

JUSSI SONNINEN

WOODPOLIKSEN KUNNOSSAPITO- SUUNNITELMA JA -OHJELMISTO



Insinööri (AMK),
kone - ja
tuotantotekniikka

Kevät 2015



TIIVISTELMÄ

Tekijä: Sonninen Jussi

Työn nimi: Woodpoliksen kunnossapitosuunnitelma ja -ohjelma

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), kone - ja tuotantotekniikka

Asiasanat: Kunnossapito, ehkäisevä kunnossapito, huolto, kunnossapito-ohjelma

Insinöörityön lähtökohta oli suunnitella kunnossapito-ohjelmisto työn tilanneelle Woodpolisille. Ohjelmiston piti sisältää kaikkien tehtaalla sijaitsevien laitteiden kunnossapito-ohjeet, laitetoimittajien ja varaosatoimittajien tiedot, päivittäisen huoltokalenterin ja huolto- ja korjausraportit. Dokumentointi oli yksi tärkeimmistä tavoitteista ohjelman teossa. Prosessin alussa oli tehtävänä määrittää yritykselle uusi kunnossapitolaji, koska tämän hetkinen kunnossapito oli määrittelemätöntä korjaavaa kunnossapitoa.

Insinöörityön alkuosiossa käsitellään kunnossapitoa yleisellä tasolla. Jälkimmäisessä osiossa perehdytään ehkäisevään kunnossapitoon ja kunnossapito-ohjelmiston teoriaan ja toteutukseen.

Työn painopiste oli kunnossapito-ohjelmiston tekeminen ja sen käyttöön saattaminen. Lopputuloksena Woodpolis sai Microsoft Excelillä tehdyn kunnossapito-ohjelmiston, jonka koekäyttö jatkui työn valmistuttua.

ABSTRACT

Author: Sonninen Jussi

Title of the Publication: A Maintenance plan and program for Woodpolis.

Degree Title: e.g. Bachelor of Engineering, Mechanical and Production Engineering

Keywords: maintenance, preventive maintenance, service, maintenance program

This Bachelor's thesis was commissioned by Woodpolis. The main purpose was to design a maintenance plan program, which includes data from machines placed in a factory. Mandatory data contained maintenance guides, equipment suppliers, daily service schedule and service- and repair reports. One of the major goals was documentation. In the beginning of processing this thesis, the task was to determine a new type of maintenance for Woodpolis, because the current maintenance the company had was undefined corrective maintenance.

The thesis starts with surveying maintenance on a general level. The subsequent part covers the theory of preventive maintenance and maintenance information system. Implementation of maintenance plan program concludes this Bachelor's thesis.

The main issue in the thesis was forming and introducing the program. As a result Woodpolis gained a maintenance program which was designed by using Microsoft Excel. The program trial continued after the thesis.

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty 2015 Woodpoliksen tilaamana, tuotannon lisääntymisen johdosta. Woodpolis on kasvava puualan tulevaisuuden yritys, jonka toiminta on lisääntymässä merkittävästi, mistä johtuen kunnossapidon merkitys on noussut uudelle tasolle organisaatiossa.

Opinnäytetyön valvojana toimi Mikko Heikkinen ja kielellisestä ohjauksesta vastasi Eero Soininen. Woodpoliksen puolelta työn ohjaajana toimi Jari Kähkönen. Haluan kiittää jokaista osapuolta ohjauksesta ja arvokkaista neuvoista.

Erityiskiitokset perheelleni, joka oli tukenani työntäyteisen kirjoitus- ja toteutusvaiheen aikana.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	1
Työn tausta ja tavoite	1
2 WOODPOLIS	2
2.1 Yleistä yrityksestä.....	2
2.2 Kunnossapidon tila	2
2.3 Laitekanta.....	3
3 KUNNOSSAPIDON TERMIT JA KÄSITTEET	6
3.1 Kunnossapidon määritelmiä	6
3.2 Käytön määrä	7
3.2.1 Koneiden käyttö ja käyttöasteet.....	7
3.2.2 Käytönaikainen käytettävyys	8
3.3 Vikaantuminen.....	8
3.4 Kunnossapidon tavoitteet	11
3.5 Kunnossapitolajit	12
3.6 Kunnossapidon taloudellinen merkitys	14
4 EHKÄISEVÄ KUNNOSSAPITO.....	15
4.1 Johdanto valittuun kunnossapitostrategiaan	15
4.2 Ehkäisevä kunnossapito (Preventive Maintenance, PM).....	16
4.2.1 Sisältö	16
4.2.2 Miksi ehkäisevä kunnossapito	16
4.2.3 Suunnittelu	18
4.2.4 Taloudellinen merkitys.....	19
5 KUNNOSSAPIDON TIETOJÄRJESTELMÄ	22
5.1 Tietojärjestelmän hyödyntäminen organisaatiolle	22
5.2 Tietojärjestelmän toiminnot	22
5.3 Varaosajärjestelmän hallinta	23
5.4 Huolto- ja ennakkohuoltojärjestelmä	23
5.5 Dokumenttien hallinta.....	24
6 KUNNOSSAPITO-OHJELMISTO	26
6.1 Toteutus	26

6.2 Ohjelmiston toiminnot.....	27
6.2.1 Aloitussivu	27
6.2.2 Laitekanta.....	28
6.2.3 Kalenteri	28
6.2.4 Konetoimittajat	29
6.2.5 Varaosatoimittajat	29
6.2.6 Varaosat ja varastointi.....	30
6.2.7 Tyypikilvet	31
6.2.8 Ajoitetut huollot.....	31
6.2.9 Laitteen huoltotiedot.....	32
6.3 Käyttöönotto	33
7 YHTEENVETO	34
LÄHTEET	36
LIITTEET	

LYHENNELUETTELO

MTBF	Mean time between failures, on keskimääräinen aika laitteen vikaantumiseen, sen edellisestä alkuperäiseen kuntoon saattamisesta (korjauksesta).
OEE	Overall Equipment Effectiveness, laitteen kokonaistehokkuus.
PM	Preventive maintenance, sisältää kaikki tarkastus-, testaus- ja huoltotoimenpiteet, joita tehdään ilman, että laitteessa tiedettäisiin olevan vikaa.
PSK 6201	Kansallinen standardi. Kunnossapito, Käsitteet ja määritelmät.
RCM	Reliability Centered Maintenance, luotettavuuskeskeinen kunnossapito.

1 JOHDANTO

Työn tausta ja tavoite

Nykyaikana kunnossapidon merkitystä ei voi liikaa korostaa. Yritysten hyvien tulosten takaa löytyy syynä hyvin hoidettu kunnossapito, joka on vahva perusta teollisuuden alan yrityksille tehokkuuden ylläpitämiseksi. Heikolla kunnossapidolla yritys mahdollistaa vikaantumisen todennäköisemmäksi, vaikuttaen yrityksen elinkaareen merkittäväällä tavalla. Monenkaan yrityksen talous ei kestä pitkäaikaisia seisokkeja, joita syntyy väistämättä huonosti suunnitellusta kunnossapidosta.

Tässä insinööriyössä on tarkoituksena parantaa Woodpoliksen kunnossapitoa. Yrityksellä on ollut käytössään pääasiassa korjaava kunnossapito, jossa huollot on suoritettu vikaantumisten ilmetessä. Koneiden käyttöasteiden noustessa kunnossapitosuunnitelman uusiminen tuli ajankohtaiseksi.

