyneitä, että ratkaisu ongelmaan löytyisi, mittareita on

oltava monella organisaatiotasolla. (Wireman 2005) Kunnossapidon tunnuslukujen tulisi myös olla niin konkreettisia, että organisaation jokaisella tasolla voitaisiin seurata oman työpanoksen vaikutusta tulokseen (Kiiveri & Viertävä 2005). On kumminkin erittäin vaikeaa luoda päätöksentekoprosessia helpottavaa tunnuslukujärjestelmää ilman laadultaan ja määrältään riittävää dataa (Wealleans 2000). Tämän vuoksi myös kerättävän datan laatuun tulee kiinnittää erityistä huomiota, sillä heikolla datan laadulla kunnossapitoa ohjataan helposti väärään suuntaan. Kun kunnossapitoa ohjataan väärään suuntaan, aiheuttaa se turhaa työtä ja turhia lisäkustannuksia.

Mittarin tulisi lisäksi täyttää mahdollisimman hyvin seuraavia mittausteoreettisia ominaisuuksia (Wireman 2005):

- *Validiteetti* kuvaa mittarin kykyä mitata sitä menestystekijää, jota on tarkoitus mitata.
- *Reliabiliteetti* kuvaa mittarin arvon satunnaisvirhettä. Reliabelin mittarin tulokset eivät vaihtelee satunnaisesti, vaan ne ovat johdonmukaisia.
- *Relevanssi* kuvaa sitä, onko mittari olennainen ja oikea sen käyttäjän kannalta.
- *Käytännöllisyys* kuvaa mittarin kustannustehokkuutta (=hyötyvaivasuhde)

Kunnossapidon tunnusluvut voidaan jakaa käyttötarkoituksen perusteella hierarkkisiin luokkiin (Standardi PSK 2000). Kuvassa 9 on kyseiset luokat jossa lähdetään liikkeelle liiketoiminnan tavoitteista. Yleisesti käytettyjä mittareita ovat mm. ROI tai BSC. Tämän jälkeen kuvassa sisemmästä ulommaiseen ympyrään on (Standardi PSK 2000):

**Kunnossapidon ulkoiset tavoitemuuttujat (UTM)**, jotka ovat liiketoimintalähtöisiä tunnuslukuja.

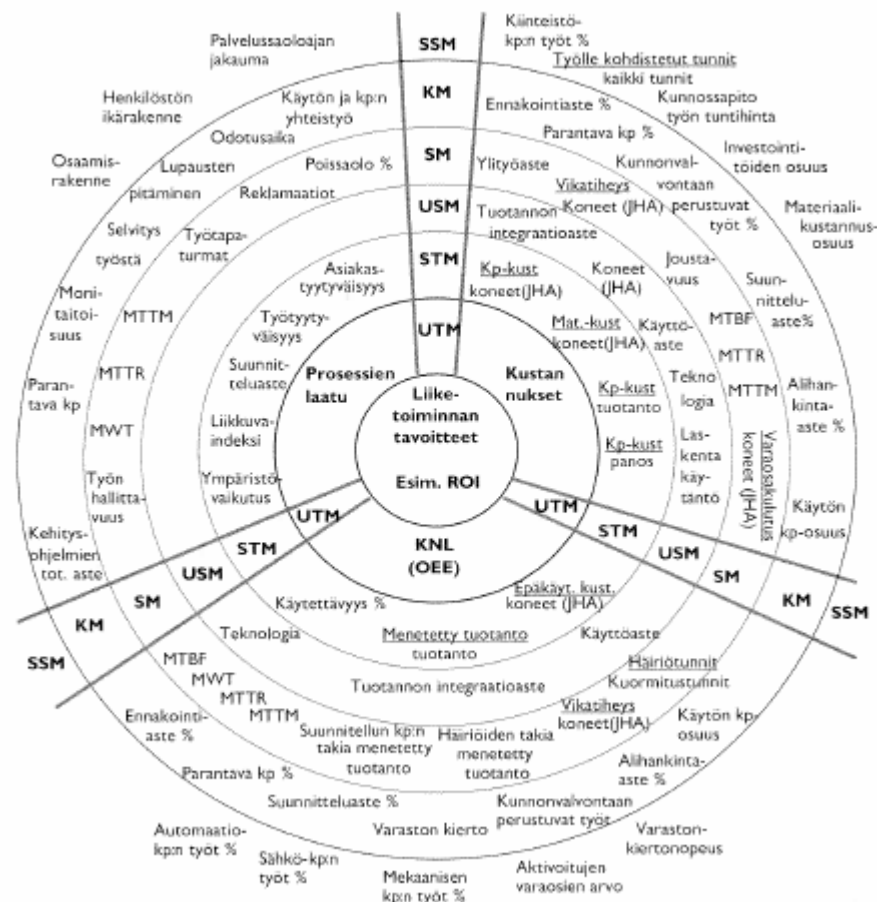
**Kunnossapidon sisäiset tavoitemuuttajat (STM)** ovat luokka, jotka sisältävät kunnossapidon tehokkuuden mittareita.

**Ulkoiset selittävät muuttajat (USM)** ovat tunnuslukuja, jotka auttavat tulkitsemaan muita tunnuslukuja ja arvioimaan niiden hyvyttä. Tunnetaan myös nimellä olosuhdemuuttajat.

**Seurantamuuttajat (SM)** ovat toisen tason tavoitemuuttajia ja antavat lisäinformaatiota parannuskohteista. Kyseisiin muuttajiin ei voida suoraan vaikuttaa päätöksillä. Seurantamuuttajamittarit voidaan asettaa kehittämistavoitteiksi pyrittäessä varsinaiseen päämäärään.

**Kunnossapidon keinomuuttajat (KM)** ovat tärkeitä työkaluja pyrittäessä tavoitteisiin. Näitä ovat mm. ehkäisevä ja parantava kunnossapito, alihankintaaste, kunnossapidon joustavuus ja käytön suorittaman kunnossapidon osuus.

**Kunnossapidon sisäiset selittävät muuttajat (SSM)** ovat tunnuslukuja jotka antavat lisätietoa kunnossapidon kustannus- ja organisaatorakenteesta, pääomavaltaisuudesta sekä kustannustasosta.



Kuva 9. Kunnossapidon hierarkkinen esimerkkitunnusjärjestelmä. (Komonen 2002)

### 3.3 Tuotannon kokonaistehokkuus (KNL, engl. OEE)

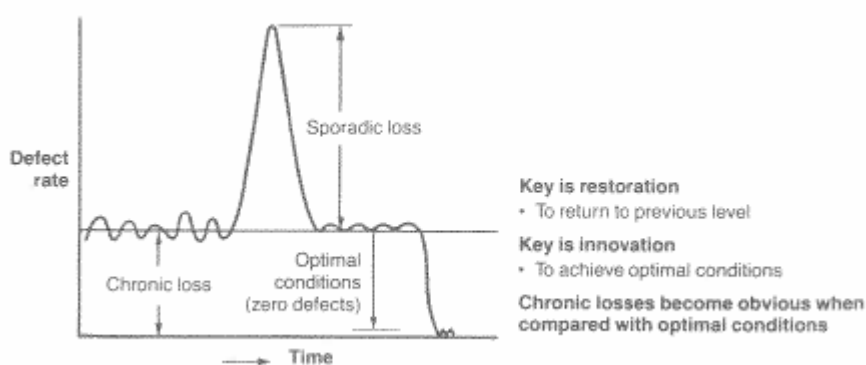
Kunnossapidon yksi keskeisimmistä tavoitteista on tuotannon kokonaistehokkuuden parantaminen. Rikkinäinen kone ei ole ainut hävikkien aiheuttaja vaan myös erilaisista tekijöistä johtuen koneen suorituskky ei ole optimaalinen. KNL-menetelmällä voidaan tunnistaa kuusi hävikkä (six big losses), jotka heikentävät laitoksen/laitteen tehokkuutta. Häiriöiden poistaminen ei niinkään korjaudu muuttamalla pelkästään koneita, vaan myös koko prosessia. (Järviö 2007)

Kun koneen suorituskkyä aletaan parantaa, törmätään usein heti ensiksi piileviin vikoihin ja niiden aiheuttamiin kroonisiin häviöihin. Ne eivät pysäytä koneen



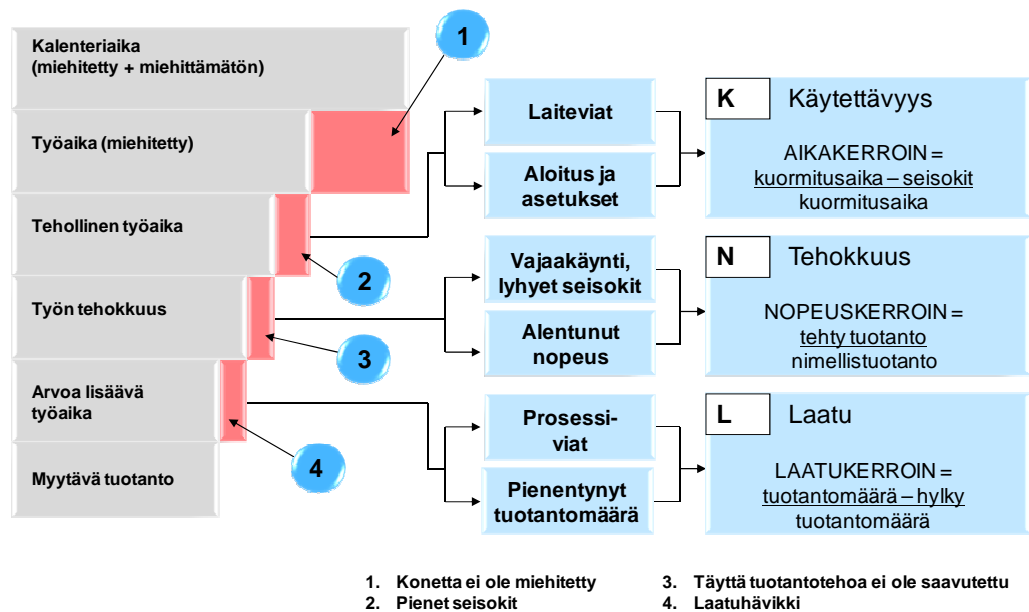
toimintaa, mutta heikentävät sen tehokkuutta. Lisäksi krooniset häviöt usein vaihtelevat voimakkaasti, mikä heikentää koneen toiminnallista luotettavuutta. (Järviö 2007) Kroonisia häviöitä voidaan vähentää ainoastaan unohtamalla perinteiset taktiikat ja ottamalla käyttöön uudet luovat tavat (uusia innovaatioita) joilla löydetään ja eliminoidaan piilevät viat (Nakajima 1989).

Kroonisten häiriöiden lisäksi joskus esiintyy käyntihäiriöitä jotka pysäyttävät koneen ja aiheuttavat häviöitä. Parannuskeino käyntihäiriöihin löytyy laitteiden ja työskentelyolosuhteiden ja -tapojen parantamisesta, sillä yleensä muutos luetelluissa tekijöissä laukaisevat käyntihäiriöt (Nakajima 1989). KNL-mittarin avulla krooniset häviöt voidaan arvioida ja ryhtyä vastatoimiin. (Järviö 2007) Kuvassa 10 on demonstroitu käytöstä ja kroonisista häviöistä aiheutunut vikaantumisaste ajan suhteen.



