

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teknillinen tiedekunta

Konetekniikan osasto

BK10A0400 Kandidaatintyö ja seminaari

KUNNOSSAPIDON KUSTANNUSTEN OPTIMOINTI

MAINTENANCE COST OPTIMIZATION

Niko Hämäläinen

## SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Tutkimuksen taustaa .....	1
1.2	Työn tavoite .....	2
1.3	Työn rajaukset .....	2
2	KUNNOSSAPITO.....	3
2.1	Aikakäsitteet.....	4
2.2	Kunnossapitolajit.....	5
2.3	Käyttövarmuus .....	6
2.4	Käyttövarmuuden käsitteitä .....	8
3	TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE .....	10
3.1	Kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapidon tehtävät .....	11
3.2	Toimet tuottavuuden parantamiseksi.....	13
4	LIFE CYCLE PROFIT –ANALYYSI.....	17
4.1	LCC laskenta.....	18
4.2	LCP laskenta .....	21
5	YRITYS X:N KUNNOSSAPIDON KUSTANNUKSET .....	22
5.1	Kunnossapidon kirjanpito ja kulut.....	22
5.2	Tuotannon häiriöraportointi .....	23
5.3	Laite A .....	24
5.4	Laite A:n vaikutukset tuottoon.....	24
6	TULOSTEN TARKASTELU .....	27
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	29
	LÄHTEET .....	30

# 1 JOHDANTO

Kunnossapito on merkittävässä roolissa nykypäivänä prosessiteollisuuden toiminnoissa. Kunnossapito vastaa laitteiden ja koneiden toimivuudesta ja sitä pidetään yleisesti erillisenä toimintona, mikä aiheuttaa vain ylimääräisiä kustannuksia. Merkitystä ei tulisi kuitenkaan väheksyä, sillä kunnossapidon toiminnot vaikuttavat suoraan tuotantoprosesseihin, mutta niiden kustannuksia pidetään välillisinä, sillä kustannusten suora kohdistaminen on vaikeaa. Riittävän tarkan tuotannon tiedonkeruujärjestelmän myötä on mahdollista saada informaatiota yksittäisen laitteen toiminnasta. Tämä mahdollistaa tarkan seisokkiajan seurannan, mikä mahdollistaa kustannusten kohdistamisen ja tuotannon tehokkuuden seurannan. Kokonaiskustannusten seuranta varten tarvitaan myös kunnossapidon kustannusten seuranta. Kunnossapitoa varten on olemassa useita hallintajärjestelmiä markkinoilla. Hallintajärjestelmä tuo mukanaan mahdollisuuden kohdistaa kunnossapidon toimintoja ja sen kustannuksia tarkasti. Kustannusten kohdistaminen on mahdollista vain jos hallintajärjestelmää käytetään oikein ja kaikki ovat sitoutuneet sen käyttöön. Ongelmana on usein havaittu järjestelmien jäykkyys ja käyttäjäystävällisyyden puuttuminen, mikä johtuu järjestelmien yleispätevyydestä. Sopivaa järjestelmää löytyy harvoin valmiina ja räätälöidyn järjestelmän kustannukset ovat suuret.

## 1.1 Tutkimuksen taustaa

Tutkimus on saanut alkunsa kunnossapitokustannusten osuuden määrästä liikevaihdossa verrattuna yrityksen muihin yksiköihin. Kunnossapidon toimintojen organisoinnilla pyritään laskemaan kustannuksia ja tämän tutkimuksen periaatteena on katsoa taktiselta tasolta kunnossapitoprosessia, joka määrittää toimintaperiaatteen parantaville toiminnoille. Seisokkiajat ovat toimialalla yleisesti suuria ja sen alentamisen merkitys taloudellisesti on suuri. Tutkimuksella pyritään löytämään seisokkiajan alentamisen mahdollistavat tekijät, joiden nähdään liittyvän kunnossapitoon.

## **1.2 Työn tavoite**

Työn tavoitteena on löytää laskentamenetelmät ja toimintamallit, joilla pienennetään kunnossapidon kustannuksia ja alennetaan seisokkiaikaa. Tämän pohjalta tarkastellaan mitattavia asioita ja mittaamisen hyötyä. Laskentamenetelmissä on tarkoitus soveltaa kirjallisuudessa esitettyjä malleja. Kunnossapidolle etsitään optimaalinen toimintamalli kokonaistehokkuuden mukaisesti ja tehdään esimerkkilaskelma prosessilinjassa olevan laitteen vaikutuksista.

## **1.3 Työn rajaukset**

Työssä ei käsitellä taloudellisia lukuja tarkasti. Tarkoituksena on tutkia laskentamenetelmillä kunnossapidon osuuden merkitystä yrityksessä. Yksittäisiä ja tarkkoja kannattavuuteen viittaavia lukuja ei tuoda esille, vaan pyritään esittämään asiat yleisellä tasolla. Käytännössä tarkasteluun tuodaan vain kunnossapidon kustannusten, seisokkiajan ja elinkaarikustannusten vaikutukset yrityksen tuottavuuteen. Tämä käydään läpi ottaen huomioon tuotantoon vaikuttavat asiat. Työssä ei esitetä todellisia lukuja, mutta otetaan kantaa muuttujien vaikutuksiin.

## 2 KUNNOSSAPITO

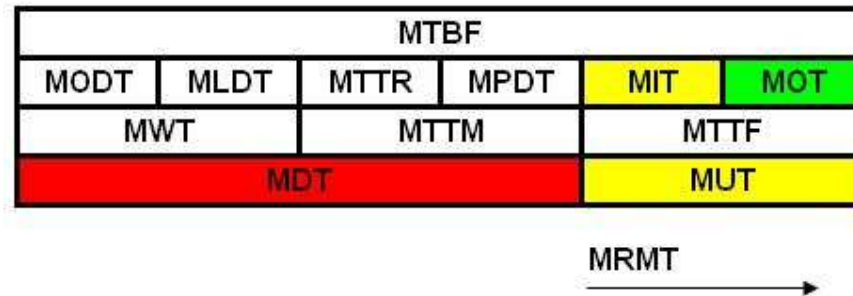
”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana(PSK 6201).” Käsitys on aika laaja, joten sen tarkoitusta olisi tarkennettava. Nykyisin kunnossapidon tarkoituksena on pyrkiä varautumaan ja ehkäisemään tulevat viat, eikä niinkään korjata aiheutuneita vikoja. Kunnossapito on käytännössä käyttöomaisuuden tuottokyvyn ylläpitämistä ja säilyttämistä. Tähän sisällytetään myös toimintakunnon ylläpitäminen, käyttöolosuhteiden noudattaminen, suunnitteluheikkouksien korjaaminen sekä henkilöstön taitojen kehittäminen ja oppiminen. (Järviö 2006)

Käyttöomaisuuden käytön tehokkuus on tekijä, joka vaikuttaa merkittävästi yrityksen kannattavuuteen ja kilpailukykyyn. Tehokkaammalla käytöllä yrityksen investointitarve pienenee, sillä pienemmät ja halvemmat laitteet pystyvät tuottamaan paremmin. (Baldwin 1990) Tämä vaikuttaa suoraan yrityksen sidotun pääoman tuottoon, joka nousee verrattuna kalliisiin investointeihin vähemmän sidotun pääoman johdosta. (Järviö 2006)

Tehokkaalla kunnossapidolla tarkoitetaan toimivien kunnossapitostrategioiden toteuttamista, jotta tuotantokoneiston suorituskyky olisi optimaalinen. Oman toiminnan tehokkuus kunnossapidossa on vasta toissijainen, mutta ajankäytön oikealla optimoinnilla ja oikeiden asioiden tekemisellä on suuri vaikutus. Onko se sitten vikojen ehkäisevää tarkastelua vai jo rikkoontuneiden laitteiden korjaamista on riippuvainen kunnossapitostrategiasta. Laitteiston käyttäjien on käytettävä laitteitaan tehokkaasti ja asianmukaisesti, jotta tuotantokoneistoa pystyttäisiin hyödyntämään optimaalisesti. Tehokas kunnossapito tehokkaan käytön kanssa mahdollistavat koneen toiminnallisesti tehokkaan käytön. (Järviö 2006)

## 2.1 Aikakäsitteet

Kunnossapidolliset aikakäsitteet selventävät erilaisten tilanteiden syitä. Kuvassa 1 esitellään aikakäsitteet ja sen alapuolelta löytyvät selitykset lyhenteille.