Tarkoituksena on valita yritykselle kunnossapitolaji, saada aikaan kaikista yrityksen laitteista kattava kunnossapitosuunnitelma sekä koota tiedot yhteen paikkaan. Konkreettisesti yritys saa insinööriyönä tehtävän kunnossapito-ohjelman, joka on toteutettu Microsoft Excelillä. Ohjelma kattaa kaiken kunnossapitotiedon laitteistosta sekä sisältää tulevat ajoitetut huollot, korjaukset ja mahdollistaa raporttien lisäämiseen tulevien korjausten mukaan.

Insinööriyössä käsiteltäviä aiheita ovat kunnossapidon erilaiset termit ja käsitteet sisältäen vikaantumisen. Kunnossapitolajien eroavaisuudet sekä taloudellinen merkitys. Työ sisältää myös kunnossapito tietojärjestelmän teoriaa ja toteutusta.

2 WOODPOLIS

2.1 Yleistä yrityksestä

Woodpolis on puurakentamisen koulutus- ja tuotekehityspalveluita tarjoava asiantuntijaorganisaatio. Woodpoliksella on käytössä Suomen ainoa tuotannolliset vaatimukset täyttävä puurakentamisen koulutustehdas. Woodpoliksella on nykyaikainen puuntyöstön kone-, laite- ja ohjelmistoympäristö (CAD/CAM), jota yritykset ja oppilaitokset voivat hyödyntää koulutuksessa ja tuotekehityksessä. Woodpolis antaa monia mahdollisuuksia toimintaansa kehittäväille ja vasta aloittelemassa olevalle yritykselle. Woodpolis edistää yhdessä kumppaniensa kanssa puutuotealan yritystoimintaa kehittämällä puurakentamiseen liittyviä innovaatioita.

Toimintansa aikana organisaatio on toteuttanut useita kehittämiskohteita kymmenien yritysten kanssa. Perustana tuotekehitykselle on kainuulaisten yritysten osaaminen, luotettavuus sekä korkealaatuinen raaka-aine. Tuotekehityksessä yritys hyödyntää tehtaan työstökoneita ja erinäisiä suunnitteluohjelmia. [1.]

2.2 Kunnossapidon tila

Tällä hetkellä yrityksen kunnossapito on korjaavaa kunnossapitoa. Yrityksen laitteita on huollettu sen mukaan, kun laitteissa on esiintynyt vikoja. Varsinaisia kunnossapitosuunnitelmia yrityksellä ei ole ollut käytössä, johtuen laitteiden vähäisistä käyttöasteista. Koneiden käyttöasteet ovat nousseet viime aikoina paljon. Toinen yritys oli tullut samoihin toimitiloihin ja vuokraa osaa laitteista Woodpolikselta. Pienemmät huollot on pyritty suorittamaan itse, mutta laitetakuiden ansiosta, suuremmat huollot on teetetty valmistajan huoltoyhtiön kautta. Tällä hetkellä yrityksellä on niukasti varaosia varastossa vikaantumisien varalta. Varaosasuunnitelmat ovat osana tulevaa kunnossapito-ohjelmaa.

2.3 Laitekanta

Yrityksen laitekantaan kuuluu useita laitteita, joiden pääasiallinen sijainti on koulutustehtaalla. Seuraavassa on lueteltuna laitteet, jotka sisältyvät tämän työn kunnossapidon piiriin:

Automaattinen työstökeskus Uniteam EXTRA BM3

Uniteam on moniakselinen numeerisesti ohjattu automaattinen työstökeskus. Kone mahdollistaa suorien ja kaarevien puupalkkien työstön (esim. CLT-levy, liimapuu, kertopuu jne). Kone mahdollistaa erilaisten suurten rakenteiden (sillat, halli- ja kerrostalorakenteet) valmistuksen. Työstöinä voi olla esim. aukotukset, vinot päätysahaukset, kaarevat muodot, vinot ja suorat poraukset, lohenpyrstöt, päätytyöstöt tai palkin pinnan tasoittaminen. [1.]

- Työstökeskuksella pystytään työstämään jopa max. 3 200 x 12 000 mm kappaleita, vahvuudeltaan 350 mm.
- Pienin työstöalue laitteella on 250 x 300 x 2000 mm.
- Työkalunvaihtaja on 1 + 4 + 8 paikkainen, jonka avulla monimutkaiset työstöt voidaan suorittaa samalla työstöllä.

Automaattinen rakennesahatavaran työstökeskus Hundegger K2

Hundegger työstökeskus mahdollistaa melkein kaikkien tarvittavien liitosten ja profiilien tekemisen puurakentamisessa, valmistalorakentamisessa ja hirsitalorakentamisessa. Työstökeskuksella voidaan tehdä myös erilaiset koristukset. Hirsitaloprofiilit, T-profiilit ja pyöröhirret voidaan työstää ilman uudelleenasetusta. Hundeggerin teräasemat kykenevät työstämään liitokset moniakselisesti, työstäen puuta pituussuuntaisesti samaan aikaan. [1.]

- Pystyy 20 x 50 mm - 300 x 450 mm kokoisten kappaleiden poikkisahauksiin.
- Pituus max. 12 000 mm.
- Koneen työstötarkkuus +/- 2/10 mm.

Sormijatkoslinja Spanevello LGC 300 Compact Basic Flat

Sormijatkoslinjassa on siirtokuljettimet sekä automaattiset purku- ja paketintekolaitteistot. Sormijatkoslinja on automatisoitu. Kone työstää yhdellä vaakajyrsinnällä puihin sormityöstöt, jotka samalla liimoitetaan. Yhteen puristuksen jälkeen kappaleet sahataan katkaisulistan mukaan haluttuihin pituuksiin. Linjalla on mahdollista tehdä lyhyestä puutavarasta pitkää sekä samalla parantaa puutavaran laatua vikoja poistaen. Koneessa käytetään rakenneluokiteltua polyuretaaniliimaa. [1.]

- Dimensioita voidaan jatkaa väliltä 100 x 32 mm - 225 x 125 mm
- Pituus 1000-12000 mm

Optimoiva katkaisusaha Dimter Opticut S90 XL

Sormijatkoslinjaa osana toimiva optimoiva katkaisusaha sahaa joko valmiin katkaisulistan tai liitumerkkien mukaisesti automaattisesti haluttuun mittaan 0,5 mm tarkkuudella. Sahaan on integroitu moottorikäyttöinen automaattisahauksen asemointityönnin sekä sahayksikkö. Nopea ja luotettava sahaus yksittäisille kappaleille. [1.]

- Sahausdimensiot alkaen 15 x 40 mm, jopa 125 x 300 mm asti.

Höylälinja Weinig Powermat 1000

Höylässä on 7 teräyksikköä, PowerCom-ohjauksella ja PowerLock-terätekniikalla. Laite soveltuu hyvin lyhyiden erikoissarjojen tekemiseen nopean aseteajan johdosta. Koneella pystytään suorittamaan erilaiset mitallistukset, jotka sopivat koneen mittoihin. Höylään käy paneelit, listat, hirret ja liima-aihiot. [1.]

- Höylän työleveys on 20-230 mm.
- Työstöpaksuus 8-160 mm.

3 KUNNOSSAPIDON TERMIT JA KÄSITTEET

3.1 Kunnossapidon määritelmiä

Kunnossapidon määritelmiä on montaa tyyppiä. Määritelmiä löytyy kansainvälisistä ja kansallisista standardeista sekä kunnossapitoon liittyvistä kirjallisuuksista. Esimerkkejä määritelmistä on seuraavassa:

SFS-EN 13306, eurooppalainen standardi määrittelee kunnossapidon seuraavalla tavalla: ”Kunnossapito koostuu kaikista kohteen eliniän aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon.” [2.]

Standardin PSK 6201 mukainen määritelmä: ”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.” Standardissa PSK 7501 käytetään samaa määritelmää. [3.]