**Kuva 10.** Käyttö- sekä krooniset häviöt. (Nakajima 1989)

Kokonaistehokkuuden mittaamisessa TPM-strategia käyttää laitteiston tehokkuutta rajoittavista tekijöistä nimitystä kuusi suurta häviötä (Six Big Losses) (Nakajima 1989). Laitteviat sekä aloitus- ja asetusseisokit vaikuttavat tehtaan käytettävyyteen. Puolestaan vajaakäynti ja lyhyet seisokit sekä alentunut nopeus vaikuttavat laitoksen tehokkuuteen. Lisäksi prosessiviadat ja pienentynyt tuotantomäärä alentavat tuotteiden laatua. Kyseiset kuusi hävikkiä on esitetty kuvassa 11.



**Kuva 11.** Kokonaistehokkuuden hävikit. (Modifioinut Järviö 2009. Alkuperäinen Nakajima 89)

Kokonaistehokkuuden tunnusluku on käytettävyyden (K), toiminta-asteen (N) ja laatukertoimen (L) tulo:

$$\text{KNL} = \text{Käytettävyys} * \text{toiminta-aste} * \text{laatukerroin}$$

Käytettävyyskerroin ilmaisee kuinka tehokkaasti työaika on käytetty (lasketaan minuutteja). Käytettävyyden keskiarvo Suomen teollisuudessa on 88 % (Mikkonen et al. 2009). Käytettävyys on myös häiriöprosentin käänteinen lukuarvo. Toiminta-asteen kerroin ilmoittaa kuinka tehokasta on tuotantotoiminta (lasketaan tuotantomääriä). Laatukerroin puolestaan ilmaisee kuinka suuri osuus tuotteista voidaan toimittaa markkinoille (lasketaan hyllyn määrä). (Järviö 2007) KNL-tunnusluvun keskimääräinen arvo Suomen teollisuudessa on 74,1 % (Mikkonen et al. 2009). KNL-luku voidaan ilmoittaa joko murtolukuna tai vaihtoehtoisesti prosentteina.

KNL-mittari on erittäin käyttökelpoinen mittari, mutta sen heikkous on se, että se ei millään tavalla ota huomioon kustannuksia (Järviö 2007). Lisäksi KNL ei kerro mikä aiheuttaa kyseisen tunnusluvun vaihtelun. Tästä syystä KNL-mittaria ei tule pitää ainoana mittarina yrityksessä vaan sitä tulee täydentää myös muilla mittareilla ja etenkin kustannuksia seuraavilla mittareilla. Täten saadaan kokonaisvaltaisempi kuva yrityksen toiminnasta.

### **3.4 Kunnossapitomittariston suunnittelu**

Tunnuslukujärjestelmiä rakennettaessa on yleisesti käytetty kolmea lähestymistapaa. Ensimmäisessä tavassa kunnossapidon mittaristo rakennetaan hierarkkisesti, jolloin esimerkiksi lähdetään liikkeelle yrityksen tuloksesta, pääoman tuottoasteesta (ROI), tuotannon kokonaistehokkuudesta (KNL), tuotantokoneiston käytettävyydestä tms., jotka jaetaan hierarkkisesti osatekijöihin ja kuvataan sitten tunnusluvuilla. Toisessa vaihtoehdossa valitaan kunnossapidon avainalueet ja tämän jälkeen määritellään kullekin avainalueelle soveliaita tunnuslukuja. Kolmas vaihtoehto on yhdistää edellä esitettyjen lähestymistapojen periaatteita uudeksi kombinaatiovaihtoehdoksi, jolloin määritellään kunnossapidon avainalueet ja toisaalta määritellään tunnusluvut eräänlaista hierarkkista luokittelua hyväksikäyttäen. (Mikkonen et al. 2009)

Mittareiden valintaprosessissa ei pidä lähteä siitä, että johto katsoo listaa mittareista ja valitsevat sieltä tuntuman perusteella mitkä mittarit kyseiselle laitokselle halutaan. Jokaisen tuotantolaitoksen yksilölliset tarpeet määrittävät sen mitä tulee mitata. Mittareiden valinta riippuu myös tuotantolaitoksen kyseisen hetken tarpeista. Voi olla, että tällä hetkellä on järkevää mitata tiettyjä prosesseja ja vuoden päästä muodostaa tunnuslukuja aivan eri asioista. Tämän vuoksi mittariston rakentaminen tulee lähteä nykytila-analyysistä jossa määritetään kunnossapidon nykyhetken tehokkuus ja sitä kautta mitattavat kohteet. Kunnossapitostrategia on myös merkittävä mittareiden valintaa ohjaava tekijä.

Kun mittaristo on saatu systemaattiseen käyttöön, on oleellista kehittää tunnuslukuja jatkuvasti jotta tunnusluvut pysyvät toiminnan muuttuessa ajan tasalla ja pystyvät kuvaamaan kulloisenkin toiminnallisen tilanteen aiheuttamaa muutosta (Kiiveri & Viertävä 2005). Mittaristo vaatii siis jatkuvaa kehitystä. Ensimmäisen käyttöönoton jälkeen ei saa jäädä vain seuraamaan mittaristosta saatavien tunnuslukujen vaihteluita. Kun asetetut tavoitteet on saavutettu ja tunnusluku stabiloitunut, siirrytään seuraavalle kehitysaskelle ja ryhdytään mittaamaan vallitsevaan tilanteeseen sopivia kehityskohteita.

## **4 NYKYTILA-ANALYYSI KAUKAAN SAHALLA**

Jotta voidaan parantaa kunnossapidon toimintaa, on tiedettävä kunnossapidon tehokkuuden lähtökohta. Tästä syystä ensin on tehtävä kattava analyysi kunnossapidon nykytilasta. Tämän tutkimuksen nykytila-analyysi pohjautuu tekniikan tohtori Jorma Järviön kehittämään menetelmään jota muokattiin yhteistyössä Järviön kanssa työhön soveltuvaksi. Tässä työssä nykytila-analyysillä selvitetään Kaukaan sahan kunnossapidon ja koneiden käytön nykyhetken tehokkuus. Nykytila-analyysi koostuu kolmesta osasta:

1. Kyselytutkimuksen teettäminen kunnossapitohenkilöstöllä
2. Nykytilan mittaus
3. Top-analyysit

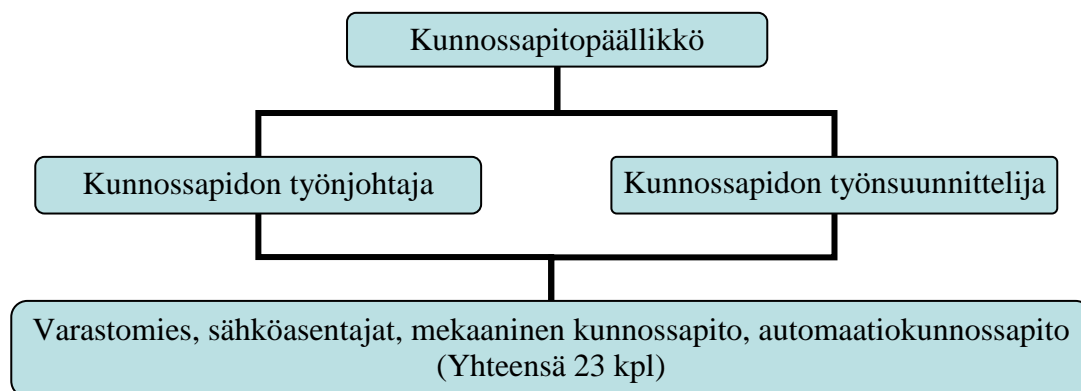
Kuten johdantokappaleessa mainittiin, Kaukaan sahalla otettiin maaliskuun lopulla käyttöön uusi kunnossapidon ja materiaalihallinnan tietojärjestelmä Arttu. Kyseinen tietojärjestelmävaihdos toi mukanaan ohjelmavaihdoksen lisäksi aivan uudet toimintamallit kunnossapito- ja ostotoiminnoille. Entistä tietojärjestelmää (Impower) käytettiin pääasiassa varastonhallintaan, kun taas uudessa järjestelmässä asentajat merkkavat työtunnit työmääräimille sekä kohdistavat kaikki varasto-otot myös niille. Lisäksi varastonhallinnan menettelytavat muuttuivat monelta osin.

### **4.1 Kaukaan saha**

Kaukaan saha on tällä hetkellä Suomen suurin saha (tuotantokapasiteetti 530 000 m<sup>3</sup>/v) ja edelläkävijä Pohjoismaissa mm. tukkilajittelussa, automatisoidussa keinokuivauksessa ja vannesahatekniikassa. Raaka-aineena Kaukaan sahalla käytetään ainoastaan mäntyä (yli milj. m<sup>3</sup>/v). Tuotanto on keskittynyt valmistamaan vakiosahatavaraa ja erikoistuotteita puusepänteollisuudelle,

huonekaluteollisuudelle ja jakelukauppaan (rakentamiseen). Osa jalostetaan höylätuotteiksi Kaukaan jalostetehtaalla. 70 % tuotannosta menee vientiin ja tärkeimmät asiakkaat ovat Iso-Britanniassa, Pohjois-Afrikassa ja Japanissa. Henkilöstöä Kaukaan sahalla on 170 ja lisäksi Kaukaan jalostetehtaalla 11.

Kaukaan sahan kunnossapidossa työskentelee tällä hetkellä yhteensä 28 henkilöä. Lisäksi tukkilajittelun ja kuorimon tuotantohenkilöstö (6 kpl) tekevät itse kaikki pienemmät remonttityöt kyseisissä työskentely-yksiköissä. Kaukaan sahan kunnossapito-organisaatio on havainnollistettu kuvassa 12. Kuvassa esitetyn henkilöstön lisäksi Kaukaan sahalla on yksi projekti-insinööri, joka voidaan myös katsoa kuuluvan kunnossapidon vahvuuteen (työkuvana lähinnä projektit ja investoinnit). Kuten kuvasta huomaa, jopa Suomen suurimmalla sahalla kunnossapito-organisaatio on hyvin kevyt. Tämä on otettava huomioon mittareita määritettäessä, sillä mittaristosta ei saa tulla liian kuormittava.



**Kuva 12.** Kaukaan sahan kunnossapito-organisaatio.

Kunnossapito on yrityksen toiminnoista yksi poikkiteknisimmistä ja –tieteellisimmistä. Kunnossapidon toiminta linkittyy lähes kaikkiin yrityksen toimintoihin sekä tukitoimintoihin. Kaukaan sahan kunnossapidossa voidaan havaita mm. seuraavia piirteitä ja sidoksia:

- **Resurssit:** koneet, laitteet
- **Ihmiset:** päällikkö, työsuunnittelija, työnjohtaja, työntekijät
- **Tietojärjestelmät:** häiriöraportointijärjestelmä, kunnossapidon tietojärjestelmä, osaluettelot ja sidokset, dokumenttien hallinta, tuotannon tietojärjestelmät
- **Toimintamallit:** suunnitelmallinen kunnossapito, vikatyö, ulkopuolinen työ
- **Projektit ja seisokit:** lyhyet ja keskipitkät seisokit, kesäseisokki, pienet ja isot projektit
- **Varaston hallinta:** nimikkeiden ylläpito, varaston arvon hallinta
- **Turvallisuus ja ympäristö:** ongelmajätteen lajittelu, turvallisuusohjeet, omaisuuden suojaus
- **Tuotanto:** käyttösuhde, tuotantomäärät, häiriöprosentit

#### 4.1.1 Kaukaan sahan nykyiset mittarit

Kaukaan sahan nykyiset mittarit koostuvat lähinnä taloudellisista ja tuotannollisista mittareista. Yleisimpiä ovat tuotanto per vuosi, häiriöprosentti, tukin käyttösuhde, toimitukset, poistot ja korot, myyntikate, käyttökate sekä operatiivinen tulos. Kyseiset mittarit kertovat historiatietoa sahan tilasta ja toiminnoista. Toimintaa ohjaavia ja reaaliaikaisia mittareita ei ole käytössä.