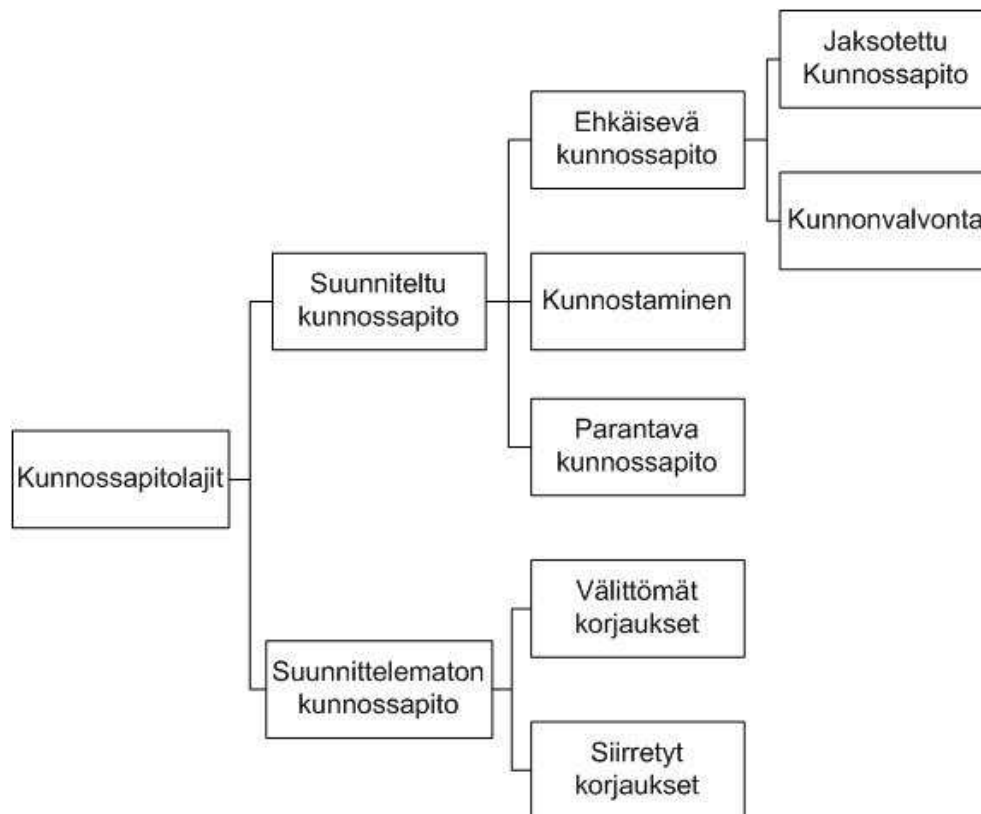


**Kuva 1.** Aikakäsitteet (Järviö 2006)

<b>MTBF</b>	keskimääräinen vikaväli(Mean Time Between Failures)
<b>MODT</b>	keskimääräinen käytöstä johtuva viiveaika (Mean Operative-Down Time)
<b>MLDT</b>	keskimääräinen logistinen viiveaika (Mean Logistic Delay Time)
<b>MTTR</b>	keskimääräinen vian korjausaika (Mean Time To Repaire)
<b>MPDT</b>	keskimääräinen pysäytyksen vaatima huoltoaika (Mean Preventive Maintenance Down Time)
<b>MIT</b>	keskimääräinen tyhjäkäyntiaika (Mean Idle Time)
<b>MOT</b>	keskimääräinen tuotantoaika (Mean Operational Time)
<b>MWT</b>	keskimääräinen odotusaika (Mean Waiting Time)
<b>MTTM</b>	keskimääräinen kunnossapitoaika (Mean Time To Maintain)
<b>MTTF</b>	keskimääräinen vikaantumisaika (Mean Time To Failure)
<b>MDT</b>	keskimääräinen seisokkiaika (Mean Down Time)
<b>MUT</b>	keskimääräinen käyttökelpoisuusaika (Mean Up Time)
<b>MRMT</b>	keskimääräinen käytönaikainen huoltoaika (Mean Running Maintenance Time)

## 2.2 Kunnossapitolajit

Kunnossapito voidaan jakaa karkeasti suunniteltuun ja suunnittelemattomaan kunnossapitoon. Suunnittelemattomalla kunnossapidolla tarkoitetaan korjaavaa kunnossapitoa, jota syntyy käyttöaikana.



**Kuva 2.** Kunnossapitolajit (Kirjoittajan muokkaama, PSK 7501)

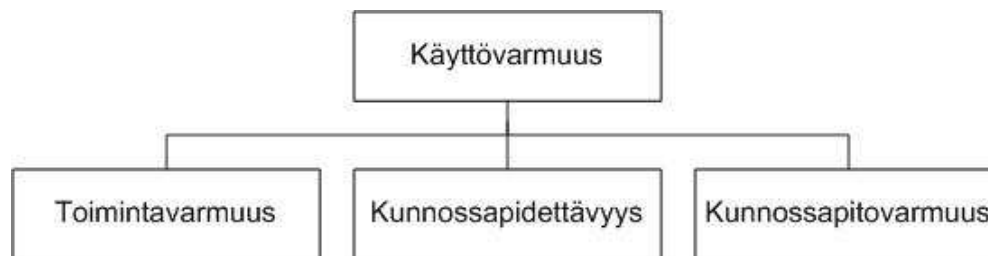
Suunnittelematon kunnossapito on korjaavaa kunnossapitoa. Korjaus tehdään vasta kun laite on hajonnut. Tämä menetelmä sopii vain, jos laite ei aiheuta vaaraa tai vaikuta muiden laitteiden käyttöön. Myöskään laitteen tuotto ei saa vaikuttaa kokonaistuottoon. (Reiche 1994)

Suunniteltu kunnossapito on ehkäisevää kunnossapitoa. Laitetta diagnosoidaan sen käytön aikana ja pyritään järjestämään huollot, korjaukset ja parannukset laitteen

käyntiajan ulkopuolella. Ehkäisevässä kunnossapidossa laitetta ja monitoroidaan jatkuvasti huoltotarvetta varten tai noudatetaan säännöllistä huoltoohjelmaa ajan tai käytön mukaan. (Reiche 1994)

### 2.3 Käyttövarmuus

Käyttövarmuudella tarkoitetaan kohteen kykyä olla tilassa, jossa se kykenee suorittamaan vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa ja tietyllä ajan hetkellä tai tietyn ajanjakson aikana olettaen, että vaadittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla.



**Kuva 3.** Käyttövarmuus ja osa-alueet (Järviö 2006)

Käyttövarmuuden osa-alueita ovat toimintavarmuus, kunnossapidettävyys sekä kunnossapitovarmuus kuten kuvassa 3 on esitetty. Toimintavarmuudella tarkoitetaan kohteen kykyä suorittaa vaadittu toiminto määrätyissä olosuhteissa vaaditun ajanjakson. Se voidaan myös ilmoittaa todennäköisyytenä, joka toimii sen mittarina. (PSK 6201)

Kunnossapitovarmuudella kuvataan kunnossapito-organisaation kyvykkyyttä suorittaa tehtävät tehokkaasti määrätyissä olosuhteissa vaadittuna aikana (PSK 6201). Kunnossapito-organisaation kyvykkyyteen suorittaa tehtävät vaikuttaa käytettävissä olevat resurssit ja niiden tehokas käyttö.

Kunnossapidettävyydellä tarkoitetaan kohteen kykyä olla tilassa tai palautettavissa tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon määritellyissä käyttöolosuhteissa, jos kunnossapito suoritetaan määritellyissä olosuhteissa käyttäen vaadittuja menetelmiä. Kunnossapidettävyydellä on suuri merkitys vian korjausaikaan (MTTR). Kunnossapidettävyydessä otetaan huomioon kohteen luokse päästävyys, joka



kuvaa helppoutta tai vaikeutta päästä kohteeseen suorittamaan kunnossapitotehtäviä. Testattavuus on ominaisuus, joka mahdollistaa kohteen tilan, kunnan tai toiminnan valvonnan ja tarkastamisen kohtuullisessa ajassa. Usein on mahdotonta testata kohteita tuotantoaikana, jotka sisältävät liikkuvia osia. Itsediagnostiikalla tarkoitetaan kohteen sisään rakennettua järjestelmää, joka testaa ja analysoi kohteen kuntoa. Tämä parantaa kohteen testattavuutta. Huollettavuudella tarkoitetaan huoltotoimenpiteiden suorittamisen helppoutta. Huollettavuus huomioi kohteen pysäytystarpeen, huoltokohteiden sijainnin, rakenteiden ja suojalaitteiden poistotarpeen, puhtaanapidettävyyden, osavaliokimien suuruuden ja yleisen saatavuuden, huoltotoimenpiteiden turvallisuuden ja niiden ajallisen keston. Vian paikannettavuus on ominaisuus, joka mahdollistaa vian etsimisen ja paikantamisen kohteessa niin, että se voidaan korjata suunnitellusta. (PSK 6201)

Varsin usein edellä mainitut asiat ovat jääneet laitteiden suunnittelussa huomioimatta ja tämä aiheuttaa laitteen ostaneelle omistajalle kustannuksia. Laitteen huollettavuudella ja testattavuudella vaikutetaan ehkäisevän kunnossapidon mahdollisuuksiin, jolloin mahdollisten vikaantumisten ennakoiminen vaikeutuu ja vikaantumisvälit pienenevät (Virtanen 1996). Korjausajat pitenevät, jolla on suora vaikutus kunnossapitoorganisaation tuottamiin kustannuksiin. Tällöin myös laitteiden potentiaalinen käyntiaika lyhenee ja menetykset voivat olla varsin mittavia. varaosilla on huono saatavuus tai niiden hinnat ovat kalliita. Tälle voidaan osittain olettaa syyksi, etteivät laitevalmistajat välttämättä halua tuottaa ihanteellisia koneita, jotka olisivat helppoja huoltaa ja joiden varaosat olisivat yleisesti saatavilla olevia vakiokomponentteja. Näin voidaan houkutella asiakkaita investoimaan uusiin laitteisiin ja koneisiin, jotka ovat edellisiä parempia.