Kunnossapitoalan pioneeri John Moubray määrittelee kunnossapidon seuraavin sanoin (Moubray 1992): ”Kunnossapidolla varmistetaan, että laitteet jatkavat sen tekemistä, mitä käyttäjät haluavat niiden tekevän”. ”Ensure that physical assets continue to do what their users want them to do.” [4.]

Määritelmät ovat siis melko samanlaisia keskenään. Eroavaisuutena Moubrayn määritelmässä on se, että ihmisen pitää tietää, mitä koneelta odotetaan. Tämä tarkoittaa sitä, että laitoksessa on otettu huomioon suorituskyky, jota laitteelta odotetaan. Tämä määritelmä vaikuttaa siihen, minkälaisiin tuloksiin ja tasoon kunnossapidossa pyritään. Nämä asiat vaikuttavat laitoksen käytännön kunnossapitoon sekä kunnossapitostrategiaan. Yrityksen suunnitellessa laitenhankintoja pitäisi jo olla siis selkeä näkemys, mitä laitteilta halutaan ja miten niiden kunnossapidolliset asiat tulee ottaa huomioon. Nykyään näitä asioita

pystytäänkin mittaamaan erilaisilla työkaluilla, kuten erityyppiset elinjaksokustannukset ja -tuottojen laskennat.

Kaikki nämä seikat huomioon ottaen päädytään tulokseen, että kunnossapitoon kuuluvat laitteiden kunnossapidon lisäksi myös erilaiset hallintoon ja johtamiseen liittyvät asiat. [4.]

3.2 Käytön määrä

3.2.1 Koneiden käyttö ja käyntiasteet

Käyntiasteella (operating rate) ilmoitetaan käyntituntien suhde vertailtavaan kokonaisaikaan. Käyttöastetta (utilization rate) laskettaessa käytetään käyttötunteja, joita määritettäessä otetaan huomioon jouto-aika, varallaolo ja ulkoinen toimintakyvyttömyysaika (esimerkiksi heikko markkintatilanne tai työmarkkinahäiriö). Termeissä Operate tarkoittaa englannista suomennettuna koneen käymisaikaa eli kone käy. Utilize on suomeksi koneen hyödyntämiseen käytetty aika. Molemmat termit esiintyvät standardissa SFS-EN 13306. Termien selventämiseksi seuraavassa esimerkki, jossa on käytetty mallina Kunnossapitoyhdistys Ry:n selvennystä. [4. s. 39]

Voimalaitos on käytössä vain sähkönkulutuksen enimmäistarpeen aikana. Vuoden aikana voimalaitos toimittaa energiaa kahdeksan viikon ajan. Voimalaitos käynnistettäessä ja sen alas ajettaessa aikaa menee yksi viikko, joten tuotantokäyttö jää seitsemään viikkoon.

Käytön määrittäminen perustuu 1 vuoden kokonaisaikaan, joka on 52 viikkoa. Käyttöasteeksi tulee $8/52 = 0,1538 \rightarrow 15,4 \%$. Käyntiaste määritellään seuraavasti: $(8-1) / 52 = 0,1346 \rightarrow 13,5\%$. Käyttöasteessa huomioidaan käyntiaika sekä aika, joka menee kunnossapitoon ja seisokkiin.

3.2.2 Käytönaikainen käytettävyys

Käytönaikaista käytettävyyttä sovelletaan usein harvoin käytössä olevien laitteiden yhteydessä. Standardit sinänsä eivät tunne käsitettä käytönaikainen käytettävyys. Käytönaikaisella käytettävyydellä saa realistisemman arvion harvemmin käytössä olevan laitteen todellisesta luotettavuudesta. Seuraavassa esimerkki tästäkin tapauksesta:

Oletetaan, että lämpökeskusta tarvittaisiin kuusi viikkoa vuoden aikana, muun osan vuodesta se on seisokissa. Kuutena viikkona keskuksen tuotantoajaksi saadaan 42 päivää, joista ensimmäinen päivä meni tuotannon käynnistykseen sekä kolmena päivänä vaadittiin huoltotoimenpiteitä. Näillä tiedoin laskettuna käytönaikaiseksi käytettävyydeksi saadaan 90,5 %. [4.]

$$\textit{kokonaiskäytettävyys} = \frac{38}{42} = 0,9047 \approx 90,5\%$$

3.3 Vikaantuminen

Usein rikkoontumisen syynä on huonosti tehdyt huollot tai vääränlaisissa olosuhteissa käytetty laite. Edellä mainittujen asioiden ollessa kunnossa vian syynä on todennäköisemmin valmistusvirhe jo tehtaalla. Rikkoontumisien ja vikojen määrä onkin verrannollinen laitteen kanssa tekemisissä olevien ihmisten ammattitaitoon. Vikojen kehittyminen ei tapahdu itsestään, vaan laitteen vikatilaa edeltää prosessi. Prosessin syntymisen huomaaminen varhaisessa vaiheessa edesauttaa vauriintumisien estämiseksi. [4.] [5.]

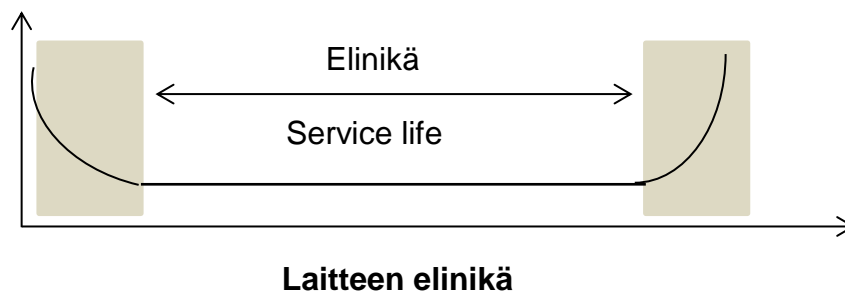
Vikakäsitteitä pystytään tarkastelemaan kahelta suunnalta tuotannollisessa toiminnassa, joko kohteen suorittamisen tai tekniikan suunnalta. Suorittamisen tarkastelu on tärkeää kohteen käytön kannalta, tekniikan tarkastelu kohteen kunnossapidon kannalta. [6.]

Laitteelta vaaditun toiminnan päättyminen tai estyminen. Tässä vika voi kohdistua osaan tai koko järjestelmään. Häiriöksi määritellään alemman prioriteetin osan vikaantuminen, joita on useampia toiminnassa.

Vikakäsitteet on jaoteltu erinäisiin osiin, jotka on listattu seuraavaksi. [6.]

- Vioittumismekanismi, tapahtumaketju, jonka lopputuloksena syntyy vika.
- Vioittumistapa, osan vikaantumistapa.
- Yhteisvika, useamman yksilön vikaantuminen samasta syystä.
- Piilevä vika, ilmenee vasta käytön muuttuessa tai testeissä.
- Paljastuva vika, ilmenee jo tapahtuessa.
- Vaarallinen vika, heikentää järjestelmän toimintaa piilevänä.

Yleinen käsitys laitteen eliniästä eli vikaantumisesta on esitetty seuraavassa kuvassa. Kuvan vikaantumismalli on nimeltään kylpyammekäyrä. Uutena laite toimii moitteetta jonkin aikaa, minkä vaikutuksen jälkeen vakintuu normaali käyttö. Elinajan loppuvaiheessa tapahtuu loppuunkuluminen tai vaihtoehtoisesti hajoaminen. [4.]