Kunnossapidon mittareita on todella vähän. Kaukaan sahan kunnossapidon toimintaa seurataan ainoastaan kustannukset per tuotantokuutio –mittarilla sekä lisäksi seurataan varastotilien saldoa. Kyseiset tunnusluvut saadaan kuukausi, kvartaali tai vuositasolla. Nämäkin mittarit ovat talousosaston hallinnoimia

mittareita joiden antamat tunnusluvut ilmoitetaan kunnossapidon esimiehille. Lisäksi häiriöprosentti voidaan katsoa liittyvän läheisesti tuotannon lisäksi kunnossapitoon.

## **4.2 Kyselytutkimus Kaukaan sahan kunnossapitohenkilöstölle**

Ensimmäinen vaihe nykytila-analyysissa oli kyselytutkimuksen teettäminen kunnossapitohenkilöstölle. Kyselytutkimus suoritettiin Kaukaan sahalta Joulukuun viikoilla 50, 51 ja 52. Kyselylomake oli pääosiltaan kvantitatiivinen, 16-kohtainen lomake, jossa oli lopussa myös kvalitatiivinen osio johon sai kirjoittaa vapaat kommentit (liite 1).

Kyselyn tarkoituksena oli selvittää kunnossapidon tehokkuus kunnossapitohenkilöstön näkökulmasta. Kyselyyn otettiin mukaan kaikkien UPM:n sahojen kunnossapidon organisaatio; kunnossapitopäällikkö, kunnossapidon työnjohtajat ja työsuunnittelijat sekä kaikki asentajat (mekaaninen ja sähkö). Kaukaan sahalta kyselyyn vastasi kaksikymmentäneljä kunnossapidon henkilöä kahdestakymmenestä kahdeksasta (24/28). Vastausprosentiksi saadaan näin ollen 86 %. Kyselytutkimuksen vastauksissa ja tuloksissa tulee huomioida se, että Kaukaan sahalta oli vielä käytössä vanha kunnossapidon tietojärjestelmä jota käytettiin pääosin varaston hallintaan.

### **4.2.1 Kyselyn tulokset – Kaukaan saha**

Seuraavassa on analysoitu Kaukaan sahalta suoritettujen kyselytutkimusten tuloksia kysymys kerrallaan. Analysointi on tehty taulukko 2:n sekä liite 2:ssa esitetyn palkkikuvaajan pohjalta. Kyseisessä kaaviossa palkit muodostuvat työntekijöiden, esimiesten sekä yhteenlaskettujen vastausten keskiarvosta. Keskiarvo on laskettu yhtälöstä:



$$Keskisarvo = \frac{1 * A + 2 * B + 3 * C + 4 * D + 5 * E}{Vastausten lukumäärä} \quad (1)$$

A,B,C,D,E = kyseisen vastausvaihtoehdon vastausten lukumäärä

Kyselytutkimuksen vastausten perusteella ennen kyselyä olisi ollut hyvä selvittää vastaajille mitä tarkoitetaan kullakin kysymyksellä. Kaukaan sahalla on suhteellisen korkea asentajien keski-ikä ja heillä on vakiintuneet työtavat. Näin ollen ei ole tietoa paremmasta ja tehokkaammasta tavasta tehdä töitä. Moni kunnossapitäjä ei varmasti pysty edes kuvittelemaan sellaista työympäristöstä, jossa työkalut ja luvat ovat valmiina kun työtä lähdetään tekemään. Tästä syystä joissakin vastauksissa tulokset voivat näyttää paremmalta kuin ne todellisuudessa on.

### 4.3 Nykytilan mittaus

Jotta kunnossapidon tilasta saadaan kattava kokonaiskuva, Järviö on valinnut tietyt mittarit jotka antavat tärkeitä tunnuslukuja ja tietoa kunnossapidon nykytilasta. Mittarit voidaan jakaa prosessimittareihin ja suorituskykymittareihin. Suorituskykymittarit jakautuvat vielä kunnossapitokustannuksia, kunnossapidon tehokkuutta sekä tuotantolinjan tehokkuutta -tarkasteleviin mittareihin. Nykytilan mittaus sisältää KNL-tunnusluvun määrittämisen viimeisen kolmen vuoden ajalta.

Sahateollisuus on erittäin suhdanneherkkä teollisuuden ala jonka vuoksi laskut on laskettu kolmelta edelliseltä vuodelta. Vuosi 2007 oli ennätysvuosi Kaukaan sahalla jolloin sahattiin 524 000 m<sup>3</sup>. Puolestaan kaksi edellistä vuotta (2008 ja 2009) olivat taantumana myötä erittäin heikkoja. Vuonna 2008 tuotanto ylsi 385 912 m<sup>3</sup>:iin ja vuonna 2009 sahattiin 318 375 m<sup>3</sup>. Vaikka laskuissa otetaan keskiarvo kolmelta vuodelta, jää keskiarvo silti kaikilla mittareilla mitattuna normaalia tasoa heikommaksi. Kolmen vuoden keskiarvo on kumminkin hyvin

vertailukelpoinen arvo, sillä mukaan mahtuu ennätysvuosi sekä kaksi heikompaa vuotta.

#### **4.3.1 Prosessimittarit**

Prosessimittareiden tarkoituksena on selvittää kunnossapitoprosessien nykyhetken tehokkuutta. Prosessimittarit koostuvat kymmenestä kunnossapidon vakiomittarista, joilla selvitetään kunnossapidon perusasioiden hallintaa. Kuten aiemmin työssä on todettu, Kaukaan sahan kunnossapito ei ole vanhan tietojärjestelmän aikana käyttänyt työmääriä eikä merkinnyt mitään dataa töistään tietojärjestelmiin. Tästä syystä kaikkiin prosessimittareihin voidaan antaa vain suuntaa antava arvio. Datan puuttuminen antaa myös arvokasta tietoa siitä, että suunnitelmallisuutta ei ole. Prosessimittareita tarkasteltiin Kaukaan sahan kunnossapidon työsuunnittelijan kanssa joka osaa parhaiten arvioida kunnossapidon toimintaa Kaukaan sahalla.

#### **4.3.2 Suorituskykymittarit**

Suorituskykymittareiden avulla selvitetään prosessien ja koko kunnossapidon taloudellista tehokkuutta. Suorituskykymittarit koostuvat kolmestatoista kunnossapidon mittarista jotka jaetaan viiteen osioon; Kunnossapitokustannukset, Kunnossapidon tehokkuus, Tuotantolinjan tehokkuus, Varastojen kierto ja KNL. Osaan suorituskykymittareista data on saatu Kaukaan sahan talouden raporteista. Tiedyt tunnusluvut on puolestaan laskettu tuotantoraporttien pohjalta (esim. KNL). Laskut voidaan nähdä liitteestä 3 (salainen versio).

## 1. Kunnossapitokustannukset

Tuotantoon nähden kustannustehokkain vuosi oli 2007, jolloin tehtiin uusi tuotantoennätys. Kunnossapitokustannuksia on siis onnistuttu pienentämään tuotannon mukana.

Työssä ei määritetty jälleenhankinta-arvoa laskujen kuormittavuuden vuoksi. Tästä syystä mittareissa joissa kyseistä tietoa tarvitaan, on tunnusluku jätetty määrittämättä. Tuotannon käydessä täysillä resurssit ovat siis tiukalla. Tällöin suunnitelmallisuus nousee ensiarvoiseen asemaan.

## 2. Kunnossapidon tehokkuus

Kunnossapidon tietojärjestelmän käytön rajoituessa ainoastaan varaston hallintaan, on mahdotonta selvittää kunnossapidon tehokkuutta mittareilla. Tästä syystä taulukossa 5 olevista mittareista 6, 7 ja 8 ei saada minkäänlaisia tunnuslukuja.

## 3. Tuotantolinjan tehokkuus

Kaukaan sahan käyttöasteen vaihtelu on rajua. Etenkin kun verrataan vuoden 2007 tunnuslukua vuoden 2009 tunnuslukuun. Tämä osoittaa sen, että parhaimpana vuotena Kaukaan sahan käyttöaste on noin X % ja kun tuotantoa rajoitetaan, laskee käyttöaste lähes samassa suhteessa. Keskiarvo viimeiseltä kolmelta vuodelta on X %. Käytettävyys sen sijaan koko sahasa on X %:in molemmin puolin. Prosessivaiheiden välillä on suuret erot. Häiriöseisokeista voidaan vetää samat johtopäätökset kuin käytettävydestä, sillä häiriöprosentti on käytettävyyden käänteinen arvo.

#### 4. Varastojen kierto

Varaston kierto on Kaukaan sahalla hyvä. Laskelmiin ei ole huomioitu hyllytyspalvelua tai toimittajavarastoitavia nimikkeitä. Varaston kokonaismäärä on laskenut lähestulkoon samassa suhteessa käytön kanssa vuodesta 2007 vuoteen 2009. Varaston kierron keskiarvo vuosilta 2007-2009 on X,XX.

#### 5. Kohdelaitoksen KNL

Markkinaheilahteluiden vuoksi KNL-luku määritettiin Kaukaan sahassa vuosilta 2007, 2008 ja 2009 sekä näiden vuosien keskiarvona prosessivaiheittain. Vuonna 2007 oli huippuvuosi jolloin kohdelaitoksessa tehtiin uusi tuotantoennätys ja puolestaan viime vuonna (2009) tuotantoa rajoitettiin huomattavasti. Tästä syystä myöhemmin laskettu kokonaistehokkuus on suuntaa antava.

Tiedot kokonaistehokkuuden laskentaa varten on saatu tuotannon raportointijärjestelmistä. Kaukaan sahalla on käytössä häiriöraportointijärjestelmä josta saadaan suoraan häiriöprosentti josta voitaisiin määrittää mm. käytettävyyseroin suoraan. Kyseinen järjestelmä antaa tarkkaa dataa, mutta järjestelmän kaatumisten ja ylläpito-ongelmien vuoksi tiedossa on pientä heittoa. Käytettävyys laskettiin manuaalisesti ottamalla tiedot luotettavista tuotannon raporteista. Kaukaan sahan eri prosessivaiheiden käytettävyys laskettiin kaavasta:

$$K = \frac{\text{työaika} - \text{häiriöt} - \text{tauot}}{\text{työaika} - \text{tauot}} \quad (2)$$

Tässä tapauksessa käytettävyys pystyttiin laskemaan kaavan mukaan koska häiriöminuutit lasketaan sahalinjojen seisomisen mukaan (pullonkaulat). Tukkilajittelun ja tasaamon käytettävyyttä ei voitu vuodelle 2009 laskea, sillä tuotannon raportointijärjestelmässä oli juuri kyseiseen aikaan vikaa ja

resurssipulan vuoksi sitä ei ehditty korjata. Kaukaan sahan eri prosessivaiheiden nopeuskerroin (toiminta-aste) laskettiin puolestaan kaavasta:

$$N = \frac{\text{tehty tuotanto}}{\text{nimellinen tuotantokyky}} \quad (3)$$

Nopeuskertoimen määrittämisessä ongelmia aiheuttaa sahateollisuudessa vuodenaika joka vaikuttaa ajonopeuteen. Nopeuskerroin tulisikin määrittää viikoittain ottaen huomioon linjojen hidastuminen talvella sahattaessa sekä suunniteltu sahauserä. Laskuissa tukkiväliksi määritettiin 0 metriä koska se helpottaa laskemista ja mahdollisesti vertailua muihin sahateollisuuden laitoksiin. 0-tukkiväli heikentää KNL-tunnuslukua merkittävästi joka täytyy muistaa kokonaistehokkuutta tarkasteltaessa.