Käyttövarmuutta voidaan tarkastella myös laitetoimittajan osapuolelta riskinä. Usein toimitettavalle laitteelle joudutaan antamaan takuu toimivuudesta ja asiakkaalla, jonka tuotantovolyymit ovat suuret ja laitteet hyvin standardin omaisia ja yleisesti tunnettuja, vaatimukset käyttövarmuuden suhteen ovat kovia. Laitteen on pystyttävä toimimaan luotettavasti, jotta toimitusvarmuus voidaan taata. Tämä on kilpailutekijä,

jolla laitetoimittajat pyrkivät mainostamaan tuotteitaan. Laitetoimittaja voi joutua maksamaan sopimussakkoja, jos laite ei täytä luvattuja vaatimuksia. (Komonen 2002)

Käyttövarmuudelle esitetään kirjallisuudessa mallia, jossa käytettävyys, tuotannon nopeus suhteessa kapasiteetin mahdollistamaan nopeuteen ja laadullinen määrä (hylkyjen määrä) kerrotaan keskenään. Näin määritellään tuotannon kokonaistehokkuus. Prosessiteollisuudessa tätä voidaan soveltaa ottamalla huomioon tuotannon pullonkaulan seisokkiprosentti, mahdollisesti raaka-aineen poikkeavuuden tai muun toimintahäiriön aiheuttaman tuotannon hidastuminen sekä saanto. Puutavaran ja tuotteiden valmistuksessa kokonaistehokkuus on ollut keskimäärin 71,7 % ja käytettävyys 89 %. (Komonen 2002) Verrattuna massa- ja paperiteollisuuden 78,3 %:n kokonaistehokkuuten mekaaninen puunjalostus kärsii raaka-aineen erilaisesta käyttäytymisestä prosessissa. Myös vuorotyöaste on kovempi massa- ja paperipuolella, jolloin ennakoivaan kunnossapitoon panostetaan enemmän (Komonen 2002). Mekaanisella puolella on yleisesti havaittu tapa siirtää korjauksia keskeytyvässä vuorossa tuotantoajan ulkopuolelle.

Käyttövarmuus on sen mittaamisen kannalta hyödyllistä jakaa yksittäisten laitteiden tarkasteluun prosessiteollisuudessa, sillä prosessin kannalta jokaisen laitteen aiheuttamat häiriöt voivat kumuloitua seuraavan laitteen menetyksi tuotannoksi. Tällöin tarkastelun luotettavuus paranee ja yksittäisistä tapahtumista on mahdollista löytää merkitsevät tapahtumat. (Holmberg 1998)

## **2.4 Käyttövarmuuden käsitteitä**

Käyttövarmuutta voidaan mitata mittaamalla toimintavarmuutta, kunnossapidettävyyttä sekä kunnossapitovarmuutta. Käyttövarmuuden mittaamisen termit;

- Käyntiaika, kohde suorittaa vaadittua toimintoa
- Käyttöaika on ajanjakso, joka sisältää käyntiajan lisäksi kunnossapidon vaatimat seisokit

- Jouto-aika, konetta ei käytetä ja sille voidaan tehdä huoltotoimenpiteitä
- Valmiusaika, kone on käyttökelpoinen ja odottaa käyttöä
- Ulkoinen toimintakyvyttömyysaika, kone on käyttökelpoinen, mutta se ei voi tuottaa esimerkiksi raaka-aineen puuttumisen vuoksi
- Toimintakelpoisuustila, kone kykenee tuottamaan, jos tarvittavat resurssit ovat saatavilla
- Toimintakelvottomuustila, kone ei kykene tuottamaan vian tai ehkäisevän kunnossapitotoimen vuoksi
- Toimintakelpoisuusaika, aika, jolloin kone on toimintakelpoinen
- Toimintakelvottomuusaika, aika, jolloin kone ei ole toimintakelpoinen (tähän voidaan lukea myös esimerkiksi asetteenvaihdot)
- Seisokkiaika, ajanjakso, jolloin kone ei ole käytössä
- Vikaantumisaika, käyttöaika käytön aloittamisesta vian ilmenemiseen
- Vikaantumisväli, kahden peräkkäisen vian välinen aika
- Häiriökorjausaika, korjaukseen kuluva aika
- Ehkäisevä kunnossapitoaika, ennalta määrätty aika koneen kunnostamiseen
- Kunnossapitoaika, sisältää kaiken koneelle tehdyn kunnossapidon
- Viive, logistinen, hallinnollinen tai tekninen odotusaika
- Elinjakso, kohteen tarpeesta kohteen siirtämiseksi toiseen käyttöön tai romutukseen
- Elinkaari, kohteen valmistajan uudesta tuotteesta tuotteen poistamiseen
- Elinaika, käytöstä kohteen vikaantumiseen, kun kohde ei ole enää teknisesti tai taloudellisesti korjattavissa
- Hyödyllinen käyttöikä, kun koneen vikataajuus on aiheuttaa kannattamattomuuden tai kone on korjauskelvoton (PSK6201)

Käyttövarmuuden käsitteiden osa-alueet ovat standardin PSK6201 mukaisia ja niiden nimitykset poikkeavat hieman aiemmin esitetystä, mutta niillä on sama tarkoitusperät.

### 3 TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE

Total Productive Maintenance, TPM, tarkoittaa kokonaisvaltaista tuottavaa kunnossapitoa. Se on työkalu tai ajatusmalli kuten laatujohtaminenkin ja se on kehitetty Japanin autotehtaissa. TPM käsittelee laadun ylläpitoa, tuottavan kunnossapitoa, tuotantotekniikkaa, siisteyttä ja järjestystä sekä työntekijöitä. Japanilaiset määrittelevät TPM:n ohjelman rakentamisen seuraavasti; Asetetaan tavoitteet laitteiston tehokkuuden maksimoimiseksi, Luodaan tuottavan kunnossapidon menetelmä kattamaan koko tehtaan eliniän, Sidotaan kaikki osastot mukaan, Pidetään huolta kaikkien osallistumisesta ylimmästä johdosta lattiatasolle sekä luodaan pienryhmiä tuottavan kunnossapidon motivoimiseksi. (Scandinavian Center for Maintenance Management Finland ry 1996)

TPM:n mukaan kunnossapitoa on ajateltava kokonaisuutena, eikä se ole pelkästään korjaavaa ja ehkäisevää kunnossapitoa. Kunnossapitoa on painotettava oikeassa suhteessa kokonaistuloihin. Vertaamalla kunnossapitoa esimerkiksi markkinoinnin kuluihin ja panostuksiin, huomataan, että kunnossapidolla on merkittävä vaikutus myös toimitusvarmuuteen ja sitä kautta myyntiin ja markkinointiin. Kun kunnossapitoa ajatellaan kokonaistuottavuuden kannalta, niin kunnossapidon tuottavuus ja tehokkuus vaikuttaa myös muun työn, pääoman ja materiaalinkäytön tuottavuuteen. Kunnossapidolla vaikutetaan suoraan yrityksen laitteiston suorituskykyyn ja laadun tuottoon. Kunnossapidon kehittäminen vaatii yhteistyötä käyttäjiltä, suunnittelulta, tuotekehitykseltä ja markkinoinnilta, jotta parannetaan toimitusvarmuutta ja laatua. (Scandinavian Center for Maintenance Management Finland ry 1996)

Kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapidon tarkoituksena kokonaistehokkuuden parantaminen ja sen keskeisiä päämäärät ovat lueteltuna alla. (Järviö 2006)

- Koneen kokonaistehokkuuden maksimointi
- Kunnossapitosysteemi koneen eliniäksi

- Kaikkien koneen suunnitteluun, käyttöön ja kunnossapitoon liittyvien henkilöiden sitouttaminen
- Koko henkilökunnan, kaikilta tasoilta, sitouttaminen
- Kunnossapidon suunnittelun ja toteutuksen siirtäminen niille, joiden tehtävänä on käyttää ja huoltaa konetta.

### **3.1 Kokonaisvaltaisen tuottavan kunnossapidon tehtävät**

TPM on jaoteltu tehtäväalueisiin.