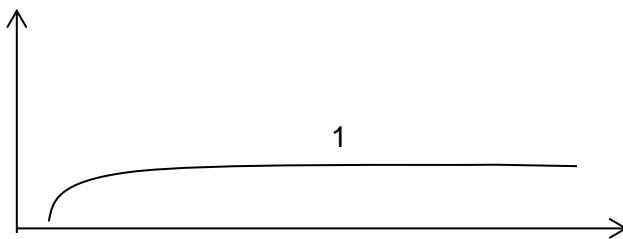


Kuva 1. Vikaantumistodennäköisyys

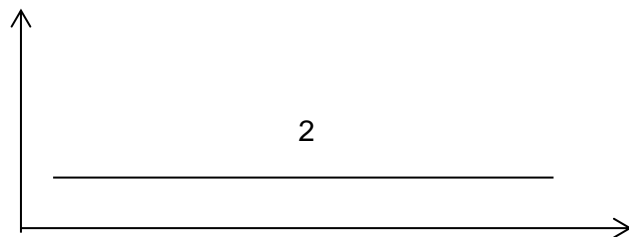
Vikaantumisen normaali käsitys oli kylpyammekäyrä 1960-luvulle asti, jolloin amerikkalaiset Nolan ja Heap kyseenalaistivat käyrän toimivuuden ja alkoivat tehdä tutkimusta aiheesta. Vuonna 1978 he saivatkin valmiiksi tutkimukset, joiden perusteella syntyi kuusi erilaista vikaantumismallia. He jaottelivat mallit työjaksojen, ajan ja satunnaisen vikaantumisen perusteella. Teollisuudessa

tapahtuvien vikaantumisten perusteella erottui kolme taulukkoa , joiden toimivuus todettiin. Kyseessä olivat satunnaiseen vikaantumiseen perustuvat käyrät. [7.]

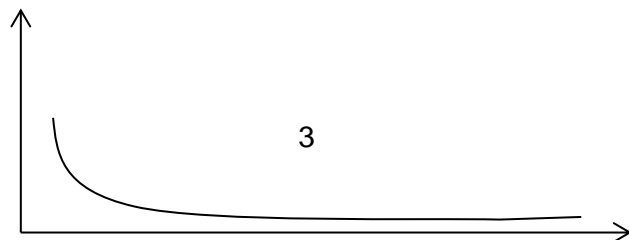
Satunnaiseen vikaantumiseen perustuvissa käyrissä vikaantumisen taso on samalla tasolla lähes koko eliniän ajan. Kuvassa 2 mallissa 1 vikaantuminen on aluksi vähäistä, jonka jälkeen nousee tasolle, jolla se säilyy. Kuvassa 3 mallissa 2 vikaantuminen on samantasoista eliniän ajan. Kuvassa 4 mallissa 3 esiintyy aluksi lastentauteja, jonka jälkeen vikaantuminen asettuu stabiilille tasolle eliniän loppuun saakka. [4.]



Kuva 2. Malli 1



Kuva 3. Malli 2



Kuva 4. Malli 3

Näiden tutkimusten perusteella oli johtopäätöksenä, että ennakoivalla kunnossapidolla pystytään löytämään vain 10 % vioista. Tämä tarkoittaisi, että tuotantolaitoksen ei olisi kannattavaa suorittaa ennakoivaa kunnossapitoa. Tutkimustulosten vähäinen saatavuus kuitenkin kyseenalaistaa tehtävät

johtopäätökset. Nykyaikainen kunnossapito on parantunut monin tavoin, mikä uusien tuloksien tarkasteluun. Käyttötapojen paraneminen, paremmat materiaalit ja monet muut tekijät ovat positiivisesti vaikuttavia tekijöitä vikaantumisen estämisessä. [4.]

Vikaantumisen välttämiseksi on kuitenkin muistettava pitää terve järki mukana. Liiallinen ehkäisevä kunnossapito voi olla huonontava tekijä yrityksen kannalta. Taloudellisesti ajatellen ja tutkimustulosten perusteella myös liiallinen ja perusteellinen kunnossapito ei lisää laitteiden toimivuutta. Nolan ja Heap perehtyivät asiaan samassa tutkimuksessa. Päättelmänä oli, että liiallisista kunnossapidoista johtuen aina kun laite joudutaan sammuttamaan, on vaarana mallin 3 kaltainen laitteen ”lapsikuolema”. Ihanteellista on, jos laitteen kunnostus voitaisiin tehdä käynnin aikana ja sopivin väliajoin määritetysti. [4.]

Vikaantumiseen liittyviä taulukoita löytyy työn loppupuolelta liitteistä. Liitteessä 1 RCM-päätöskaavio ja yleinen vianhakutaulukko. [7.]

3.4 Kunnossapidon tavoitteet

Yleinen käsitys kunnossapidosta on, että se käsittää vain vikojen korjauksen. Käsite sisältää kuitenkin paljon muutakin kuin korjauksia. Kunnossapito pitää sisällään käyttöomaisuuden tuottavuuden hallintaa, jonka tarkoituksena on ylläpitää ja säilyttää kilpailukyky. Kunnossapitoon kuuluvia asioivat ovat myöskin laitekannan toiminnan vikaantumisen estäminen, laaduntarkkailu, turvallisuustekijät, laitteen elinkaari, oikeanlaiset käyttöolosuhteet ja kunnossapitotaitojen edistäminen. [4.]

Kunnossapidon tavoitteena on vaikuttaa positiivisesti organisaation taloudelliseen kannattavuuteen. Kunnossapito luo organisaatiolle myöskin turvallisuutta ja jatkuvuutta. Nykyaikana ja tulevaisuutta ajatellen, tavoitteena kunnossapidossa on pyrkiä tietojärjestelmien kasvavaan hyödyntämiseen. Tietojärjestelmien hyödyntämisessä on vielä paljon potentiaalia osaamistarpeiden mittaamiseen sekä tiedon analysointiin. [8.]

3.5 Kunnossapitolajit

Kunnossapidon lajit on määritelty usealla eri tavalla. Termit saattavat vaihdella riippuen määritteiden tekijästä. Kansalliset ja kansainväliset standardit ovat yleisimmin käytössä. Seuraavassa on esitetty SFS-EN 13306-standardiin perustuen määritelmät lajityypeistä:

Ehkäisevä kunnossapito (Preventive Maintenance, PM)

Ehkäisevässä kunnossapidossa kunnossapitoa suoritetaan tietyin väliajoin tai vaihtoehtoisesti kun on saavutettu halutut määritteet. Pyrkimyksenä on estää vikaantumisen mahdollisuutta tai toimintakyvyn heikkenemistä.

Jaksotettu kunnossapito (Scheduled Maintenance)

Jaksotettu kunnossapito on ehkäisevää kunnossapitoa. Jaksotettujen tehtävien suorittaminen pohjautuu aikatauluun tai työjaksojen lukumäärään.

Jaksotettu kunnostaminen (Pretermimed Maintenance)

Tässä lajityypissä jaksotus perustuu kalenteriaikaan tai käytön määrään (työjaksojen lukumäärä), eli se on ehkäisevää kunnossapitoa. Laitteen toimintakunto ei vaikuta toimenpiteisiin, joita tehdään.

Kuntoon perustuva kunnossapito (Condition Based Maintenance)

Kuntoon perustuvassa kunnossapidossa seurataan koneen suorituskykyä tai parametreja, ja toimitaan havaittujen asioiden mukaisesti. Myös tämä laji kuuluu ehkäisevään kunnossapitoon. Seuranta suoritetaan aikataulutetusti, jatkuvasti tai suoritetaan tarpeen vaatiessa.

Ennakoiva kunnossapito (Predictive Maintenance)

Kunnossapitolaji, joka perustuu laitteen toimintakuntoon. Tässä lajityypissä tarkkaillaan ja analysoidaan niitä tekijöitä, jotka kuvastavat kohteen suorituskyvyn heikkenemistä. Joskus käytetään myöskin nimeä ennustava kunnossapito.