Laatukerroin puolestaan laskettiin suoraan toteutuneen tuotannon ja hylkytavarän suhteesta. Huonoimmatkin laadut laskettiin mukaan tuotettuihin kuutioihin (D-luokka). Laatukertoimeen vaikuttaa vahvasti myös tukkilaatu ja lisäksi tuotannossa sahatavara voi joutua hakkuun monessa eri prosessivaiheessa. Näitä seikkoja ei myöskään huomioida laatukertoimessa. Laatukerroin laskettiin kaavasta:

$$L = \frac{\text{tehty tuotanto} - \text{hylky}}{\text{tehty tuotanto}} \quad (4)$$

Suurimmat haasteet KNL-tunnusluvun laskemisessa on nopeuskertoimen nimellistuotannon määrittäminen. Kyseistä lukua ei voida määrittää vain arviolta vaan sen täytyy perustua laitteiden maksimituotantokykyyn. Se kuinka nimellistuotantokyky määritettiin tässä työssä, on esitetty liitteessä 4. Tasaamon nimellistuotantokykyä ei voitu määrittää sillä kyseisen laitoksen pullonkaula-koneen ja sen nimellistuotantokyvyn määrittäminen olisi ollut työmäärältään

diplomityön laajuuteen nähden liian suuri. Tasaamon nimellistuotantokyvyn on arvioinut Kaukaan tuotantopäällikkö Harry Hellsten.

Taulukosta voidaan havaita, että merkittävin tunnuslukua laskeva kerroin on nopeuskerroin. Vaikka käytettävyys on suhteellisen hyvällä tasolla, on linjoissa havaittavissa kroonisia häiriöitä jotka laskevat tuotantomääriä ja vaikuttavat merkittävästi nimellistuotantokykyyn. Täytyy myös muistaa, että nopeuskertoimen määrittämisessä käytettiin 0-tukkiväliä joka ei ole nykyisellä laitteistolla ja teknologialla saavutettavissa.

Merkittävin huomio kiinnittyy tukkilajittelun nopeuskertoimeen. Prosessimittareissa todettiin, että aikataulutettuja huoltoja tehdään ainoastaan tukkilajittelussa ja tasaamalla. Tämä tekijä voi olla osatekijä näiden kohteiden käytettävyyden huomattavasti parempaan tunnuslukuun. Puolestaan huolto syö nopeuskertoimen tunnuslukua sillä se on laskettu suunnitelluista työminuuteista, jotka lasketaan tuotantoaikaan. Sahalaitoksessa tehdään viikonloppuisin ainoastaan tarvittavat korjaukset ja huollolle harvoin jää aikaa.

Huoltotyöt eivät täysin selitä tukkilajittelun huonoa nopeuskerrointa. Huoltotöiden osuus on vuodessa noin X minuuttia joka vaikuttaa nopeuskertoimeen vain muutaman prosenttiyksikön verran. Tukkilajittelun nopeuskertoimeen vaikuttaa vahvasti sen suuri kapasiteetti. Tukkilajittelu joutuu myös hidastamaan tahtia niin epävarman tukkisaatavuuden kuin sahan takia. Toisin sanoen sahalinjojen KNL vaikuttaa myös tukkilajittelun KNL:ään sillä sahalinjat ovat vertailukohteissa pullonkaula.

**Taulukko 2.** Kaukaan sahan kokonaistehokkuus prosessivaiheittain vuosilta 2007–2009.

Prosessivaiheet	<b>K</b> (Käytettävyys)	<b>N</b> (Nopeus)	<b>L</b> (Laatu)	<b>KNL</b> prosessivaiheittain
<b>Tukkilajittelu (2007-2009)</b>	0,XX	0,XX	0,XX	<b>0,XX</b>
<b>Päälinja (2007-2009)</b>	0,XX	0,XX	0,XX	<b>0,XX</b>
<b>PT-linja (2007-2009)</b>	0,XX	0,XX	0,XX	<b>0,XX</b>
<b>Tasaamo (2007-2009)</b>	0,XX	0,XX	0,XX	<b>0,XX</b>

Taulukossa 9 on esitetty Kaukaan sahan KNL-tunnusluku kolmen edellisen vuoden keskiarvona.

**Taulukko 3.** Kaukaan sahan kokonaistehokkuus vuosilta 2007–2009 (keskiarvo prosessivaiheista).

	<b>K</b> (Käytettävyys)	<b>N</b> (Nopeus)	<b>L</b> (Laatu)	<b>KNL</b>
<b>Kaukaan sahan KNL 2007-2009:</b>	0,XX	0,XX	0,XX	<b>0,XX</b>

Kun tarkastellaan kokonaistehokkuutta vuositasolla (taulukko 10), voidaan havaita, että KNL-tunnusluku laskee vuodesta 2007 lähtien (tuotantoennätysvuosi) aina vuoteen 2009 jolloin tuotantoa supistettiin rajusti. Taulukon tulos osoittaa sen, että käyntiasteella on vaikutusta KNL-tunnuslukuun. Tämä täytyy ottaa huomioon kokonaistehokkuutta tarkasteltaessa.

**Taulukko 4.** Kaukaan sahan kokonaistehokkuus vuosina 2007–2009.

	<b>K</b> (Käytettävyys)	<b>N</b> (Nopeus)	<b>L</b> (Laatu)	<b>KNL</b>
<b>Kaukaan sahan KNL 2007:</b>	0,XX	0,XX	0,XX	<b>0,XX</b>
<b>Kaukaan sahan KNL 2008:</b>	0,XX	0,XX	0,XX	<b>0,XX</b>
<b>Kaukaan sahan KNL 2009:</b>	0,XX	0,XX	0,XX	<b>0,XX</b>

Kokonaistehokkuuden kannalta Kaukaan sahan kolmen vuoden tarkastelu-ajanjakso mukailee Komosen esittämää Käyntiaste – Kannattavuus –mallia (kuva 13). Silloin kun käyntiaste on korkea, myös KNL-tunnusluku nousee. Kun puolestaan käyntiaste on heikompi, myös kokonaistehokkuus heikkenee. Tämä ilmiö voidaan havaita myös taulukossa 10.



**Kuva 13.** Liiketoimintatilanteen vaikutukset kunnossapidon toimintamalleihin. (Komonen 2009)



Kun tarkastellaan KNL:n vaikutusta liikevaihtoon tuotantoprosessin pullonkaulojen eli sahalinjojen mukaan (liite 6), voidaan havaita menetety liikevaihdon olevan merkittävä. Vuonna 2007, jolloin tuotanto oli normaalilla tasolla, menetetty liikevaihto oli päälinjalla X M€ ja pientukkilinjalla X M€. Yhteenlaskettuna sahalla menetetty liikevaihto oli KNL:n perusteella vuonna 2007 noin X miljoonaa euroa. Yksi prosenttiyksikkö vastaa näin ollen X euroa. Vuosina 2007 ja 2008 menetetty liikevaihto oli merkittävästi pienempi tuotannon rajoitusten ja alhaisemman kuutiokeskihinnan vuoksi. Luvut ovat suuntaa antavia, joiden tarkoitus on antaa käsitys niiden muuttujien merkityksestä, jotka KNL-tunnuslukuun vaikuttavat.

#### **4.4 Top-analyysi**

Top-analyysin tarkoituksena on löytää mahdollisia mittaushavaintoja linjasta. Jos analyysissä havaitaan, että tietyt kaavat toistuvat häiriöissä, voidaan työssä suositella näiden kohteiden mittaamista (esim. MTBF tai MDT) sekä työmääräinraporttien (uudessa tietojärjestelmässä) tarkkaa analysointia jolloin päästään puuttumaan häiriöitä aiheuttaviin syihin. Häiriöraportointijärjestelmä on käytössä sahalaitoksen pää- ja pientukkilinjalla sekä tasaamalla. KNL:n määrittämisessä havaittiin, että Kaukaan sahalla heikoin käytettävyyden on sahalaitoksen pientukkilinjalla sekä päälinjalla. Tästä syystä top-analyysissä keskitytään ainoastaan käsittelemään sahalinjoja.

Kaukaan sahalla on ollut vuodesta 2004 lähtien häiriöraportointijärjestelmä johon sahalaitoksen on ilmoitettava häiriöpaikka, häiriökohte, häiriön syy sekä häiriöön ja sen korjaamiseen kulunut aika. Nämä tiedot on ilmoitettava jos linja seisoo yli 3 minuuttia. Puolestaan 20-180 sekunnin häiriöt merkitään pientukkilinjoille ei anneta tarkempia tietoja seisokin syystä. Häiriöraportointijärjestelmään syötetty data saadaan ulos top-kymmenen listoina. Järjestelmästä on mahdollista saada top-kymmenen häiriöpaikat, häiriökohteet, häiriöt (kesto) sekä häiriöt (kpl).

Häiriöraportointijärjestelmässä on yksi syy joka vääristää hieman laskentaa. Tämä on *terien vaihto, tauolla*. Tämä on haluttu ottaa mukaan häiriöraportointijärjestelmään koska silloin voidaan seurata terävaurioiden aiheuttamia häiriöitä verrattuna tauolla hallitusti tehtyihin terien vaihtoihin. Vuonna 2009 tauolla tehtyihin terien vaihtoon meni X minuuttia joka on kokonahäiriöminuuteista X %.

#### **4.4.1 Top-analyysi sahalaitoksen päälinjalla**

Päälinjalla KNL-tunnusluvaksi saatiin viimeisen kolmen vuoden keskiarvona 0,XX. Päälinja on sahan tuotannon ja arvon tuottamisen kannalta kriittinen osa-alue sillä päälinjalla sahataan järeämpi ja laadultaan parempi tukki jolloin myös saadaan laadukkaampaa sahatavaraa ja näin ollen arvosaanto on parempi kuin pientukkilinjalla. Tämän vuoksi myös päälinjan käynti on prioriteettina korkeammalla kuin pientukkilinja. Päälinjalla oli vuonna 2009 häiriöminuutteja yhteensä X minuuttia. Näistä häiriöitä (yli 3 min) oli X minuuttia ja pientukkilinjalla X minuuttia. Tekstissä häiriöllä tarkoitetaan yli kolmen minuutin häiriöitä, joista on laskettu pientukkilinjan häiriöminuutit pois.

#### **Top-10 häiriöpaikat 2009**

Taulukossa 11 on esitetty laitepaikat joihin on kertynyt eniten häiriöminuutteja päälinjalla (top-10). Vuonna 2009 eniten häiriöminuutteja kertyi X-paikalle (X min). Puolestaan kymmenenneksi eniten minuutteja kertyi X:ään (X min). Yhteensä top-10 häiriöpaikoissa oli häiriöitä X minuuttia. Puolestaan linjassa oli häiriöitä yhteensä X minuuttia. Tästä voidaan laskea, että häiriöminuuteista kymmenen eniten vikaantuvaa paikkaa muodostaa X % kaikista häiriöminuuteista.

**Taulukko 5.** Top-10 häiriöpaikkojen häiriöiden kestot ja lukumäärät päälinjalla vuonna 2009.

ID	Paikka	Lkm	Kesto [min]
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
	<b>Yhteensä</b>	<b>XXX</b>	<b>XXX</b>
	<b>Pienhäiriöt yhteensä:</b>	<b>XXX</b>	<b>XXX</b>

Kolme ensimmäistä paikkaa muodostavat yli puolet top-kymmenen paikan häiriöminuuteista. Tästä voidaan päätellä, että näiden kolmen paikan vikaantumisten syyt tulisi ensimmäisenä tutkia tarkemmin. Jos Kaukaan sahalla olisi työmääräinkäytäntö ollut käytössä, tutkittaisiin kyseisten paikkojen vikaantumisraportit ja katsottaisiin mikä kyseisillä paikoilla aiheuttaa eniten häiriöminuutteja. Nyt voidaan vain suositella, että kyseiset paikat laitetaan erikoistarkkailuun ja uuden kunnossapidon tietojärjestelmän kautta kyseisten paikkojen vikoja analysoidaan tarkemmin.