- Kunnossapitotarpeen vähentäminen hankintatyön ja suunnittelun yhteydessä
- Kehittävä kunnossapito
- Laatua parantava kunnossapito
- Ennalta ehkäisevä kunnossapito
- Korjaava kunnossapito toimintahäiriön sattuessa” (Scandinavian Center for Maintenance Management Finland ry 1996)

Kunnossapitotarpeen vähentäminen hankintatyön yhteydessä johtaa pienempiin kunnossapidon kustannuksiin ja laite yleensä toimii paremmin. Laitteen kunnossapidon rakentaminen laitteen ”sisälle” pidentää suunnittelu-aikaa ja lisää investointikustannuksia, mutta usein tämä sijoitus maksaa itsensä takaisin jo lyhentyneessä sisäänajovaiheessa. Kunnossapidon huomioiminen vaatii osaamista ja laitetoimittajien ja asiakkaiden on tehtävä tiivistä ja avointa yhteistyötä. Tämä voi johtaa jatkuvaan kehitykseen. Ostajalla on oltava vähintään yhtä hyvät tiedot ja osaaminen laitteiden toimintavarmuuden ja kunnossapidon osalta kuin laitetoimittajilla, koska tähdätään kunnossapitotarpeen minimointiin. (Scandinavian Center for Maintenance Management Finland ry 1996)

Kehittävän kunnossapidon tehtävät ovat tuotantolaitteiston, kunnossapitovälineiden ja mittalaitteiden kehittämistä ja parantamista. Pelkkä kunnossapidon vähentäminen hankintatyön yhteydessä ei riitä, vaan usein käyntiinajon aikana ja sen jälkeen

toimintojen vakiintuessa ilmenee parannuskohteita. Laitteiden rakenteiden ja toimintojen viilaamisella voidaan vähentää korjaavan kunnossapidon tarvetta ja samalla pitää laitteet ajan tasalla. Samalla menetelmät ja työtavat kehittyvät ja niihin käytetty aika vähenee. Kehittävään kunnossapitoon tähtäävät toimet lähtevät usein käyttäjiltä ja kunnossapitajilta ja henkilöiltä, jotka ovat suoraan tekemisissä laitteen kanssa. (Scandinavian Center for Maintenance Management Finland ry 1996)

Laatua parantavilla kunnossapitotoimilla pyritään parantamaan laitteen suoraan tuotteen laatuun vaikuttavia kohtia. Laitteet kuluvat ja usein tämä laskee tuotteen laatua, syntyy virhekappaleita tai jälki ei ole riittävä. Laatua parantavilla toimilla pyritään ilman suuria investointeja pienentämään hukkaa, nopeuttamaan prosessia, parantamaan järjestystä, asennustarkkuutta, työkalukonstruktioita ja pienentämään toleransseja. Laatua parantavat toimet lähtevät yleensä käyttäjiltä ja heidän kokemuksensa on tuotava esille. (Scandinavian Center for Maintenance Management Finland ry 1996)

Ennalta ehkäisevän kunnossapidon tarkoituksena on estää mahdolliset laiterikot ja toimintahäiriöt. Kunnossapitotoimet voivat olla jaettu käyttäjien ja korjausmiesten kesken. Aikaisemmin jako on ollut yleisesti, että käyttäjät huolehtivat koneiden ja laitteiden rasvauksista ja puhdistuksista ja hoitavat niiden kunnonvalvonnan tarkkailemalla lämpötiloja, värinöitä, melua ja mahdollisia poikkeamia korjausmiesten keskittyessä isompiin huoltoihin, osien vaihtoihin ja korjaamiseen. Kuitenkin on tehokkaampaa, jos nämä pystyvät toimimaan yhteistyössä ja automatiikkaa voidaan käyttää hyödyksi. Alueilla on oltava erikseen vastuhenkilöt, jotka pitävät huolen että kuntoa valvotaan ja poikkeamiin myös puututaan. Toinen tärkeä asia on myös, että toimenpiteet, aikataulut ja tarvikkeet sekä varaosavarastot ovat ajantasaisesti kirjattu ylös, josta voidaan tarkastaa tehdyt asiat ja ennakoida tulevat toimet. Kunnossapidosta tulee näin suunnitelmallista. (Scandinavian Center for Maintenance Management Finland ry 1996) Tehtävien, tarvikkeiden ja varaosien käytön kirjaamisella on myös huomattava vaikutus myöhemmin esitettävään laskentaan kunnossapito- ja investointipäätösten merkittävyyden arvioinnissa.

Korjaava kunnossapito tarkoittaa ennalta arvaamattomien vikojen korjaamista. Tämä on kaikki pois käyntiajasta ja myytävän tuotannon tekemisestä. Tuottavan kunnossapidon tarkoituksena on eliminoida korjaavan kunnossapidon tarve. Satunnaisvirheet ja väärät arviot aiheuttavat vikoja laitteissa, mutta edellä esitetyillä toimenpiteillä pyritään pienentämään vikoja, mitkä olisivat korjattavissa ennakkoon. Satunnaisetkin virheet aiheutuvat usein osaamisen puutteesta ja tuottavalla kunnossapidolla voidaan pienentää satunnaisten virheiden määrää. (Scandinavian Center for Maintenance Management Finland ry 1996)

Kunnossapidon ennakkahuoltosuunnitelman rakentaminen TPM:n periaatteita noudattaen tarkoittaa kunnossapidon osa-alueiden tarkoituksenmukaista käyttämistä. Kaikkia kunnossapidon muotoja tulisi soveltaa kulloinkin vallitsevien olosuhteiden mukaan. Erilaiset linjastot, koneet ja tehtaot vaativat suunnitelmallisen huollon toteutuksen, sillä aina ei ole edullisinta ylläpitää laitteiden 100 % käyntiä kunnossapidon kustannuksella. Optimaalisin kustannus-hyöty suhde on mahdollista laskea, mutta TPM periaatteiden mukainen toiminta voi toimia perustana laskelmille. (Holmberg 1998)

### **3.2 Toimet tuottavuuden parantamiseksi**

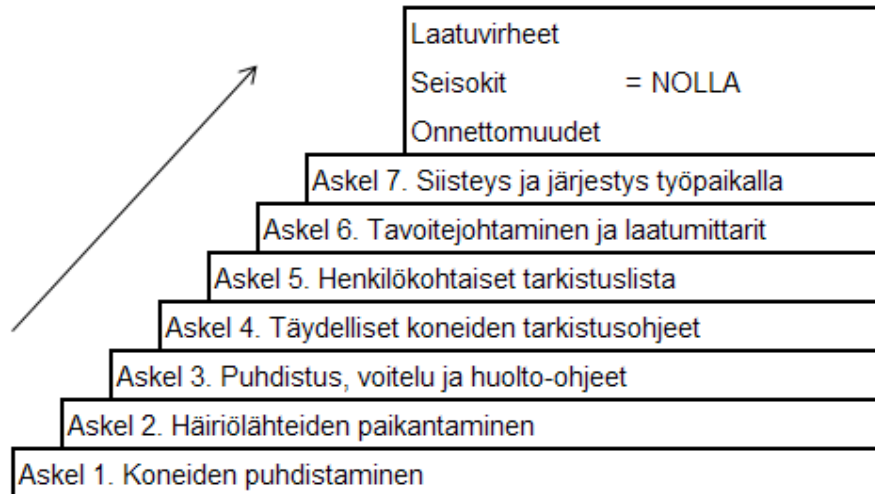
Tuottavan kunnossapidon tavoitteena on lisätä pääoman tuottavuutta. Jos käytettävyys lisääntyy, niin myös valmistuskapasiteetti lisääntyy. Laitteiden materiaalintuottokyvyn parantaminen lisää ennustettavuutta, mikä mahdollistaa välivarastojen pienentämisen tuotantoketjussa. Kun korjausajat lyhenevät, niin silloin jää enemmän aikaa tarkasteluun ja vikojen ehkäisemiseen sekä toiminnan parantamiseen. (Scandinavian Center for Maintenance Management Finland ry 1996) Tämä johtaa oravanpyörään, missä kokonaistuottavuus paranee huomattavasti ja käyttöpääoman tarve vähenee. Toiminnan ajautuessa toiseen suuntaan vaikutukset ovat yhtä merkittävät, mutta negatiiviset.

TPM:n tavoitteena on jatkuva kehittäminen ja sille on luotava edellytykset, joiden rakentamisessa on otettava huomioon, että jokaiselle laitteelle tai koneelle on määrätty

henkilö vastaamaan siitä ja, että hän tarkistaa ja huoltaa laitteistonsa sekä pitää työpaikkansa siistinä ja järjestyksessä. (Scandinavian Center for Maintenance Management Finland ry 1996)

Kuvassa neljä esitetään kehitysaskleet jatkuvan kehittämisen rakentamiselle. Lopputavoitteena prosessilla on laatuvirheiden, seisokkien ja onnettomuuksien eliminointi.