Korjaava kunnossapito (Corrective Maintenance)

Korjaavassa kunnossapidossa tehdään korjaus vikaantumisen havaitsemisen jälkeen. Tarkoituksena palauttaa laitteen toimintakunto.

Etäkunnossapito (Remote Maintenance)

Kauko-ohjattu kunnossapito suoritetaan ilman, että kunnossapitohenkilökunta on suoraan tekemisissä kohteen kanssa.

Siirretty kunnossapito (Deferred Maintenance)

Vikaantumisen havaitsemisen jälkeen korjaus suoritetaan viivästettynä. (viive sovittujen ohjeiden mukaisesti).

Välitön kunnossapito (Immediate Maintenance)

Välitön kunnossapito, kuten nimi kertoo, suoritetaan välittömästi vian havaitsemisen jälkeen, jotta välttyttäisiin seurauksilta, jota ei voida hyväksyä.

Käynninaikainen kunnossapito (On Line Maintenance)

Perustuu käynninaikaiseen kunnossapitoon.

Lähikunnossapito (On Site Maintenance)

Paikanpäällä tehtävä kunnossapito (samassa paikassa kuin kohde).

Käyttäjän kunnossapito (Operator Maintenance)

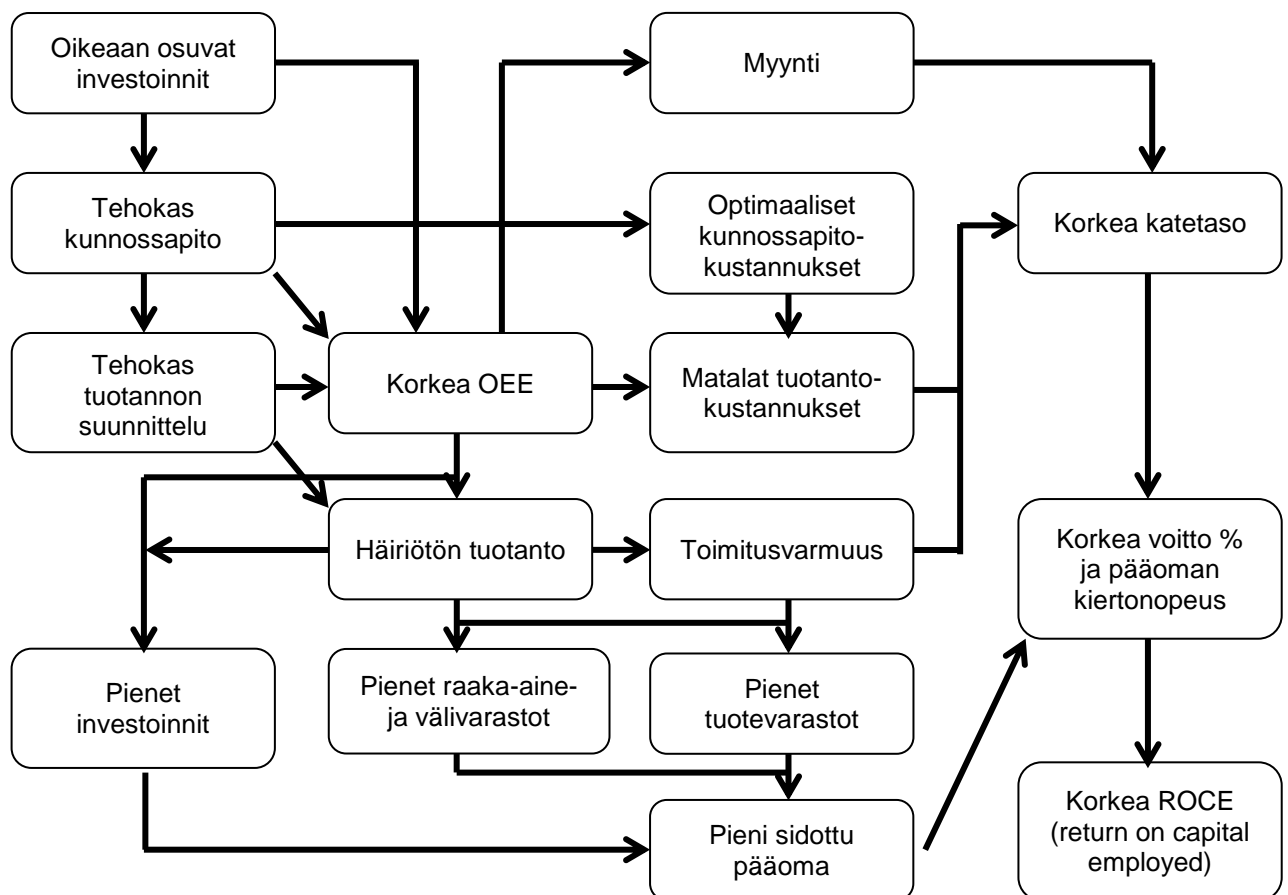
Koneen käyttäjän suorittama kunnossapito.

[4. s. 52]

3.6 Kunnossapidon taloudellinen merkitys

Kunnossapidon kulut on merkittävä osa yrityksen menoista. Se on suurin menoerä ns. kontrolloimattomista kustannuksista. Vaikutus kuluihin on epäsuora. Tästä johtuen sen vaikutusmekanismin tiedostaminen on pakollista kunnossapitoon käytetyn rahan synnyttämien tuottojen tietämiseksi. Tuotannolliset organisaatiot mieltävät kunnossapidon taloudellisen merkityksen kustannusten ja siitä koituvien tuotantomenetyksien kautta.

Kunnossapidon vaikutukset organisaatioon ovat pitkälle ylettyvät. Vaikutusten ymmärtämiseksi on tehty tutkimuksia, joista yhden on tehnyt professori Veli Siekkinen (1998). Hän on laatinut tutkimusten pohjalta kaavion, josta käy selväksi eri asioiden vaikutus toisiinsa. Kuvassa 5 kuva kaaviosta, mallina on käytetty Kuntoon perustuvan kunnossapidon kirjasta löytyvää kuvaa (Komonen 2009). [4. s. 38]



Kuva 5. Kaavio kunnossapidon vaikutuksista

4 EHKÄISEVÄ KUNNOSSAPITO

4.1 Johdanto valittuun kunnossapitostrategiaan

Yrityksen tämänhetkinen kunnossapito on ollut korjaavaa kunnossapitoa. Vikaantumisen ilmetessä viat on korjattu mahdollisimman nopeasti tuotannon joutuessa seisomaan korjauksen ajan. Korjaukset on suoritettu itse mahdollisuuksien mukaan. Isompien vikaantumisten sattuessa on jouduttu turvautumaan laitetoimittajan takuukorjauksiin, joiden kesto on pidempiaikainen. Yritys on tällä hetkellä kasvava, mistä johtuen koneiden käyttöaste on noussut. Käyttöasteen noustua on tultu tilanteen eteen, jossa kunnossapidon merkitys on kasvanut huomattavasti. Tulevaisuutta ennakoidaan uudistamalla kunnossapito seuraavalle tasolle, jotta vältyttäisiin ns. pullonkaulojen vikaantumisilta ja pidempiaikaisilta seisokeilta.