#### Top-10 häiriökohteet 2009

Taulukossa 12 on esitetty häiriökohteet joihin on eniten kertynyt häiriöminuutteja (top-10). Häiriökohteilla tarkoitetaan tässä tapauksessa laitetasoa. Ylivoimaisesti eniten häiriöminuutteja kertyi vuonna 2009 X-kohteeseen (X min). Kymmenenneksi eniten häiriöminuutteja kertyi kohteeseen X (X min). Yhteensä top-10 häiriökohteissa oli häiriöitä X minuuttia. Kun häiriöminuutteja linjassa oli yhteensä X minuuttia, voidaan laskea, että häiriöminuuteista kymmenen eniten vikaantuvaa kohdetta muodostavat X % kaikista häiriöminuuteista.

**Taulukko 6.** Top-10 häiriökohteiden häiriöiden kestot ja lukumäärät päälinjalla vuonna 2009.

ID	Kohde	Lkm	Kesto [min]
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
	<b>Yhteensä</b>	<b>XXX</b>	<b>XXX</b>
	<b>Pienhäiriöt yhteensä:</b>	<b>XXX</b>	<b>XXX</b>

Kaksi eniten häiriöminuutteja kerännyttä kohdetta liittyvät edellisessä häiriöpaikat analyysissa eniten häiriöminuutteja keränneeseen paikkaan (X ja X). Nämä kaksi kohdetta muodostaa kyseisen paikan häiriöminuuteista X %. Kyseisten kohteiden vikahistoriaa tulisi tutkia ensimmäisenä ja selvittää mitkä laitteet kohteessa ovat häiriöalttiita ja kehittää analyysin pohjalta mahdollinen kohdetta parantava ratkaisu joka vähentäisi kohteen vikaantumista. Tämän lisäksi kohteille tulisi tehdä vikakorjaussuunnitelma sekä päivittää ennakkohoutosuunnitelma analyysin pohjalta vastaamaan korkeisiin häiriölukemiin. Tämän suunnitelman toteutumista voitaisiin seurata MTBF-mittarilla.

#### Top-10 häiriöt (kpl) 2009

Taulukossa 13 on esitetty lukumäärältään eniten häiriöitä aiheuttaneet syyt päälinjalla (top-10). Ylivoimaisesti eniten lukumäärällisesti vuonna 2009 häiriöitä aiheutti X (X kpl). Kymmenenneksi eniten häiriöitä aiheutti X (X kpl). Yhteensä top-10 häiriöiden lukumäärä oli X kappaletta ja häiriöminuutteja näistä koostuu X minuuttia. Päälinjalla oli häiriöitä yhteensä X minuuttia, jolloin lukumäärältään kymmenen eniten vikaa aiheuttanutta syytä muodostavat X % kaikista häiriöminuuteista.

**Taulukko 7.** Top-10 häiriöt lukumäärän mukaan ja niiden kestot päälinjalla vuonna 2009.

<b>ID</b>	<b>Syy</b>	<b>Lkm</b>	<b>Kesto [min]</b>
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
	<b>Yhteensä</b>	<b>XXX</b>	<b>XXX</b>
	<b>Pienhäiriöt yhteensä:</b>	<b>XXX</b>	<b>XXX</b>

Kuten taulukosta 13 huomataan, lukumäärältään kymmenen eniten häiriöitä aiheuttaneista syistä suurin osa on tuotantohäiriöistä aiheutuneita. Tuotantohäiriöiden syyt voivat tietysti olla myös kone- tai sähköteknisestä viasta aiheutunut tai laitteessa on tapahtunut suunnitteluvirhe, jonka vuoksi niitä ei voi sivuuttaa sillä verukkeella, että ne eivät liittyisi millään tavalla kunnossapitoon. Tämän vuoksi myös tuotannolliset häiriöt (esim. ruuhka, tukos) tulee tutkia kunnossapidon näkökulmasta.

Häiriölukumäärän perusteella tulisi tehdä X:ään liittyvien toimintamallien analysointi josta voidaan päätellä olisiko joissakin toimintamalleissa tehostamisen ja parantamisen varaa. X:ään on vaikeampi vaikuttaa sillä se vaatii tiettyjen ammattilaisten panosta.

#### Top-10 häiriöt (kesto) 2009

Taulukossa 14 on esitetty keston mukaan eniten häiriöminuutteja aiheuttaneet syyt päälinjalla (top-10). Vuonna 2009 eniten häiriöminuutteja syntyi X:stä (X min). Kymmenenneksi eniten häiriöminuutteja kertyi X-vioista (X min). Yhteensä top-10 häiriöminuutteja aiheuttaneista syistä kertyi X minuuttia. Päälinjassa oli

häiriöitä X minuuttia, jolloin kestoltaan kymmenen eniten vikaantunutta syytä muodostavat X % kaikista häiriöminuuteista.

**Taulukko 8.** Top-10 häiriöt keston mukaan päälinjalla vuonna 2009.

ID	Paikka	Lkm	Kesto [min]
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
	<b>Yhteensä</b>	<b>XXX</b>	<b>XXX</b>
	<b>Pienhäiriöt yhteensä:</b>	<b>XXX</b>	<b>XXX</b>

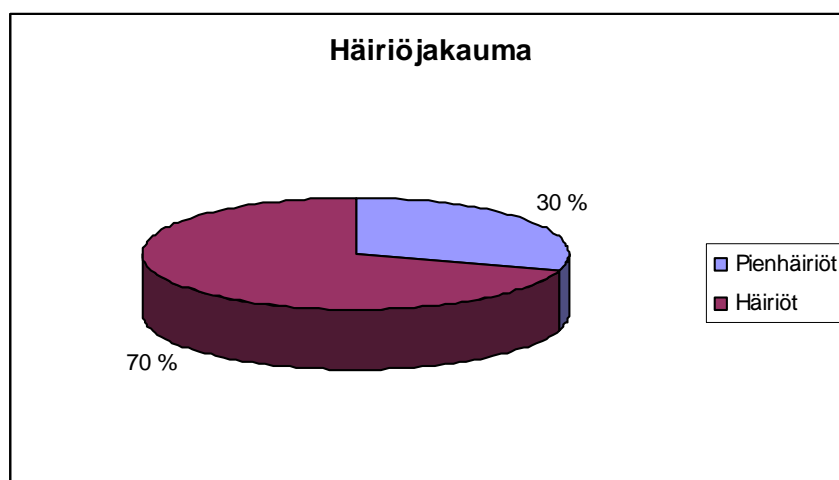
Vaikka *X-vika* on häiriöiden lukumäärältään vasta kahdeksanneksi yleisin, on häiriöiden yhteenlaskettu kesto toiseksi suurin. Tämä syy on kunnossapidon näkökulmasta se olennaisin häiriöiden syy jonka häiriöminuutteja tulisi pyrkiä vähentämään. Myös tuotannon tulisi analysoida omien toimintamallien tehokkuutta päälinjalla. Esimerkiksi voisiko X-toiminnon suorittaa tehokkaammin sillä X on eniten häiriöminuutteja aiheuttanut syy ja muodostaa X % kaikista häiriöminuuteista. Lisäksi tuotannon ja kunnossapidon tulisi porukalla tutkia päälinjan toimintaa parantavista muutoksista joilla saataisiin pudotettua häiriön aiheuttajia pois.

#### 4.4.2 Top-analyysi sahalaitoksen pientukkilinjalla

Pientukkilinjan viimeisen kolmen vuoden KNL-tunnusluvun keskiarvo on todella heikko: X,XX. Tästä syystä päälinjan jälkeen tämä on kriittisyysasteella toiseksi korkeimmalla. Pientukkilinjalla oli vuonna 2009 häiriöitä yhteensä X minuuttia. Näistä häiriöitä (yli 3 min) oli X minuuttia ja pienhäiriöitä X minuuttia. Lukemista voidaan havaita, että pienhäiriöiden määrä suhteessa kaikkiin häiriöihin on merkittävästi suurempi kuin päälinjalla. Tekstissä häiriöllä

tarkoitetaan yli kolmen minuutin häiriötä, joista on laskettu pienhäiriöminuutit pois.

Pientukkilinjalla pienhäiriöminuutit muodostavat X % kaikista häiriöistä (kuva 18). Tämä merkitsee sitä, että vuonna 2009 pientukkilinja seisoi pienhäiriöiden vuoksi X minuuttia, joka on yli X vuoroa (7,25 h / vuoro) tai puolestaan yli X työvuorokautta (kahdessa vuorossa). Tästä voidaan laskea (liite X), että pientukkilinjan pienhäiriöiden vuoksi menetetty liikevaihto on noin X euroa. Jos otettaisiin huomioon linjan seisomisesta aiheutuneet kokonaiskustannukset, olisivat menetykset vielä merkittävästi suuremmat.



**Kuva 14.** Pienhäiriöiden ja häiriöiden osuus kaikista häiriöistä.

#### Top-10 häiriöpaikat 2009

Taulukossa 15 on esitetty laitepaikat joihin on kertynyt eniten häiriöminuutteja pientukkilinjalla (top-10). Vuonna 2009 ylivoimaisesti eniten häiriöminuutteja kertyi X -paikalle (X min). Puolestaan kymmenenneksi eniten minuutteja kertyi X-paikalle (X min). Yhteensä top-10 häiriöpaikkoihin kului häiriöminuutteja X minuuttia. Pientukkilinjassa oli yhteensä häiriöitä X minuuttia. Tästä voidaan laskea, että häiriöminuuteista kymmenen eniten vikaantuvaa paikkaa muodostaa X % kaikista häiriöminuuteista.

**Taulukko 9.** Top-10 häiriöpaikkojen häiriöiden kestot ja lukumäärät PT-linjalla vuonna 2009.

ID	Paikka	Lkm	Kesto [min]
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
	<b>Yhteensä</b>	<b>XXX</b>	<b>XXX</b>
	<b>Pienhäiriöt yhteensä:</b>	<b>XXX</b>	<b>XXX</b>

Kuvassa 19 on pylväsdiagrammina esitetty paikkojen häiriöminuutit. Kuvaajassa suurimman huomion saa eniten vikaantunut paikka (X) jossa häiriöiden yhteenlaskettu kesto on yli kaksinkertainen verrattuna toiseksi eniten vikaantuneeseen paikkaan ja muodostaa yli kolmasosan häiriöminuuteista pienetukkilinjalla. Tämän paikan häiriöiden selvittäminen on ensiarvoisen tärkeää pienetukkilinjassa. Tekemättä yhtäkään laskutoimitusta voidaan sanoa, että kyseisen paikan häiriöistä aiheutuneet kustannukset ovat merkittävät. Kyseisen paikan analysoinnilla tulisi selvittää mahdolliset parannusvaihtoehdot, vikaantumisien korjausohjeet sekä tarkastaa kyseisen paikan laitteiden ennakkohuoltosuunnitelma. Toiseksi ja kolmanneksi eniten häiriöminuutteja kertyneille paikoille tuli yhteenlaskettuna X minuuttia. Nämä kaksi paikkaa tulisi ottaa käsittelyyn heti ensimmäisen paikan jälkeen.