Ensimmäisen askeleen koneiden puhdistaminen ei ole pelkästään siivoamista. Puhdistaminen on aina samalla tarkistamista. Puhdistamisen tavoitteena on oppia tuntemaan laitteet ja paljastamaan piilevät viat. Puhdistamalla laitteet poistetaan myös tarpeettomat esineet, jolloin työympäristö säilyy siistinä. On tärkeää myös, että löytyneet viat kirjataan tehdyksi korjauksen jälkeen. (Scandinavian Center for Maintenance Management Finland ry 1996)



**Kuva 4.** Tuottavuuden portaat (Scandinavian Center for Maintenance Management Finland ry 1996)

Toisen askeleen häiriölähteiden paikantamisella tarkoitetaan ongelmallisten alueiden etsimistä. Tämän tavoitteena on vapaaehtoinen tavoitteisiin pyrkiminen, sillä näillä toimilla pyritään keskittämään voimavaroja sinne, missä niitä tarvitaan. Ongelma-



alueiden paikallistamisessa etsitään vaikeasti puhdistettavia paikkoja, estetään vuotoja ja paljastetaan poikkeama kohtia. Näillä toimilla pyritään ymmärtämään laitteiden toimintaa paremmin ja löytämään uusia kehitysehdotuksia samalla usein motivaation lisääntyessä. (Scandinavian Center for Maintenance Management Finland ry 1996)

Kolmannen askeleen puhdistus-, voitelu- ja huolto-ohjeiden laatimisella pyritään suunnitelmalliseen toimintaan, jolloin ajankäyttö tehostuu ja menetelmät pääsevät kehittymään, kun ei ole jatkuva hätä ja sekasorto. Ohjeilla määritetään tehtävät toimenpiteet, tarvikkeet ja aineet sekä kuinka usein toimenpiteet suoritetaan ja millä välineillä. Tällä päästään kiinni tarvikkeiden kulutuksen määrään sekä voidaan suunnitella henkilöstön kuormitusta. (Scandinavian Center for Maintenance Management Finland ry 1996)

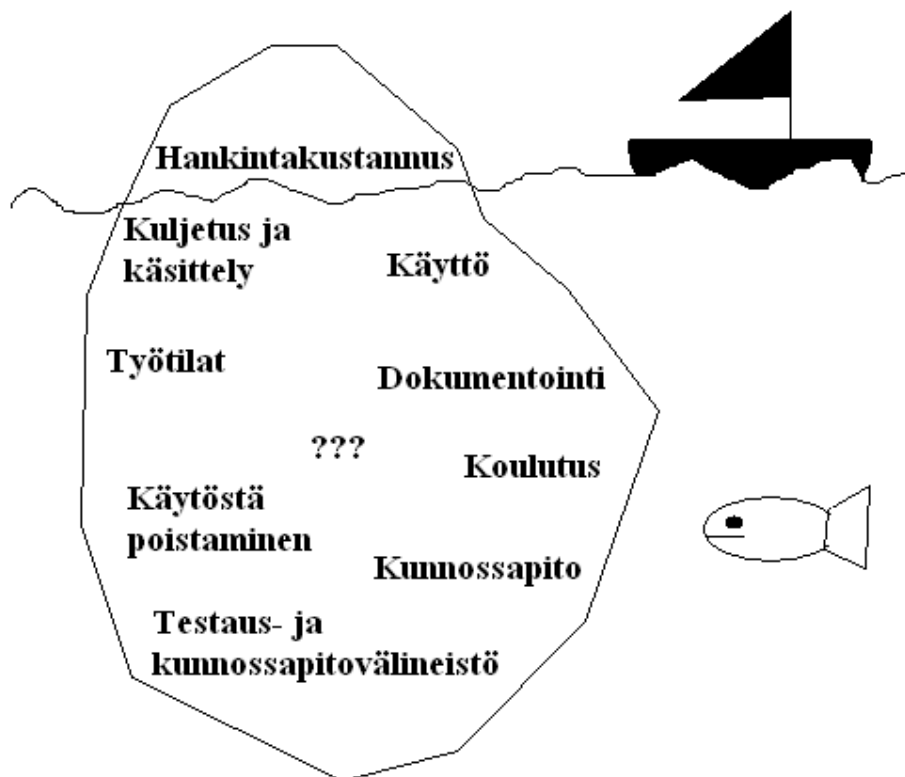
Neljännän askeleen täydelliset koneiden tarkistusohjeet tarkoittavat pulttien ja muttereiden kireyden, sähkölaitteiden kunnon, hydrauliiikan ja pneumatiikan kunnon sekä käyttö- ja voimansiirtolaitteistojen tarkastuksen. Jo pelkästään pulttien ja muttereiden kiristämisen ohjeet johtavat järjestelmällisempään toimintaan, missä ei jää yhtään varmistamatonta kohtaa, vrt. lentokoneiden korjaus. Sähkölaitteiden kunnon säännöllinen tarkastaminen lisää turvallisuutta. Hydrauliiikan ja pneumatiikan täydellinen tarkastaminen parantaa luotettavuutta, sillä ylikuumenemiset ja vieraat äänet voidaan korjata mahdollisuuksien mukaan niiden aiheuttamatta käynnille häiriöitä. Täydellinen käyttö- ja voimansiirtolaitteistojen ohjeistus ottaa huomioon kiertosuuntien merkinnät ja vaihdettava laakeri on mahdollista tilata oikealla hetkellä ennakkoon halvemmalla. (Scandinavian Center for Maintenance Management Finland ry 1996)

Viidennen askeleen henkilökohtaisten tarkistuslistojen tarkoituksena on jakaa tehdas vastuualueisiin, jotta ns. harmaita alueita, jotka eivät ole kenenkään vastuulla, ei olisi. Selkeät vastuualueet helpottavat tarkastusten suorittamista ja tekevät siitä järjestelmällistä. Kuudennen askeleen tavoite- ja laatumittarien määrittelymisen tarkoituksena on luoda selvä mittausperuste edellä mainittujen toimenpiteiden tilan seuraamiseksi.

Siisteys ja järjestys työpaikalla on seitsemäs askel, jonka tarkoituksena on koneen käyttäjien vastuun laajentaminen. Tarkoituksena on pitää laitteistot hyvässä kunnossa ja auttaa havaitsemaan esiintyvät viat helpommin. Tämä tarkoittaa myös laitteistojen oikeanlaista käyttöä, asetuksia ja säätöjä sekä laadunvalvontaa. Näin rutiinihuoltotöiden ja valvonnan suorittaminen helpottuu ja on mahdollista keskittyä olennaiseen. Laitteet toimivat oikein ja tiedonkeruu parantuu sekä työkalut säilyvät ja kestävät paremmin. (Scandinavian Center for Maintenance Management Finland ry 1996)

#### 4 LIFE CYCLE PROFIT –ANALYYSI

Life Cycle Profit, LCP, tarkoittaa elinkaarituottoa ja se on laajennettu elinkaarikustannuksesta. Elinkaarikustannus (LCC, Life Cycle Loss) pitää sisällään kaikki tuotteen tai laitteen ostamisesta, käyttämisestä, ja kunnossapidosta aiheutuneet kulut. Elinkaarikustannusten tarkoituksena on päästä eroon hankintatavasta, joka perustuu ainoastaan investointikustannukseen. Muut kustannukset ovat usein merkittäviä laitteen käyttöänsä aikana. (Scandinavian Center for Maintenance Management Finland ry 1996) Tehdäänhän auton ostopäätöskin dieselin ja bensan välillä ja nykyisin jopa sähkö- ja vety- ja maakaasukäyttöisetkin huomioiden.



**Kuva 5.** LCC –analyysin ”jäävuori” (Scandinavian Center for Maintenance Management Finland ry 1996)

Kuvassa viisi nähdään tilanne, että pelkkä investointi ei ole koko kustannus. LCC – analyysin tarkoituksena on selvittää elinikäisten kustannusten kannalta halvin tuote. Kaikki toimet laitteen asennuksesta sen käyttöön ja lopulta hävittämiseen aiheuttavat kustannuksia ja usein muut kustannukset nousevat merkitsevämpään rooliin verrattuna hankintakustannukseen. (Scandinavian Center for Maintenance Management Finland ry 1996) Investointikustannus on merkitsevämpi, jos tuotteen tai laitteen elinjakso on lyhyt. Pitkäaikaisen investoinnin muut kustannukset, lähinnä käyttö- ja korjauskulut, muodostavat osuuden, joka on erittäin merkitsevä. LCC –menetelmän hyöty tulee esille investoinneissa, joiden käyttöikä on pitkä tai käyttö- ja korjauskulut merkittävät. Ongelmana on tulevien kustannusten arviointi laskentaa varten, josta johtuen analyysi rajoittuu usein vain investoinnin pystyttämisen aikaisiin kustannuksiin, jolloin todelliset kulut tulevat esille vasta käyttövaiheessa. Elinjaksokustannusanalyysi kannattaa tehdä lähes kaikissa tapauksissa, koska epätarkoillakin tiedoilla saadaan suuntaa antava kuva vaihtoehtojen paremmuudesta. (Taipale 1998)

Yhden koneen käyntiajan lisääminen ei välttämättä tuo lisätuottoa, vaan on mahdollista, että hajautetussa tuotannossa välivarastot kasvavat. Prosessiluonteisessa tuotannossa pullonkaulana toimivan laitteen kapasiteetin lisääminen parantaa tuottoa. Jos laite ei ole pullonkaula tuotannon lisäys ei ole mahdollista. Tämä perustuu tuotannon kriittisen polun määritelmään. Ylimääräinen kapasiteetti tosin mahdollistaa resurssien käytön muissa kohteissa. (Brimson & Antos 1999)

#### **4.1 LCC laskenta**

LCC -menetelmällä voidaan laskea koneen kokonaiskustannus. Laskentaa varten ei aina ole käytettävissä tietoja, jos ne tehdään esimerkiksi korvausinvestointia varten, mutta useimmiten tulevia kuluja joudutaan arvioimaan ja mahdollisesti laitetoimittajalta voi löytyä referenssikohteita käytetyistä laitteista. Laskentaan tarvitaan seuraavanlaisia tietoja (Taipale 1998);