Kunnossapitostrategiaksi valikoitui ehkäisevä kunnossapito, jota tukemaan tämän insinööriyön ohjelmisto on suunniteltu. Ohjelmassa löytyy koottuna pääasialliset tiedot kaikkien laitteiden huollosta ja kunnossapidosta. Ohjelmassa on päiväkohtaiset seurannat kaikille tehtäville kunnossapidoille. Suorittamalla viikoittain tehtävät huollot pyritään ehkäisevään kunnossapitoon, joka edesauttaa välttämään suuremmat vikaantumiset, jotka pysäyttäisivät tehtaan. Ehkäisevä kunnossapito sisältää paljon muutakin kuin ohjelman jota noudatetaan. Seuraavassa luvussa on perehdytty ehkäisevän kunnossapidon teoriaan lähemmin. Noudatettaessa ehkäisevää kunnossapitoa on kuitenkin hyvä pitää mielessä, että silläkin on rajansa. Liiallinen ehkäisevä kunnossapito vie sen taloudellisen kannattavuuden tietyn rajan ylitettyään.

4.2 Ehkäisevä kunnossapito (Preventive Maintenance, PM)

4.2.1 Sisältö

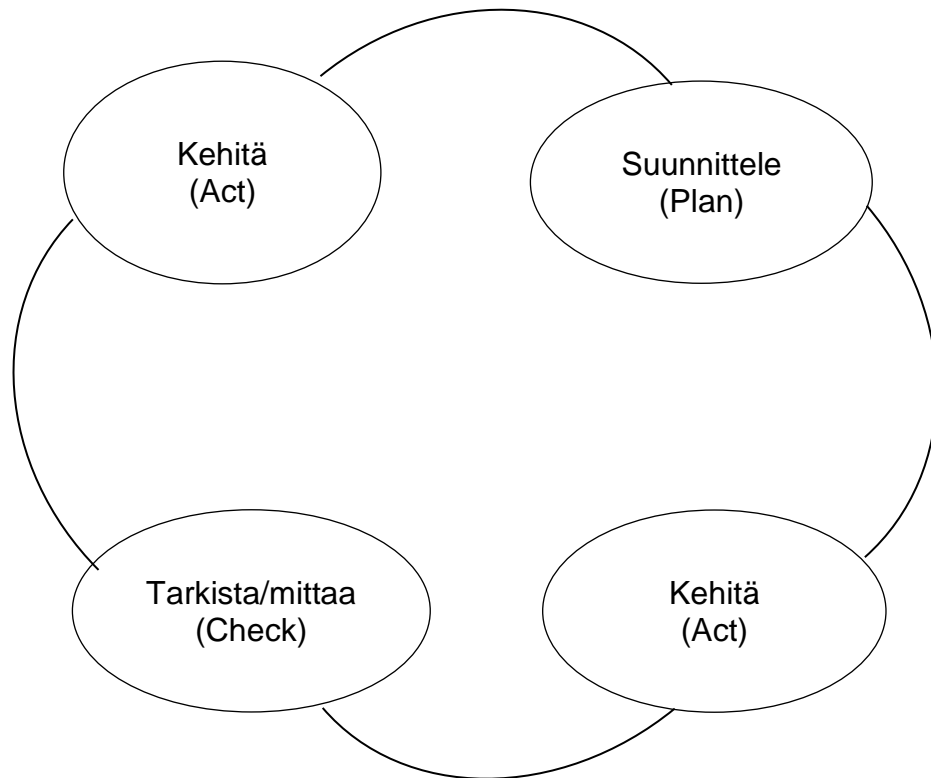
Ehkäisevän kunnossapidon, Preventive Maintenance, sisällön voidaan sanoa jakautuvan toimintaympäristöstä huolehtimiseen, tarkkailuun ja kunnostamiseen. Säännöllisiä tehtäviä kunnossapidossa on tarkkailu, havainnointi vikaantumisien estämiseksi ja koneiden toimintakunnon säilyttäminen säännöllisillä huolloilla. Tärkeää on esimerkiksi voiteluiden säännöllinen suorittaminen. Säännöllisiin toimenpiteisiin kuuluu myös alkavan vian havainnointi ja mahdollinen korjaus ennen lopullista vikaantumista. [4.]

Ehkäisevää kunnossapitoa suoritetaan koneen käynnin aikana, määriteltyjen seisokkien aikana ja vikaantumisista johtuvien seisokkien aikana. Se on siis suunniteltua säännöllistä toimintaa, johon voidaan mieltää myöskin sisältyvän ennustava kunnossapito, jossa käytössä on yleensä useita koneen kuntoa mittaavia tekniikoita. Käytettävät tekniikat voivat olla suoria ja epäsuoria, riippuen mahdollisuudesta mitata toimivuutta. [4.]

4.2.2 Miksi ehkäisevä kunnossapito

Mietittäessä, miksi tavoitteena on ehkäisevä kunnossapito, otetaan huomioon määritteet kunnossapidon osalta. Laitteen on suoriuduttava määritellystä tehtävästä suunnitellusti, sekä laitteelta vaaditaan luotettavuutta ja vikaantumisia ei saa esiintyä.

Ehkäisevä kunnossapito on hyvä mieltää osana jatkuvasti kehittyvää yrityksen kokonaisuutta. Kehittymisen prosessista on olemassa Demingin ympyrä, joka selventää hyvin, miten toiminnan kehittäminen on koko ajan jatkuva prosessi valmistumatta koskaan. Ympyrässä on neljä tehtävää, suunnittele, toteuta, mittaa ja kehitä. Kuvassa 6. Demingin ympyrä(1998), mallina käytetty [7. s. 23]



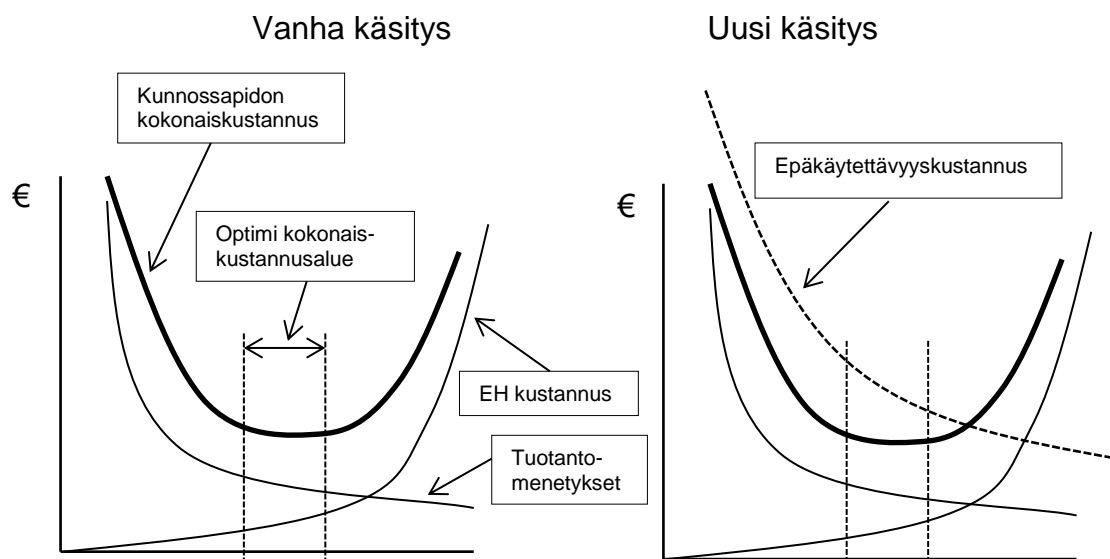
Kuva 6. Demingin ympyrä

Ympyrästäkin voidaan päätellä, että kunnossapito-organisaation toiminnan täytyy olla systemaattista ja hallittua, jotta päästään tuottavaan ja tehokkaaseen lopputulokseen. Tavoiteltaessa parasta lopputulosta on kuitenkin otettava huomioon sopivan luotettavuustason määrittely. Ehkäisevän kunnossapidon avulla on mahdollista asettaa luotettavuus täysin varmalle tasolle, mutta tämänkaltaisen varmuuden tavoittelu ei ole taloudellisesti kannattavaa. Liian suuret kustannukset vie voitontavoittelun jopa kannattamattomaksi. On löydettävä sopiva taso ehkäisevälle kunnossapidolle parhaan tuloksen aikaansaamiseksi.