#### Top-10 häiriökohteet 2009

Taulukossa 16 on esitetty häiriökohteet joihin on eniten kertynyt häiriöminuutteja pienetukkilinjalla (top-10). Häiriökohteilla tarkoitetaan tässä tapauksessa laitetasoa. Eniten häiriöminuutteja kertyi vuonna 2009 X –kohteeseen (X min). Kymmenenneksi eniten häiriöminuutteja kertyi kohteeseen X (X min). Yhteensä top-10 häiriökohteisiin kului häiriöminuutteja X minuuttia. Kun pienetukkilinjassa



oli häiriöitä yhteensä X minuuttia, voidaan laskea, että häiriöminuuteista kymmenen eniten vikaantuvaa kohdetta muodostavat X % kaikista häiriöminuuteista.

**Taulukko 10.** Top-10 häiriökohteiden häiriöiden kestot ja lukumäärät PT-linjalla vuonna 2009.

ID	Kohde	Lkm	Kesto [min]
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
	<b>Yhteensä</b>	<b>XXX</b>	<b>XXX</b>
	<b>Pienhäiriöt yhteensä:</b>	<b>XXX</b>	<b>XXX</b>

Kuvan X palkkikuvaajasta voidaan havaita kahden eniten vikaantuneen kohteen olevan reilusti muita kohteita vika-alttiimpaa (X ja X). Nämä kohteet muodostavat X % top-kymmenen kohteiden häiriöminuuteista ja ovat myös häiriöiden lukumäärän mukaan eniten vikaantuvia kohteita.

Pientukkilinjan top-kymmenen kohteet -listalta neljä kohdetta liittyvät edellisessä häiriöpaikat analyysissä eniten häiriöminuutteja keränneeseen paikkaan. Nämä neljä kohdetta muodostavat kyseisen paikan häiriöminuuteista X %. Top-kymmenen kohteiden avulla päästiin siis pureutumaan tarkemmin missä kyseisen paikan viat sijaitsevat. Näin voidaan tarkentaa häiriöpaikat -kappaleessa X-paikkaan annettujen suositustoimenpiteiden aloittamista näistä neljästä kyseiseen paikkaan liittyvästä kohteesta (X, X, X ja X). Kyseiseen paikkaan tehtävän suunnitelman tehokkuutta voitaisiin seurata MTBF-mittarilla.

## Top-10 häiriöt (kpl) 2009

Taulukossa 17 on esitetty lukumäärältään eniten häiriöitä aiheuttaneet syyt pientukkilinjalla (top-10). Lukumäärällisesti eniten vuonna 2009 häiriöitä aiheutti X (X kpl). Kymmenenneksi eniten häiriöitä aiheutti X (X kpl). Yhteensä top-10 häiriöiden lukumäärä oli X kappaletta ja häiriöminuutteja näistä koostuu X minuuttia. Pientukkilinjalla oli häiriöitä yhteensä X minuuttia, jolloin lukumäärältään kymmenen eniten vikaa aiheuttanutta syytä muodostavat X % kaikista häiriöminuuteista.

Analyysia tehdessä *Muu syy* on aina hankala käsitellä, sillä kyseisen syyn aiheuttajiin ei päästä helposti pureutumaan syvemmälle. Vuonna 2009 *Muu syy* oli vielä lukumäärältään suurin häiriöiden aiheuttaja Kaukaan sahan pientukkilinjalla. Herää kysymys, että puuttuuko häiriöraportointijärjestelmästä jokin merkittävä häiriöiden aiheuttaja jonka voisi lisätä syy-listaan vai onko *Muu syy* on valittu usein sen helppouden vuoksi.

**Taulukko 11.** Top-10 häiriöt lukumäärän mukaan ja niiden kestot PT-linjalla vuonna 2009.

ID	Syy	Lkm	Kesto [min]
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
	<b>Yhteensä</b>	<b>XXX</b>	<b>XXX</b>
	<b>Pienhäiriöt yhteensä:</b>	<b>XXX</b>	<b>XXX</b>

Pientukkilinjalla X oli vuonna 2009 häiriölukumäärältään suurin häiriöiden aiheuttaja. Toiseksi eniten häiriöitä aiheuttanut syy (X) ei jää paljon jälkeen eniten aiheuttaneesta syystä. Myös kolmanneksi eniten häiriöitä aiheuttanut syy on merkittävästi suurempi kuin loput top-kymmenen listan häiriöitä aiheuttaneista

syistä. Top-kolme syiden aiheuttajat ovat kaikki enemmän tai vähemmän tuotannosta aiheutuneita syitä. Näiden syiden analysointiin tulisi osallistua tuotannon sekä kunnossapidon henkilöitä. Syyt vaikuttavat tuotantoon liittyviltä syiltä, mutta kunnossapito voi tuoda uuden parannus ratkaisun linjaan.

#### Top-10 häiriöt (kesto) 2009

Taulukossa 18 on esitetty keston mukaan eniten häiriöminuutteja aiheuttaneet syyt pienetukkilinjalla (top-10). Vuonna 2009 eniten häiriöminuutteja syntyi X:ään (X min) joka on myös lukumäärällisesti toiseksi suurin häiriöiden aiheuttaja. Kymmenenneksi eniten häiriöminuutteja kertyi X (X min). Yhteensä top-10 häiriöminuutteja aiheuttaneista syistä kertyi X minuuttia. Puolestaan pienetukkilinjan kaikki häiriöt olivat yhteensä X minuuttia, jolloin kestoltaan kymmenen eniten vikaantunutta syytä muodostavat X % kaikista häiriöminuuteista.

**Taulukko 12.** Top-10 häiriöt keston mukaan PT-linjalla vuonna 2009.

ID	Syy	Lkm	Kesto [min]
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
X	XXX	XXX	XXX
	<b>Yhteensä</b>	<b>XXX</b>	<b>XXX</b>
	<b>Pienhäiriöt yhteensä:</b>	<b>XXX</b>	<b>XXX</b>

Häiriön keston mukaan top-kymmenen listan kaksi ensimmäistä syytä ovat aivan samat kuin lukumäärän mukaan listattuna mutta vain toisinpäin. Suoraan kunnossapidon tonttiin liittyvistä häiriöstä X aiheutti X minuuttia. Tämä syy on kunnossapidon näkökulmasta se olennaisin häiriöiden syy jonka häiriöminuutteja

tulisi pyrkiä vähentämään. Kuten aiemmissa analyyseissa todettiin, tuotannon ja kunnossapidon tulisi myös yhdessä analysoida tuotannollisia syitä koska häiriön syy ei ota kantaa syy-seuraussuhteeseen, jolloin juurisyy voi olla kunnossapidon tontilla.

## 5 BENCHMARKING

Benchmarkingin tarkoitus on hakea parhaita tapoja työskennellä. Tämä tehdään vertailemalla omaa toimintaa parhaaseen toimijaan alasta riippumatta. Tosin parhaat toimintatavat eivät ole samat kaikille yrityksille (vrt. laskusuhdanteessa ja noususuhdanteessa olevat yritykset). Benchmarkkauksen tulos voi olla hyvin laiha jos tavoitteena on olla yhtä hyvä kuin alan paras toimija. Benchmarkkaus on jatkuvan parantamisen työkalu jonka tarkoitus on tavoitella ylivoimaista osaamista omalla toimintasektorilla. (Wireman 2004)

Nykytila-analyysissa Kaukaan sahalla tehty kyselytutkimus suoritettiin myös muilla UPM:n sahoilla. Jotta saadaan entistäkin parempi kuva Kaukaan sahan kunnossapidon tehokkuudesta verrattuna muihin toimijoihin, benchmarkataan edellisessä kappaleessa analysoidun kyselyn pohjalta Kaukaan sahaa Suomen teollisuuteen sekä UPM:n muihin sahoihin. Vertailuarvoja Suomen teollisuudesta on saatu Jorma Järviöltä joka on teettänyt kyselyn eri teollisuuden aloilla. Benchmarking-osuudessa tehdään ainoastaan vertailua. Toimenpide-ehdotuksissa on annettu suosituksia parhaista, Kaukaan sahalle sopivista toimintamalleista, joita sahateollisuudesta löytyy. Taulukossa 19 on esitetty lyhyt tietoisuus UPM-Kymmene Oyj:n sahoista joihin Kaukaan sahan kyselyn tuloksia verrataan:

**Taulukko 13.** UPM-Kymmene Oyj:n sahat. (WoodNet 2010)

	<b>Tuotantokapasiteetti [m<sup>3</sup>]</b>	<b>Tuotteet</b>	<b>Henkilöstö</b>
<b>Alholma</b>	200 000	Kuusi- ja mäntysahatavara. Lisäksi alihankintayhteistyö Ekopaintin kanssa: maalatut ulkoverhoustuotteet.	n. 80
<b>Kajaani</b>	150 000	WISA-Wood vakiosahatavara ja WISA-Plus erikoissahatavara (mänty ja kuusi) rakentami-seen, huonekalu- ja puusepänteollisuuteen	n. 90
<b>Kaukas</b>	530 000	Mäntysahatavaraa, sisäverhoustuotteet, ympärihöylätyt ja kyllästetyt tuotteet.	n. 170
<b>Korkeakoski</b>	330 000	WISA-Wood vakiosahatavara ja WISA-Plus erikoissahatavara (mänty).	n. 80
<b>Seikku</b>	380 000	Kuusi- ja mäntysahatavara. Lisäksi liimapuupalkit alihankintayhteistyönä Anaika Engoneeringin kanssa.	n. 70

Kyselyyn vastattiin aktiivisesti jokaisella sahalla (taulukko 20). Heikoin vastausprosentti oli Alholmassa. Puolestaan paras vastausprosentti oli Seikussa. Vastausprosentin perusteella jokaiselta sahalta saadaan tilastollisesti katsottuna luotettavaa tietoa.

**Taulukko 14.** Vastausprosentit toimipaikoittain ja keskiarvona kaikista toimipaikoista.

	<b>Kunnossapitohenkilöstöä [kpl]</b>	<b>Vastauksia [kpl]</b>	<b>Vastausprosentti [%]</b>
<b>Alholma</b>	XX	XX	XXX
<b>Kajaani</b>	XX	XX	XXX
<b>Kaukas</b>	XX	XX	XXX
<b>Korkeakoski</b>	XX	XX	XXX
<b>Seikku</b>	XX	XX	XXX
<b>YHT</b>	XX	XX	
<b>KA</b>			XX,X

## 5.1 Kaukaan saha vs. Suomen teollisuus

Kuten aiemmin mainittiin, sama kyselytutkimus on tehty Suomessa useassa eri teollisuusyrityksessä jotka ovat eri teollisuuden aloilta. Tässä osiossa vertaillaan Kaukaan sahalla tehdyn kyselytutkimuksen vastauksia muilta teollisuusaloilta saatujen vastausten kanssa. Analyysia tehdään liitteessä X olevan palkkikuvaajan pohjalta.

Kuten liitteestä X huomataan, Kaukaan sahan vastausten keskiarvo pääasiassa mukailee muiden teollisuusalojen sekä UPM:n sahojen vastausten keskiarvojen kanssa. Heikoimmin Kaukaan sahan kunnossapito pärjää XXX käsittelevissä kysymyksissä, josta voidaan päätellä, että XXX on keskimäärin heikommalla tasolla kuin muilla teollisuuden aloilla. Erityisesti kysymyksissä X, X ja X ollaan reilusti jäljessä Suomen keskitasoa. Kyseisillä kysymyksillä mitattiin kuinka hyvin yksikössä XXX, XXX, XXX on hallinnassa.