- hankintakustannukset

- kulut, joita ei voi aktivoida
- vuotuiset kunnossapitokustannukset
- vuotuiset käyttökustannukset
- vuotuiset kiinteät kustannukset
- jäännösarvo
- vuotuiset tuotot

LCC lasketaan seuraavalla kaavalla (Järviö 2006):

$$Lcc = Ci + Ny (Co + Cm + Cs)$$

, missä

Lcc = Lifecycle cost

Ci = investointikustannus

- investointi tuotantovälineeseen
- investoinnit rakennuksiin, teihin ja väyliin
- investoinnit energian siirtoon
- investoinnit varaosiin
- investoinnit työkaluihin
- investoinnit ohjeisiin ja dokumentaatioon
- investoinnit koulutukseen

Ny = elinaika vuosina

Co = vuosittainen käyttökustannus

- käyttöhenkilöstön kustannus
- energiakustannus
- käyttömateriaalit
- kuljetukset ja siirrot
- käyttäjien säännöllinen ja jatkuva kouluttaminen

$C_m$  = vuosittainen kunnossapitokustannus

- henkilöstökustannukset (korjaava kunnossapito)
- materiaalikustannukset (korjaava kunnossapito)
- henkilöstökustannukset (ennakoiva kunnossapito)
- työkalu, laite ja materiaalikustannukset (ennakoiva kunnossapito)
- henkilöstökustannukset (uudistava kunnossapito)
- uudistavan kunnossapidon materiaalikustannukset
- kunnossapitohenkilöstön säännöllinen jatkuva kouluttaminen

$C_s$  = vuosittainen epäkäytettävyyuskustannus

- kunnossapitokertojen määrä vuodessa
- keskimääräinen seisokkiaika
- epäkäytettävyyuskustannus/tunti (toteutumaton tuotanto)

LCC -menetelmää on käytetty myös vertailuun, jossa järeitä ruohonleikkureita golf - kenttien käytössä on arvioitu. Tehokkaan mallin investointikustannus on ollut noin 30 % suurempi kuin vastaavien normaalisti käytössä olevien. Tehokkaamman mallin herkkyys energian hinnan ja huoltokulujen nousulle on ollut pienempi. Kokonaistehokkuus huomioon ottaen 30 % suurempi investointikustannus on ollut kannattavampi vaihtoehto. Tähän on vaikuttanut myös koneiden lukumäärän tarve ylläpitämään vaadittu käyttövarmuus. (Mäkelä 2008)

Menetelmän toimivuus on myös testattu keskusvoitelujärjestelmän käyttöönoton vaikutuksella laakerivaurioiden syntyyn massateollisuudessa. Tutkimuksessa on käytetty tilastoitua tietoa, josta saadun tiedon perusteella laakerivaurioista noin puolet on syntynyt huonosta voitelusta ja epäpuhtauksista ennen keskusvoitelujärjestelmän käyttöönottoa. Laakerivaurio seisokin syynä on ollut noin 44 % tapauksista yhdellä linjastolla, jolloin voiteluongelmat ovat aiheuttaneet neljänneksen seisokeista. Myöhemmin on havaittu, että keskusvoitelujärjestelmään investointi on pudottanut laakerivaurioita 77 %. Laskentaa varten on saatu erittäin tarkat tiedot investoinnista ja kunnossapidon kuluista ennen ja jälkeen, jonka perusteella järjestelmän investintikustannus on ollut lähes saman suuruinen kuin menetetty tuotanto ennen

investointia. Tuottoa verrattuna vanhaan on myös syntynyt enemmän kuin järjestelmään on investoitu. (Taipale 1998)

Sotateollisuus on käyttänyt luotettavuuskeskeisen kunnossapidon menetelmiä, sillä sen tarkoituksena on eliminoida virheiden määrä. Sukellusveneiden torpedoputkien ja sylinterien odotettu elinikä on viisi vuotta. Tutkimuksen perusteella hydraulisten sylinterien vaihdolla ennen niiden särkymistä voidaan säästää koko järjestelmän uudelleen investointi. Yksistään tällä toimenpiteellä on laskettu LCC -mallilla yhden sukellusveneeseen vuosittaiseksi säästöksi 2,3 M€. (Alen 2002)

#### **4.2 LCP laskenta**

Life cycle profit:n laskennassa otetaan huomioon myös tulevat tuotot, jotka on otettu esitetty osaltaan LCC -laskennassa menetettyinä tuottoina. Jotta ei syntyisi osaoptimointia, laitteen on oltava tuotannon pullonkaula (Goldratt 1992). LCP laskennassa tuottona voidaan ottaa huomioon myös laitteen kasvanut tuotanto, jos se esimerkiksi jalostaa varsinaisen tuotannon ulkopuolella erikoistuneita tuotteita. Tällöin oletuksena pidetään vain lisääntyntä jalostusarvoa. On vaarallista käyttää tuottojen laskennassa hajautetun tuotantojärjestelmän osan tai laitteen tuotantomäärän kasvua, jos myytävä tuotanto ei lisäänty, oletuksena tietysti, että kaikki tuotettu voidaan myydä laskematta hintaa ylituotannolla.

## **5 YRITYS X:N KUNNOSSAPIDON KUSTANNUKSET**

Yrityksen kunnossapidon kustannukset ovat nousseet vuosien aikana. Tämä johtuu pääsääntöisesti vanhojen laitteiden vikaantumisista syntyneistä kustannuksista. Korvausinvestointeja ei ole suoritettu, vaan on pyritty korjaamaan laitteet niiden rikkoutuessa. Viat ovat aiheuttaneet merkittävästi seisokkiaikaa ja tuotannon menetyksiä.

Tilanne vaatii toisenlaista lähestymistapaa kunnossapidollisessa mielessä, jolloin otettava kokonaisuus huomioon. Korvaavien laitteiden hankkiminen tuotantolinjaan nykyisten vanhojen laitteiden tilalle on otettava huomioon, sillä "moni laite on enää ainoastaan hitsausaamaa ja mitä erilaisempia osia ilman tietämystä käytetyistä osista". Vikatilanteessa on pyritty vain nopeasti turvaamaan tuotannon jatkuminen.

### **5.1 Kunnossapidon kirjanpito ja kulut**

Kunnossapidon kustannukset on jaoteltu osastoittain ilman kohdistusta laitteille. Tämä tekee vaikeuttaa LCP -laskennan tekemistä. Käytönaikaisten kustannusten jäljittäminen ei ole mahdollista ja näin ollen joudutaan arvioimaan kohdistettavat kustannukset. Suurempien suunniteltujen seisokkien kustannukset on mahdollista jäljittää laskujen perusteella, sillä näissä tehtävissä on käytetty alihankkijoita. Kuitenkin ns. suunniteltuja seisokkeja on järjestetty tuotantoajan ulkopuolella viikonloppuisin. Näiden kustannusten jäljittäminen ei ole mahdollista, jolloin tämä korjaava kunnossapitokustannus pyritään arvioimaan keskimääräisesti eniten korjaustarpeita vaatineiden laitteiden osalta. Tämä kustannus on pääsääntöisesti kunnossapidon henkilöstön ylityökuluja. Nämä ylityökulut ovat turhia, jos laitteiden kestoikä ei olisi loppuillaan.

Vuonna Y kunnossapidon kokonaiskustannukset ovat olleet 1 019 000 €. Ulkopuolisilta ostetut palvelut ovat olleet 811 289 €, josta osatovat olleet 362 485 € ja työn osuus on



ollut 448 802 €. Näin ollen oman henkilöstön ja osettujen osien kustannus on ollut 207 711 €. Laitteeseen A arvioidaan kohdistetuksi kustannuksia 20 000 € ulkopuolisilta ostetuista palveluista tarvikkeista. Omat kustannukset ovat lähes välttämättömiä, mutta niistä kohdistetaan arvioitu 5000 € tälle laitteelle ylimääräisinä syntyneitä kustannuksia. Laitteelle A kohdistetaan kustannuksia 25 000 € vuonna Y.

## **5.2 Tuotannon häiriöraportointi**

Tuotannon häiriöraportointi on toteuttu linjan pääsyöttölaitteen pysähtymisen/pysäyttämisen valvontaan. Kun syöttölaite on pysähdyksissä operaattori kirjaa järjestelmään seisokin syyn. Syyn vaihtoehdot ovat linjaston eri osia/laitteita. Pysähtymisen syynä voi olla laitteen vikaantuminen, toimintahäiriö tai tuotteen aiheuttama häiriö linjassa. Vuoron jälkeen operaattori tulostaa vuororaportin, missä on vuorotuotannon lisäksi kirjattu eniten häiriöitä aiheuttaneet tapahtumat lisättynä seliteviestillä tarvittaessa. Raportti on paperilla ja tämä sijoitetaan työnjohtajan kansioon. Vuosittainen kokonaistarkastelu on tehty ainoastaan kokonaisseisokkijalle. Linjaston eri osia ei ole eritelty. Tämä vaatisi jokaisen vuororaportin erillisen tarkastelun ja kirjaamisen sähköisesti, jotta voidaan jäljittää eri laitteiden aiheuttamat häiriöt tarkasti. Häiriöraportointi vaatii kehittämistä, jotta ylimääräiseltä selvitystyöltä vältyttäisiin. Tässä työssä on tutkittu yhden vuoden aikana syntyneet häiriöt paperiraporttien perusteella.