Hyvän kunnossapidon tunnusmerkkinä voidaan pitää, että 80 % työkuormasta tiedetään jo kolme viikkoa etukäteen. Tällöin aikataulutusta voidaan suorittaa mahdollisimman vähän tuotantoa kuormittavaksi. Varaosiin ja tarvikkeisiin voidaan varautua jo etukäteen. Tilanteessa, jossa kunnossapitoon varaudutaan vasta vikaantumisen tapahduttua, näille asioille ei jää aikaa. Kannattavuus, milloin ehkäisevä kunnossapito on kannattavaa, on hyvin määriteltynä Kunnossapitoyhdistyksen kirjassa, josta lainaus seuraavassa:

1. ”Ehkäisevän kunnossapidon kustannukset ovat pienemmät kuin sen puutteen aiheuttamat vahingot ja menetykset. Tämä ehto vastaa myös kysymykseen, kuinka paljon ehkäisevää kunnossapitoa on järkevää tehdä.”
2. ”Kohteelle ja ehkäistävälle vikamuodolle on olemassa tehokas ennakkohuoltomenetelmä.” [4. s.73]

Paljon kunnossapitoa tutkinut Moubray on todennut, että ehkäisevää kunnossapitoa suoritetaan 40-70 % liikaa. Kunnossapidon määrittämiä tehtäviä tehdään tehottomasti väärillä menetelmillä, sekä liian paljon määriteltyjä tehtäviä, liian pienellä aikavälillä. Nämä tekijät vaikuttavat kunnossapidon kokonaiskustannuksiin, josta Nurmilaukas on tehnyt optimointia esittävän kaavion kuvassa 7. [4.]



Kuva 7. Kunnossapidon optimointi

4.2.3 Suunnittelu

Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelua voidaan lähestyä monin tavoin. Suunnitelma voidaan toteuttaa esim. kriittisyysanalyysin tai luotettavuuskeskeiseen kunnossapitoon perustuvan Reliability-centered

Maintenance-analyysin avulla. Peruslähtötilanteena tehokkaan kunnossapidon toteuttamiseksi hyviä määritteitä ovat aikataulutusta ja suunnitelmallisuus. Hyvä suunnittelu nopeuttaa tehtäviä kunnossapitoja, ja lopputuloksena vikaantumisen saadaan tasolle, jolle se on järkevää asettaa. Usein suunnittelun alussa määritetyt kunnossapidot on tehty tietojen pohjalta, joita on jo olemassa. Näitä ovat kokemuksen kautta tullut tieto vikaantumisista, varaosien käyttömäärä, koneen kokonaistoiminta ja valmistajan asettamat suositukset. Suunnittelua tehdessä otetaan huomioon tarkastusväli, joiden määrittämiseen käytetään yleisesti kaavaa, jossa Tarkastusväli $T = 2 \times \text{epäkäytettävyys}$. Seuraavassa malliesimerkki. [4.]

Oletetaan, että MTBF tarkasteltavalle kohteelle on neljä vuotta \rightarrow 48 kuukautta. Käytettävyysvaatimus on 99 % \rightarrow epäkäytettävyys on 1 %.

$$T = 2 \times 0,01 \times 48 = 0,96 \text{ kuukautta.}$$

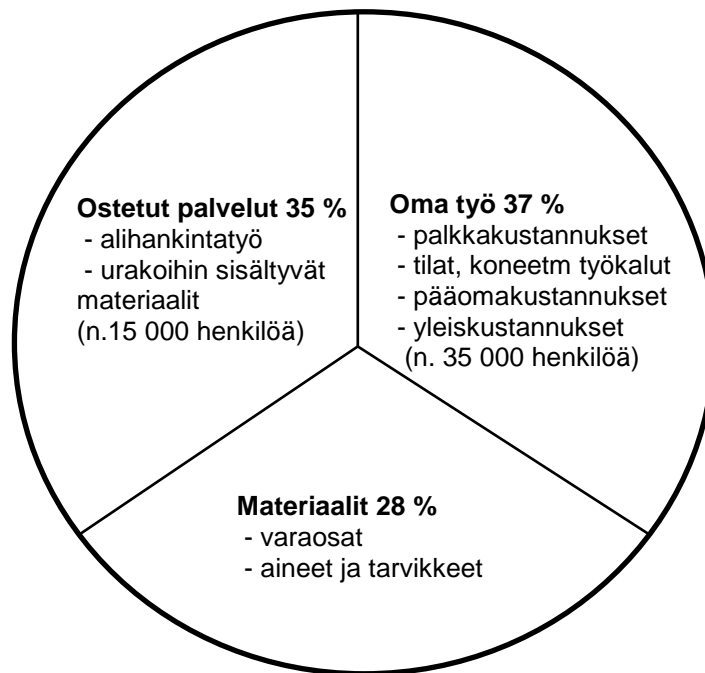
Kriittisyysanalyysissä suunnittelu toteutetaan rajaamalla kohde ja määritellään sen toiminnot sekä rajataan prosessit toiminnallisiin yksiköihin. Asetetaan toiminnot tärkeysjärjestykseen jakamalla laitteet kriittisimmästä ei-kriittisiin. Lopuksi laaditaan suunnitelma. [4.]

RCM-analyysissä tehdään samanlaiset rajaukset ja määrittäykset kuin edellä mainitussa. Lisäksi selvitetään toiminnot, jotka eivät toteudu ja syntyvät vahingot ja kustannukset. Lopulta asetetaan määrittäykset tärkeysjärjestykseen ja huomatuille tavoille vikaantua suunnitellaan kunnossapito-ohjelmat. [4.]

4.2.4 Taloudellinen merkitys

Tehokkaan kunnossapidon taloudellinen merkitys on yritykselle suuri. Hyvin suunnitellulla kunnossapidolla päästään maksimaaliseen tulokseen. Teollisuudessa kunnossapitokustannukset jakautuvat tasaisesti kolmeen osaluokkaan. Nykyinen kehitys alalla on ollut itse tehtävien kunnossapitojen

vähentyminen ja ulkoistettujen palveluiden määrä on ollut selvässä nousussa. Kuvassa 8 ympyrä kustannusten jakautumisesta. [3.]