## 5.2 Kaukaan saha vs. Sahateollisuus

Seuraavassa tehdään kyselytutkimustulosten pohjalta vertailua Kaukaan sahan ja muiden UPM:n sahojen (=sahateollisuus) välillä. Osiossa esitetyissä kuvaajissa on eritelty prosentuaalinen vastausten määrä sahateollisuuden esimiesten (ST EM), sahateollisuuden työntekijöiden (ST TT), Kaukaan sahan esimiesten (KA EM) ja Kaukaan sahan työntekijöiden (KA TT) välillä. Kuvaajissa Kaukaan sahan tulokset sisältyy sahateollisuus palkkiin.

Kuvassa X on viivakaavio työntekijöiden tuloksista toimipaikoittain. Viivat muodostuvat työntekijöiden vastausten keskiarvosta toimipaikalla. Kuvaajasta voidaan havaita, että kyselyn mukaan X sahalla on UPM:n sahoista suurimmat ongelmat kunnossapidossa. Puolestaan parhaimmat kunnossapitokäytännöt kyselyn mukaan on X, josta kannattaa lähteä hakemaan parhaimpia toimintamalleja.

Kuvassa X on puolestaan esitetty viivakaaviona esimiesten vastaukset toimipaikoittain. Mielenkiintoinen havainto voidaan tehdä X sahan tuloksesta, sillä esimiesten vastaukset ovat hyvin paljon optimistisemmat kuin työntekijöiden. Puolestaan X saha ei ole esimiesten vastausten perusteella kärjessä, vaan X. Esimiesten vastausten perusteella parhaat kunnossapidon toimintamallit löytyvät siis X.

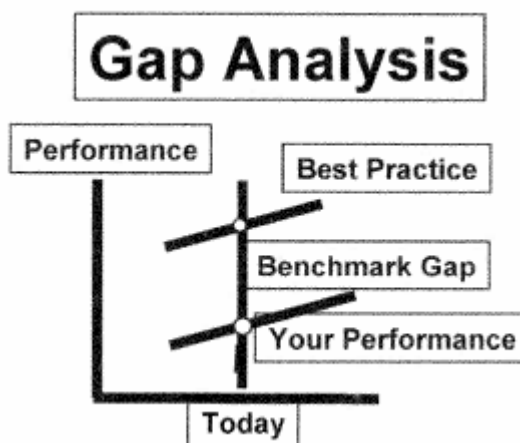
Kuvassa X on esitetty kaikkien sahateollisuudessa kyselytutkimukseen vastanneiden keskiarvo (vihreä pallo). Lisäksi pallosta lähtee viiva alas- ja ylöspäin, jotka ilmoittavat parhaimman ja heikoimman keskiarvon saaneen toimipaikan.

Benchmarking-osiossa tuli selväksi, että UPM:n sahteollisuudessa huonoimmat kunnossapidon toimintamallit löytyvät X sahalta. Puolestaan parhaimmat toimintamallit kyselytutkimuksen mukaan löytyvät X sahalta. Tämän tuloksen johdosta suoritettiin haastattelu X sahan kunnossapidon työsuunnittelijan X:n kanssa.



## 6 EROANALYYSI

Kun verrataan benchmarkingissa saatuja tuloksia, voidaan tehdä kaavioita jotka muistuttavat kuvaa 42. Kyseisessä kuvassa on tehty Aika-Suorituskyky –kaavio, jossa on nykyinen suorituskyky parhaassa yksikössä sekä omassa yksikössä. Näiden kahden tuloksen väliin syntyvää eroa tulee analysoida jotta voidaan ryhtyä tarvittaviin toimenpiteisiin päästäkseen samalle tasolle parhaan yksikön kanssa. Kyseistä tutkimusta kutsutaan eroanalyysiksi. Eroanalyysi on benchmarking-projektin avainkomponentti ja auttaa projektia saavuttamaan sen tavoitteet (Wireman 2004, 45).



**Kuva 15.** Benchmarking-tulosten eroanalyysi oman ja parhaan yksikön välillä. (Wireman 2004, s. 44)

Kun parhaimman yksikön suoritustaso on saavutettu, mittausajankohdasta on kulunut aikaa X-määrä, jolloin myös parasta tulosta aikaisemmin tehnyt yksikkö on parantanut omaa suorituskykyään. Tällöin ei todennäköisesti vielä olla siis samalla tasolla parhaan yksikön kanssa, vaan vasta kurottu eroa umpeen. Lopullinen tavoite on lopulta kumminkin tavoittaa parhaan yksikön reaaliaikainen suoritustaso ja ohittaa se.

Työssä tehdään eroanalyysia kyselytutkimuksen pohjalta. Eroanalyysissa Kaukaan sahan tuloksia verrataan kyselytutkimuksessa parhaimman tuloksen

saaneeseen X sahaan. Nykytila-analyysin mittarit -osiossa Kaukaan sahalla mitattuja tunnuslukuja ei mitattu muilla UPM:n sahoilla. Tästä syystä tunnuslukujen eroanalyysia muiden sahojen kanssa ei voida suorittaa. Tämän vuoksi myös paras kunnossapidon toimintaa harjoittava saha kyseisillä mittareilla mitattuna jää selvittämättä sekä parhaiden käytäntöjen etsiminen UPM:n sahateollisuuden sisältä jää toteuttamatta. Mittauksia ei tehty diplomityön liiallisen laajenemisen vuoksi.

## **6.1 Kyselytutkimuksen eroanalyysi**

## **7 MITTAREIDEN VALINTA**

Kappaleessa esitetään (salainen versio) teorian sekä empiirisen osan pohjalta mittarit joita suositellaan Kaukaan sahalla seurattavaksi jotta kunnossapidon tehokkuus ja sahan kokonaistehokkuus nousisi.

### **7.1 Valitut mittarit**

Mittareiden valinnassa pyritään luomaan kokonaisuus (mittaristo) jolla Kaukaan sahan kunnossapidon toimintaa pyritään tehostamaan. Mittareilla pyritään ajamaan kunnossapidon toimintaa kohti tehokkaampia toimintamalleja joiden kehittymistä seurataan ja ohjataan mittariston avulla.

### **7.2 Mittaristo kokonaisuutena**

## **8 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET**

Työn teoria- ja empiirisessä osassa tehtyjen havaintojen pohjalta annetaan toimenpide-ehdotuksia uusista toimintamalleista Kaukaan sahalle. Etenkin Benchmarking- ja eroanalyysiosioissa havaittuja parhaita käytäntöjä pyritään tuomaan ehdotuksissa esille. Myös kirjallisuudessa esitettyjä ja tutkimuksissa hyväksi todettuja käytäntöjä ja toimintamalleja hyödynnetään osiossa. Kaikki hyväksi todetut mallit eivät välttämättä merkitse, että ne sopisivat Kaukaan sahalle. Tästä syystä toimipaikan rajoittavat tekijät on otettu huomioon ehdotuksissa.

## 9 YHTEENVETO

Kaukaan sahalta havaittiin tarve tehostaa kunnossapidon toimintaa. Hyvän tilaisuuden tehostamisajankohdalle antoi kunnossapidon tietojärjestelmän vaihto. Suurimmaksi kysymykseksi nousi kuinka kunnossapitoa tulisi tehostaa ja mitkä ovat tutkitusti heikkoutemme. Työssä tehtiin laaja nykytila-analyysi jossa heikkoudet ja vahvuudet tulivat esille. Kehityskohteiden ympärille rakennettiin mittaristo joilla voidaan seurata kehityskohteiden tilaa. Mittaristo ei kerro kuinka toimintaa tehostetaan, vaan se toimii seurantatyökaluna uusille toimintamalleille. Pohjimmiltaan koko mittariston rakentamisessa on kyse halusta muuttaa toimintatapoja tehokkaammiksi joiden toteutumista seurataan mittareilla.

Työn tarkoituksena oli rakentaa suositus mittareista joita Kaukaan sahan kunnossapidossa tulisi mitata tehostaakseen kunnossapidon toimintaa sekä kokonaistehokkuutta. Työssä oli rajattu mittariston käyttöönotto, -ylläpito ja -kehittäminen työn ulkopuolelle, joista kumminkin tulee tehdä mittariston implementoinnin yhteydessä toimintasuunnitelma. Työssä luotiin mittaristo ja toimintamalliehdotukset teoria- ja tutkimusosion pohjalta joiden avulla Kaukaan sahan kunnossapitoprosessien tulisi tehostua. Varsinaiset tulokset ovat nähtävissä vasta kun mittaristo ja uudet toimintamallit on otettu käyttöön.

Kaikkia työssä kehitettyjä kunnossapidon mittareita ei voitu suoraan integroida nykyisiin mittareihin. Kunnossapidon tehokkuuden nostaminen tulisi kumminkin näkyä lopulta myös nykyisissä talouden mittareissa kohonneena tuloksena ja pienempinä tuotantokustannuksina sekä tuotannon ja kunnossapidon yhteisessä mittarissa pienempänä häiriöprosenttina. Työssä rakennettu kunnossapidon mittaristo on taloudellisiin mittareihin nähden alatasen mittaristo, jonka tarkoitus on parantaa talouden mittareista saatavia tunnuslukuja, jotka puolestaan indikoi sahan kannattavuutta ja kykyä tuottaa tulosta.

## LÄHDELUETTELO

Aalto Heikki, 1997. Kunnossapitotekniikan perusteet. Kunnossapitoyhdistys ry. KP-Tieto Oy, Hamina. 95 s. ISBN 951-97101-0-8.

Järviö Jorma, 2004. Kunnossapito, 2. täydennetty painos 2004. 211 s. ISBN 952-99458-0-9.

Järviö Jorma, 2007. Kunnossapito, 4. uudistettu painos 2007. 283 s. ISBN 978-952-99458-3-2.

Kaplan Robert S. & Norton David P., 2002. Strategialähtöinen organisaatio – Tehokkaan strategiaprosessin toteutus. Talentum Media Oy. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä. 431 s. ISBN 952-14-0539-2.

Kiiveri Jouko & Viertävä Jari, 2005. 2/2005. Artikkel. Tunnusluvut ohjaamaan kunnossapidon tavoitteiden saavuttamista. Kunnossapitoyhdistys Promaint ry.

Kobbacy Khairy A.H & Murthy D.N. Prabhakar (Eds.), 2008. Complex System Maintenance Handbook. Springer London. 657 s. ISBN 978-1-84800-010-0.

Komonen, Kari, 2002. International Journal of Production Economics, vol 79. Artikkel. A cost model of industrial maintenance for profitability Analysis and bench-marking.

Komonen Kari, 2009. Promaint 3/2009. Artikkel. Kunnossapidon nykyiset ja tulevat haasteet Suomessa. Kunnossapitoyhdistys Promaint ry.

Komonen Kari, 2009. Promaint 6/2009. Artikkel. Tuotanto-omaisuus hallintaan – kapasiteetti, käyttö ja kunnossapito. Kunnossapitoyhdistys Promaint ry.

Kunnossapitoyhdistys, 2007. Kunnossapito Suomen kansantaloudessa –diasarja. Saatavana: [www.kunnossapito.fi](http://www.kunnossapito.fi)

Leiviskä Kauko, 2009. Papermaking Science and Technology. Book 14: Process and Maintenance Management, Second Edition. Gummerus Oy, Jyväskylä, Finland 2009. 379 s. ISBN 978-952-5216-34-9

Levitt Joel, 1997. The Handbook of Maintenance Management, 1st edition. Industrial Press Inc. 488 s. ISBN 0-8311-3075-X

Liyanage Jayantha P. & Kumar Uday, 2003. Towards a value-based view on operations and maintenance performance management. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol9, s. 333-350. ISSN 1355-2511.