Vuonna Y seisokkia on syntynyt 20 %. Tästä laitteen A osuus on ollut 3,1 % -yksikköä. Kokonaistuotannon arvo ollut 30 M€. Laite A ei ole suurin yksittäinen seisokin aiheuttaja, mutta seisokit ovat johtuneet laitteen vikaantumisista, toisin kuin muualla linjastossa syntyneet seisokit ovat johtuneet tuotetun tavaran ominaisuuksista, johon ei voida vaikuttaa. Yrityksen seisokin määrä verrattuna toimialan keskimääräiseen 28,3 %:n on verraten hyvä, mutta laitteen A aiheuttaman seisokin määrä ja luonne verrattuna toimialan 89 %:n käytettävyyteen on huomattavan suuri. Yrityksen prosessiluonteinen tehdas on erittäin altis herkkä yksittäisten laitteiden vikaantumisille. Useimmat laitteista ovat vanhoja, mutta toimineet yllättävän hyvin verrattuna toimialaan keskimäärin.

Kuitenkin laitteiden tulo elinkaarensa päähän on havaittavissa, jolloin korvausinvestointeihin olisi hyvä varautua ennenkuin totaalisia vikaantumisia tapahtuu ja menetetty tuotanto konkretisoituu.

### **5.3 Laite A**

Laite A on välttämätön linjan toiminnan kannalta. Kaikki materiaalivirta kulkee tämän laitteen kautta. Yleisesti tämän laitteen jälkeen ei ole puskurivarastoa, eikä sellaisen järjestäminen ole mahdollista. Laitteen liikkuva osa on erittäin painava. Kolmivuorokäynnin aikana laite toistaa liikkeen parhaimmillaan lähes 20 000 kertaa vuorokaudessa.

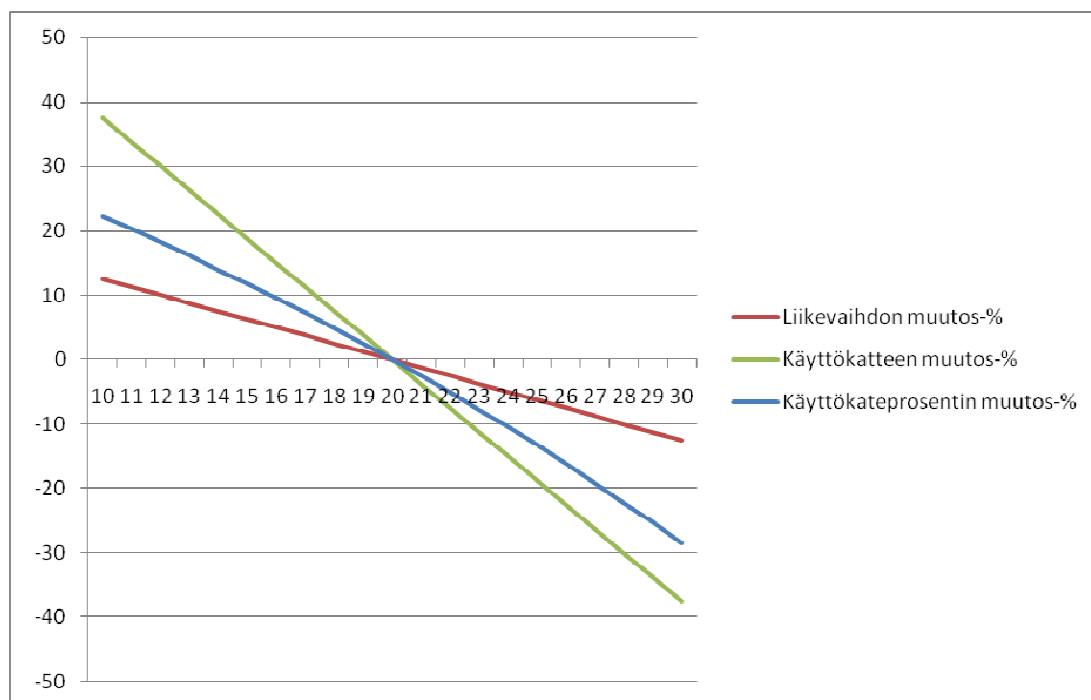
Laite on hydraulikäyttöinen ja sillä on oma koneikko. Erillistä öljynlauhdutinta ei ole. Laitteen sylintereitä tai niiden tiivisteitä joudutaan vaihtamaan vuosittain. Laitteen hydrauliletkuja ja –liittimiä vaihdetaan lähes kerran viikossa niiden hajotessa iskusta tai vuodosta johtuen. Laitteen runkoa hitsataan useamman kerran kuukaudessa sen murruttua. Runko vaatisi täysin uutta rautaa, sillä nykyinen on jo liian väsynyttä kestääkseen jatkuvan käytön ja voimakkaat iskut.

Laitteen korjaukseen käytettyjä tarvikkeita ja raaka-aineita ei ole eritelty. Tosin niiden osuus on erittäin pieni kokonaiskustannuksista. Laitteessa on useimmiten ilmennyt vika kesken käytön ja se on korjattu saman tien, jotta tuotannon seisokki olisi mahdollisimman lyhyt. Vika on korjattu niin, että tuotannon seisokki ko. vuorolla olisi mahdollisimman lyhyt.

### **5.4 Laite A:n vaikutukset tuottoon**

Laite A on merkittävässä roolissa tuotantolinjassa, sillä kaikki tuotanto kulkee tämän laitteen kautta. Laitteelle on kohdistetaan LCP laskennassa kuluja 25 000 € sekä 3,1 %

seisokkiaikaa menetettynä tuotantona. Kuvassa 6 esitetään vaaka-akselin seisokki -%:n muutoksen vaikutus liikevaihdon ja käyttökateen muutos-%.



**Kuva 6.** Seisokkiajan vaikutus liikevaihtoon ja käyttökatteeseen. Vaaka-akselilla seisokkiprosentti, pystyakselilla muutosprosentti.

LCP -laskentaa yksinkertaistetaan, jolloin seisokkiaika katsotaan menetettynä tuotantona, mutta arvioidun turvamarginaalin kannalta käytetään menetettynä tuotantona kahta prosenttia tuotannosta kolmen sijaan. Liikevaihto nousee 2,5 % kun seisokkiaika tippuu 2 %. Käyttökate nousee kymmenestä 10,49 prosenttiin, jolloin käyttökate nousee 265 000 €. Tämä on säästöä.

Lisääntyneeseen tuotantoon on otettava huomioon muiden laitteiden mahdollinen vikaantumisvaikutus. Tässä lisääntyneestä tuotannosta vähennetään muiden laitteiden sama tilastollinen vaikutus 16,9 %, jolloin menetettyä tuotantoa palautuu 220 215 €. Tämä on mahdollista, jos korvaava uusi laite tuottaa kolmasosan seisokkia verrattuna vanhaan laitteeseen, kun seisokki oli 3,1 % ja tulevalle laitteelle arvioitiin 1,1 % ja laskennassa käytettiin kahta prosenttia.

Laitteen vuosittainen kulu on siis 245 215 €, jokoostuu:

- Menetetystä tuotannosta
- Kunnossapidon laitteelle kohdistetuista kuluista

Korvaavan laitteen hankinnassa on otettava huomioon sen aiheuttamat kunnossapidolliset kustannukset. Korvaava laite tulee olemaan sähkökäyttöinen ja sen kunnossapitoon kuluu aikaa laakerien rasvauksessa, joka tehdään normaalien kesähuoltoseisokkien yhteydessä. Nämä kustannukset ovat marginaalisia, joten niitä ei oteta huomioon. Laitteen eliniäksi arvioidaan kymmenen vuotta, minkä puolessa välissä laitteen ketjut joudutaan uusimaan. Tästä syntyy kustannuksia noin 4000 €.

Käyttökulujen arvioidaan olevan samoja, sillä vanhassa laitteessa sähkömoottori pyöritti hydraulipumppua ja uudessa laitteessa on sähköinen veto. Hydrauliöljyn lisäykset ovat sisältyneet kunnossapidon kohdistettuihin kustannuksiin.

Korvausinvestointilaskelmassa ei tällä kertaa käytetä korkoa, yksinkertaistuksen vuoksi, sekä aikajänteen lyhyiden ja tarvittavan investointikulun pienuuden vuoksi.

Uuden laitteen vuosittainen kustannus siis saa olla maksimissaan noin 245 000 €. Uuden laitteen investointikustannus on noin 400 000 €, joten laite maksaa itsensä takaisin alle kahdessa vuodessa. Laite A on siis ollut selvä pullonkaula tuotannossa ja sen uudistaminen on erittäin tärkeää jo pelkästään menetetyn tuotannon kannalta.

## 6 TULOSTEN TARKASTELU

Kunnossapidon kustannuksia on mahdollista optimoida laskentaperustein kuten työssä esitettiin laitteen A osalta. Tarkkojen laskelmien tekeminen vaatii perusteellista korjausta kirjanpitokäytäntöihin sekä häiriöraportoinnin sähköistä kirjausta, jotta perusteellinen analysointi olisi mahdollista. Kuitenkin laite A esimerkkinä kertoo tarpeellisuuden toimenpiteille ja laskennan yksinkertaisuus on käytettävissä suoraan, jos tarvittava tieto olisi helposti saatavilla. Laskentaa tulisi tehdä tarkemmin, kun vertaa esitettyyn laakerien voitelun kustannuksiin, joka myös aiheuttaa vikaantumista tehtaalla. Life-cycle analyysin tekeminen vaatii tiedot vähintään Taipaleen esimerkin mukaisella tasolla, jossa kulut on kohdistettu suoraan jo kirjanpidossa kohteille sekä häiriö seurannan laitekohtaisesti. Häiriö seurannassa nimikkeillä on merkittävä rooli; jos tiedossa on vain laitteen nimi ja häiriöaika on vian selvittäminen tilastollisesti mahdotonta. Sukellusveneen esimerkissä vika on ollut yksiselitteinen, joten laskentaperusteet ovat olleet kunnossa. Laite A:n osalta häiriön syytä ei ole kirjattu selvästi, mutta syyt ovat olleet selkeitä käyttövoiman ongelmien ja itse rungon eliniän päättymisen vuoksi.

Mekaanisten laitteiden valinnassa olisi nykyisin otettava huomioon käyttövoiman vaikutus, jotta laitteiden toimintavarmuus paranisi. Jo ympäristönäkökulmasta hydraulisia laitteita ei tulisi käyttää, kuin paikoissa, joissa vaaditaan suuria voimia tai muut toimilaitteet eivät pysty täyttämään voiman ja laitteen koon asettamia vaatimuksia. Myös vaikutukset muihin linjaston osiin tulisi ottaa huomioon kuten sukellusveneen esimerkissä on esitetty korjaavien toimenpiteiden oikea-aikaisuuden merkitys. Vaikutusta muihin linjaston osiin korjausten jälkeen ei ole otettu huomioon tässä esimerkissä, kuten ei myöskään Taipaleen esittämässä keskusvoitelujärjestelmän mallissa. Tämän työn esimerkissä käytettiin turvamarginaalia menetetyn tuotannon huomioon ottamiseksi, mutta aina ei ole selvää kuinka tilanne muuttuu korvaavien investointien jälkeen. On mahdollista, että uusia ongelmakohtia esiintyy pullonkaulan poistamisen jälkeen seuraavan pullonkaulakohdan kuormituksen lisääntyttyä. Tämä on jatkuvan parantamisen ongelma, jonka myös Goldratt esittää teoksessaan.

Laitteiden kirjanpidon ja varaosien yksinkertaistaminen auttaa myös hallitsemaan kunnossapidon toimintaa. Vanhojen laitteiden varaosien saatavuus on usein heikko ja rikkiäisiä kohteita joudutaan usein korjaamaan korvaavilla osilla, jolloin varaosien nimikkeiden hallinta tulee vaikeaksi. Perusteellinen varaosakirjanpito ja suunnitelmallisuus kunnossapidossa helpottaisi noudattamaan TPM:n lähestymistapaa, jolloin turhat ja kalliit toimenpiteet vähenisivät ja suunnitelmallisuudesta tulisi oikea tapa toimia.

Häiriökirjanpidon paperisten raporttien lisäksi tapahtumat tulisi saada kirjattua sähköisesti, jotta analysointiin ei kuluisi aikaa ja kokonaisraportit olisivat helposti saatavilla. Nykyisen kaltainen järjestelmä kuormittaa liikaa henkilöitä joiden tehtävä olisi suunnitella kunnossapidollisia toimia ennalta, ei vain kunnossapitotarpeen ilmentyessä. Järjestelmän tulisi olla myös yksinkertainen, jotta lisäkustannuksia ei tule aiheetta.

Yleisesti menetelmä sopii hyvin tuotantolinjojen analysointiin, mutta raportointi- ja kirjausjärjestelmien on oltava riittävän tarkkoja laskennan oikein kohdistamiseen. Analyysin hyötyjen vertailu eri kohteissa on tehtävä samojen periaatteiden mukaan; prosessiteollisuuden laskemien perusteena on oltava koko linjan tuotanto, mutta hajautettujen tuotantolinjojen tarkasteluperiaate poikkeaa, sillä pullonkaulan siirtyminen eri paikkaan asettaa myös tuotannosuunnittelulle ja välivarastoinnille tarkastelutarpeen. Goldratt esitti teoksessaan hajautetun järjestelmän ongelman, jossa pullonkaula siirtyi aina seuraavaan kohtaan korjauksen jälkeen, jonka vuoksi tuotannon optimointi oli tehtävä uudelleen. Prosessilinjassa tämä ongelma esiintyy koko linjan häiriönä, eikä ns. välivarastointiongelmaa esiinny.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kunnossapidon kustannusten optimoinnissa voidaan käyttää laadullisia ja laskennallisia toimintatapoja. Kunnossapitoa on pidetty harmaana alueena, joka on yksi kuluera muiden joukossa. Kunnossapito tulisi kuitenkin rinnastaa tuotannon kanssa yhtenäiseksi toimijaksi, jolloin kokonaisvaikutusten huomioon ottaminen on helpompaa, sillä vain koko laitoksen tulos on ratkaiseva.

Kunnossapidon termeistä aikakäsitteet ja ennakoivan ja korjaavan kunnossapidon määritelmien merkitykset tulisi ymmärtää. Pyrkimys olisi kohti ennakoivampaa ja suunnitelmallista kunnossapitoa, jolloin käytettävissä oleva tuotantoaika voidaan maksimoida ja kalliit korjaustoimenpiteet pystyttäisiin suunnittelemaan ennakkoon.

TPM on yksi lähestymistapa parantaa kunnossapidon toimia ja sen tavoitteena laatuvirheiden, seisokkien ja tapaturmien nolla määrä. Tämä kaikki lähtee henkilöstöstä ja heidän omasta käyttäytymisestään. Se vaatii kurinalaista ja määrätietoista otetta kaikissa toimissa puhtaudesta järjestelmälliseen ja ennakkoon suunniteluihin toimintatapoihin.

Kun toimintatavat ovat selkeät ja suunnitellut voidaan kunnossapidon ohjaamisessa käyttää LCP - laskentaa, tilastollisia menetelmiä, jolloin voidaan parantaa tuottavuutta etsimällä parannettavia kohteita.

## LÄHTEET

Allen, T. 2002. U.S. Navy Analysis of Submarine Maintenance Data and the Development of Age and Reliability Profiles. [pdf -dokumentti] Saatavilla: <<http://www.plant-maintenance.com/articles/SubmarineMaintenanceDataRCM.pdf>>

Baldwin, R. 1990. Managing Mill Maintenance. United States of America. Miller Freeman Publications. 302 s. ISBN 0-87930-220-8

Brimson, J & Antos, J. 1999. Driving value Using Activity-Based Budgeting. United States of America. John Wiley & Sons. 276 s. ISBN 0-471-08631-2

Goldratt, E. M. 1992. The Goal, A process of ongoing improvement. United States of America. The North River Press. 351 s. ISBN 088427-061-0

Holmberg, K. 1998. Käyttövarmuuden ja elinjaksotuoton hallinta. Espoo. VTT. 130 s. ISBN 951-38-5261-X

Järviö, J. 2006. Kunnossapito. 3. painos. Helsinki. KP-Media Oy. 223 s. ISBN 952-99458-2-5

Komonen, K. 2002. Käyttövarmuustakuut, Tutkimusraportti BVAL73021194. [pdf-dokumentti] Espoo VTT. 42 s. Saatavilla: <<http://www.vtt.fi>>

Mäkelä, A. 2008. Elinkaarianalyysin soveltaminen käyttökustannuslaskennassa ja kilpailijavertailussa. Diplomityö. Lappeenranta teknillinen yliopisto. Lahti. 101 s.

PSK 6201. 2003. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 2. painos. PSK Standardisointi. 30 s.



PSK 7501. 2000. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. PSK Standardisointi. 18 s.

Reiche, H. 1994. Maintenance minimization for competitive advantage. Amsterdam. Gordon and Breach Science Publishers S.A. 192 s. ISBN 2-88124-589-7

Scandinavian Center for Maintenance Management Finland ry. 1996. Käynnissäpidon johtaminen ja talous. Loviisa. Painoyhtymä Oy. ISBN

Taipale, V. 1998. Osajärjestelmän vaikutus prosessijärjestelmän elinjaksotuottoon. Espoo VTT. 52 s. ISBN 951-38-5325-X

Virtanen, S. 1996. Käyttövarmuus tuotesuunnittelussa. Helsinki University of Technology. 92 s. ISBN 951-22-3267-7