Nakajima Seiichi, 1982. TPM Development Program: Implementing Total Productive Maintenance. Japan Institute for Plant Maintenance. 403 s. ISBN 0-915299-37-2.

Nopanen Esa & Piispa Taina, 2007. Kunnossapidon palveluprosessin laatu ja prosessiviiveet – Case häiriökorjaukset. Teknillinen korkeakoulu, BIT Research Centre. Report Series 2007/2, Espoo. 45 s. ISBN 978-951-22-9028-4.

Palmer Doc, 1999. Maintenance planning and scheduling handbook. McGraw-Hill ISBN 0-07-048264-0.

Parantainen Timo, 2004. Kunnossapito, 2. täydennetty painos 2004. s. 146-174. ISBN 952-99458-0-9.

Parida Aditya & Kumar Uday, 2006. Maintenance performance measurement (MPM): issues and challenges. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 12, No.3. Luleå University of Technology, Luleå, Sweden. Emerald Group Publishing Limited. s. 239-251. ISSN 1355-2511.

Peterson S. Bradley, 2008. Defining Asset Management. Saatavissa: [http://www.samicorp.com/Main%20Menu/publications/publications\\_.pdf/articles/bradpeterson/defining\\_assetmanagement.pdf](http://www.samicorp.com/Main%20Menu/publications/publications_.pdf/articles/bradpeterson/defining_assetmanagement.pdf). [viitattu 02.03.2010]

Peterson S. Bradley, 2008. Assessing Plant Potential for Asset Management. Saatavissa: [http://www.samicorp.com/Main%20Menu/publications/publications\\_.pdf/articles/bradpeterson/assess\\_plant\\_potential.pdf](http://www.samicorp.com/Main%20Menu/publications/publications_.pdf/articles/bradpeterson/assess_plant_potential.pdf). [viitattu 03.03.2010]

Miettinen Henry, Miettinen Juha, Leinonen Pertti, Jantunen Erkki, Kokko Voitto, Riutta Erkki, Sulo Petri, Komonen Kari, Lumme Veli Erkki, Kautto Juha, Heinonen Kari, Lakka Sami, Mäkeläinen Risto, 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito, 1.painos. Kunnossapitoyhdistys Promaint ry. 606 s. ISBN 978-952-99458-4-9.

Kunnossapitoyhdistys Promaint ry, 2010. Lehti 4/2010. Artikkelit: Kestääkö kantti katsoa peiliin? s. 54. KP-media Oy.

SAMI, 2008. Tuotanto-omaisuuden hallinnan pyramidimalli. Saatavissa: [http://www.samicorp.com/Main%20Menu/methods/sami\\_pyramid/assethealthcare.html](http://www.samicorp.com/Main%20Menu/methods/sami_pyramid/assethealthcare.html). [viitattu 21.4.2010].

Standardi PSK 7501, 2000. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. PSK Standardintyhdystys ry.

Standardi SFS-EN 13306, 2001. Kunnossapitosanasto. Suomen standardisoimisliitto. Metalliteollisuuden standardisoimiskeskus.

Suomen sahateollisuusmiesten Yhdistys –syyskokous, 19.11.2009. Katajanokan Kasino, Helsinki. Myyntijohtaja Esa Mikkonen, Havesa Timber Oy.

Wealleans David, 2000. Organizational measurement manual. Gower Publishing Company. 178 s. ISBN 978-0566083495

Wireman Terry, 2004. Benchmarking – Best practices in maintenance management. Industrial Press, Inc. New York. 208 s. ISBN 0-8311-3168-3.

Wireman Terry, 2005. Developing performance indicators for managing maintenance, 2nd ed. Industrial Press, Inc. New York. 250 s. ISBN 0-8311-3184-5.

WoodNet, 2010. UPM-Kymmene Timber tuotantolaitokset. Saatavissa: <http://intranet.woodproducts.upm-kymmene.com/> . [viitattu 5.3.2010].

### **Haastattelut:**

Matikainen Harri, Kaukaan saha. Kunnossapidon työsuunnittelija.

Harry Hellsten, Kaukaan saha. Tuotantopäällikkö.

Spelman Helge, Korkeakosken saha. Kunnossapidon työsuunnittelija.

Järviö Jorma, SMS Oy. Tekniikan tohtori.



## Liite 1. Nykytila-analyysin kyselytutkimuslomake

Liite 2. Kyselytutkimuksen tulokset Kaukaan sahalla.





#### Liite 4. Nimellistuotantokyvyn laskeminen

##### Nimellistuotantokyky

- Suunniteltu käyttöaika sisältää taukojen poiston

- Laskettu seuraavalla tavalla (esim. PT-linja 2007):

$$\text{Tukkia minuutissa} = \frac{X \text{ m} / \text{min}}{X \text{ m}} = X \text{ tukkia} / \text{min}$$

$$\text{Tukkikuutiota minuutissa} = X \text{ tukkia} / \text{min} \times X \text{ m}^3 = X \text{ m}^3 / \text{min}$$

$$\text{Sahatavarakuutiota minuutissa} = \frac{X \text{ m}^3 / \text{min}}{X} = X \text{ m}^3 / \text{min}$$

$$\text{Nimellistuotantokyky vuonna 2007} = X \text{ m}^3 / \text{min} * X = X \text{ m}^3$$

##### TIEDOT: PT-linja

	2007	2008	2009
sahalinjan tavoitenoisuus:			
tukin keskipituus:			
tukin keskitilavuus:			
tukista saadun sahatavaran hyötysuhde:			
suunnitellut työminuutit:			

##### TIEDOT: Päälinja

	2007	2008	2009
sahalinjan tavoitenoisuus:			
tukin keskipituus:			
tukin keskitilavuus:			
tukista saadun sahatavaran hyötysuhde:			
suunnitellut työminuutit:			

##### TIEDOT: Tukkilajittelu

	2007	2008	2009
sahalinjan tavoitenoisuus:			
tukin keskipituus:			
tukin keskitilavuus:			
suunnitellut työminuutit:			

##### NIMELLISTUOTANTOKYKY

	2007	2008	2009
PT-linja			
Päälinja			
Tukkilajittelu			

<b>KÄYTETTÄVYYS</b>					
<b>2007</b>	<b>Tukkilajittelu</b>	<b>Päälinja</b>	<b>Pientukkilinja</b>	<b>Tasaamo</b>	<b>KA</b>
Suunniteltu käyttöaika [min]					
Häiriöt [min]					
Häiriö-%					
Käytettävyys					

<b>2008</b>	<b>Tukkilajittelu</b>	<b>Päälinja</b>	<b>Pientukkilinja</b>	<b>Tasaamo</b>	<b>KA</b>
Suunniteltu käyttöaika [min]					
Häiriöt [min]					
Häiriö-%					
Käytettävyys					

<b>2009</b>	<b>Tukkilajittelu</b>	<b>Päälinja</b>	<b>Pientukkilinja</b>	<b>Tasaamo</b>	<b>KA</b>
Suunniteltu käyttöaika [min]					
Häiriöt [min]					
Häiriö-%					
Käytettävyys					

<b>Yhteensä</b>	<b>Tukkilajittelu</b>	<b>Päälinja</b>	<b>Pientukkilinja</b>	<b>Tasaamo</b>	<b>KA</b>
Suunniteltu käyttöaika [min]					
Häiriöt [min]					
Häiriö-%					
Käytettävyys					

<b>TEHOKKUUS</b>					
<b>2007</b>	<b>Tukkilajittelu</b>	<b>Päälinja</b>	<b>Pientukkilinja</b>	<b>Tasaamo</b>	<b>KA</b>
Nimellistuontanto					
Toteutunut tuotanto					
Häiriö-%					
Nopeuskerroin					

<b>2008</b>	<b>Tukkilajittelu</b>	<b>Päälinja</b>	<b>Pientukkilinja</b>	<b>Tasaamo</b>	<b>KA</b>
Nimellistuontanto					
Toteutunut tuotanto					
Häiriö-%					
Nopeuskerroin					

<b>2009</b>	<b>Tukkilajittelu</b>	<b>Päälinja</b>	<b>Pientukkilinja</b>	<b>Tasaamo</b>	<b>KA</b>
Nimellistuontanto					
Toteutunut tuotanto					
Häiriö-%					
Nopeuskerroin					

<b>Yhteensä</b>	<b>Tukkilajittelu</b>	<b>Päälinja</b>	<b>Pientukkilinja</b>	<b>Tasaamo</b>	<b>KA</b>
Nimellistuontanto					
Toteutunut tuotanto					
Häiriö-%					
Nopeuskerroin					

<b>LAATU</b>					
<b>2007</b>	<b>Tukkilajittelu</b>	<b>Päälinja</b>	<b>Pientukkilinja</b>	<b>Tasaamo</b>	<b>KA</b>
Toteutunut tuotanto					
Hylky					
Laatukerroin					

<b>2008</b>	<b>Tukkilajittelu</b>	<b>Päälinja</b>	<b>Pientukkilinja</b>	<b>Tasaamo</b>	<b>KA</b>
Toteutunut tuotanto					
Hylky					
Laatukerroin					

<b>2009</b>	<b>Tukkilajittelu</b>	<b>Päälinja</b>	<b>Pientukkilinja</b>	<b>Tasaamo</b>	<b>KA</b>
Toteutunut tuotanto					
Hylky					
Laatukerroin					

<b>Yhteensä</b>	<b>Tukkilajittelu</b>	<b>Päälinja</b>	<b>Pientukkilinja</b>	<b>Tasaamo</b>	<b>KA</b>
Toteutunut tuotanto					
Hylky					
Laatukerroin					



Liite 6. Pää- ja pientukkilinjan KNL suhteutettuna kuutioihin ja liikevaihtoon.

Pääljinjan KNL				
	K	N	L	KNL
2007				
2008				
2009				

Pientukkilinjan KNL				
	K	N	L	KNL
2007				
2008				
2009				

### PÄÄLINJA

	Tuotanto [m <sup>3</sup> ]	Keskihinta [€/m <sup>3</sup> ]	Liikevaihto [€/a]	KNL	1 % vastaa [m <sup>3</sup> ]	1 % vastaa [€]	Menetetty liikevaihto [€/a]
2007							
2008							
2009							
2007-2009							

### PIENTUKKILINJA

	Tuotanto [m <sup>3</sup> ]	Keskihinta [€/m <sup>3</sup> ]	Liikevaihto [€/a]	KNL	1 % vastaa [m <sup>3</sup> ]	1 % vastaa [€]	Menetetty liikevaihto [€/a]
2007							
2008							
2009							
2007-2009							

Liite 7. Pienhäiriöistä aiheutunut liikevaihdon menetys pientukkilinjalla vuonna 2009.

**PT-LINJA**

Kokonaistuotanto:	m <sup>3</sup>
Pt-linjan tuotanto:	m <sup>3</sup>
Keskihinta 2009:	€/m <sup>3</sup>
Työvuorossa min.	min
Pt-linja vuorot 2009:	kpl
Pt-linjan pienhäiriöt:	vuoroa
Liikevaihto:	€/a
Menetetty liikevaihto:	€

$$\text{Pt-linjan pienhäiriöt} = \frac{X \text{ min}}{X m} = X \text{ vuoroa}$$

$$\text{Liikevaihto} = X \text{ m}^3 \times X \text{ €/m}^3 = X \text{ €/a}$$

$$\text{Menetetty liikevaihto} = \frac{X \text{ vuoroa} \times X \text{ €/a}}{X \text{ vuoroa}} = X \text{ €}$$

Liite 8. Kyselytutkimuksen tulokset: Muu teollisuus – UPM:n sahat – Kaukaan saha

Liite 9. Mittaristojen linkittyminen toisiinsa.