Kuva 8. Kustannusten jakautuminen

Ehkäisevän kunnossapidon taloudellisia lukuja on tutkinut Outi Nurmilaukas teoksessa Ehkäisevän kunnossapidon taloudellinen vaikutus paperikoneella. Tutkimustulosten perusteella prosessiteollisuudessa, jossa käytössä on arvokkaat laitteet, suunnittelemtoman toiminnan kustannukset ovat kaksinkertaiset verrattuna suunniteltuun. Tutkimuksessa kävi ilmi, että katekoreit ovat 10-kertaiset suunnittelemtomassa kunnossapidossa, johtuen tapahtuvista tuotantohäiriöistä. Suunniteltu kunnossapito on siis paljon kannattavampaa kuin suunnittelemton. Monessa eri lähteessä onkin todettu, että suunniteltu on 4-10 kertaa tehokkaampaa. Käytännön lukuja on esitettyä seuraavassa taulukossa, jonka on laatinut Nurmilaukas tutkimusten perusteella. [7. s. 78]

Taulukko 1. Ehkäisevän kunnossapidon taloudellinen vaikutus paperikoneelle

Kohde A (mittaamalla löydetty)	Kustannukset euroina	Kustannukset euroina	Kustannukset euroina	Kustannukset euroina
	Suunniteltu	Ei-suunniteltu	Menetetty kate	Ero
Kuivaussylinterien laakeriviat (5 kpl)	9 420	11 100	127 150	128 830
Kuivaussylinterien käyttöhammaspyörät(3 kpl)	9 330	22 710	254 300	267 680
Kuivausosan huopatelojen laakerit (4 kpl)	2 620	11 990	139 870	149 240
Pickup telan moottorivika	1 610	19 690	8 480	26 560
Symsizerin ylätelan käyttövaihte	0	3 890	38 150	42 040
Sulzer-imupumpun moottoriviat (2 kpl)	5 580	81 270	4 240	79 930
Ensovac-imupumpun vika	790	4 870	101 720	105 800
Alaviiran imutelan laakerivika	7 870	7 870	50 860	50 860
Kohteet B (EH-kierroksella löydetty)				
Kaikki kohteet yhteensä	20 720	39 780	500 090	
Ennakkokierrosten kustannukset	56 240			426 910
Yhteensä	114 180	203 170	1 224 860	1 313 850

5 KUNNOSSAPIDON TIETOJÄRJESTELMÄ

5.1 Tietojärjestelmän hyödyntäminen organisaatiolle

Tietojärjestelmä on hyödyllinen työkalu organisaatiolle, mutta vain oikein käytettynä apuvälineenä. Siitä voi muodostua myös taakka, jota pitäisi päivittää jatkuvasti. Oikein käytettynä se on hyvä apuväline, jonka avulla organisaatio saa kunnossapidosta ja laitteiden kunnosta hyvän reaaliaikaisen kuvan. Tietojärjestelmän avulla on helppo seurata laitteiden varaosatilanteita sekä päätellä, mitkä osat ovat herkimpiä vikaantumaan. Oikein hyödynnettynä se on suuri apu ennalta reagoinnissa, välttämällä laitteiden vikaantumisen pitkäaikaisesti.

Vaikeuttavana tekijänä tietojärjestelmässä on monia mahdollisia asioita. Organisaation kunnossapidon ylläpitäjien vajavainen tietotekniikan osaaminen, puutteellinen opastaminen käyttöönottovaiheessa sekä tärkeimpänä riittämätön järjestelmän ylläpito voivat aiheuttaa hankaluuksia järjestelmän käytössä. [4.]

5.2 Tietojärjestelmän toiminnot

Tietojärjestelmä voi sisältää useita erilaisia toimintoja, riippuen käyttäjästä/organisaatiosta, joka sitä käyttää. Seuraavassa listaa toiminnoista, joita tietojärjestelmä voi esimerkiksi sisältää:

- laitekanta (perustiedot, laitetoimittajat)
- varaosajärjestelmä (varastossa olevat osat, lista kriittisimmistä osista, toimittajan yhteystiedot)
- vikaantumisen ilmoittava järjestelmä
- järjestelmä, jossa on ilmoitettu erikseen ennakkohuollot ja tehdyt huollot
- työmääräinjärjestelmä
- tilausjärjestelmä

- laskutus
- dokumentointi
- resurssihallinta
- seisokkihallinta

5.3 Varaosajärjestelmän hallinta

Varaosajärjestelmän hallinta kuuluu olennaisena osana tietojärjestelmään. Järjestelmään on hyvä tehdä selkeät osiot, esimerkiksi seuraaville hallittaville asioille: [4.]

- varastojen tiedot
- osien perustiedot
- laitetoimittajat
- osien lajittelu
- dokumentointi (piirustukset)
- huolto- ja korjausohjeet
- osien tilaukset
- inventoinnit

5.4 Huolto- ja ennakkohuoltojärjestelmä

Huolto- ja ennakkohuoltojärjestelmien avulla pyritään hallitsemaan määräajoin ajoitettuja tehtäviä sekä ylläpitämään laitteistoon tehdyt huollot. Ennakkohuoltojärjestelmässä listataan laitekanta ja määritellään jokaiselle laitteelle tehtävät huollot. Huollot voidaan määrittää kalenteri-, käyntitunti- tai

tuotantomääräperusteisesti. Edistyneimmissä järjestelmissä huollot määritetään reaaliaikaisen laitteista saatavan tiedon perusteella. Huoltojärjestelmä, joka perustuu kalenteriin, antaa mahdollisuuden luoda viikoittaisen listan, josta käy ilmi resurssit ja tarvittavat materiaalit etukäteen. Kiinteän viikoittaisen listan heikkoutena on sen sopeutuminen muuttuviin tilanteisiin. Huollot asetetaan kevyille koneille liian usein huollettaviksi ja toisaalta raskaille koneille liian harvoin. Ongelman ratkaisu on huolto-ohjelman määrittäminen laitekannan ominaisuuksien perusteella. [4.][8.]

Huoltojärjestelmä eli suoritettujen huoltojen järjestelmä määritellään samoin tavoin kuin edellä mainittu ennakkohuoltojärjestelmä. Kalenteri, johon merkitään suoritettut huollot, toimii pääasiallisena työvälineenä huoltojärjestelmässä. Kalenteriin tehdyistä huolloista pystytään päättelemään, mitkä kohteet ovat haavoittuvaisimpia vikaantumiselle ja näin pystytään ennakoimaan laitteen vaurioituminen. Tuotannon tehokkuuden kannalta vältetään ylimääräiset seisokit. Järjestelmän heikkoutena on sen riittävä päivittäminen, joka vaatii huoltohenkilökunnalta riittävää paneutumista ja motivaatiota, jotta järjestelmä saadaan pysymään tehokkaana työvälineenä. [4.]

5.5 Dokumenttien hallinta

Tietojärjestelmään sisältyy usein erilaisia dokumentteja, joita täytyy saada hallittua järjestelmän avulla. Voi olla esim. koneiden piirustuksia, huolto-ohjeita ja koneiden huoltoihin liittyviä muita tarvittavia dokumentteja. Haastavimmat huoltotehtävät on hyvä dokumentoida talteen tulevaisuuden varalle, jos huoltohenkilökunta vaihtuu, eikä tarvittavaa taitoa ole enää tarjolla. Dokumenteista perustetaan yleensä rekisteri, johon linkitetään oikea dokumentti avautumaan. Suuremmat paperilta löytyvät kokonaisuudet merkitään arkistointitunnusten avulla, jolloin käyttäjän on helppo löytää tarvitsemansa tiedosto.

Dokumenttien hallintaa on olemassa myös erillisiä ohjelmia suurempien määrien hallitsemiseksi. Erillisen ohjelman hankinta määräytyy yrityksen tarpeiden mukaisesti. [4.]

6 KUNNOSSAPITO-OHJELMISTO

6.1 Toteutus

Insinööriyön tavoite oli saada Woodpolikselle kunnossapito-ohjelmisto, sisältäen tilaajan määrittämät tiedot. Ohjelmiston tarkoitus on selkeyttää ja parantaa kunnossapidon seurantaa. Seurannan lisäksi dokumenttien nopea ja looginen saatavuus oli tärkeä määrite ohjelmaa rakentaessa.

Ohjelman varsinainen toteutus alkoi tutustumalla laajaan materiaaliin, koostuen pääasiassa konevalmistajien toimittamista ohjekirjoista. Materiaalista osa oli cd:llä ja osa kirjallisena. Työn edetessä tuli laitteissa vastaan huoltokohteita, joita ei ollut eriteltyä ohjeessa. Tehtaan työntekijöillä oli kokemuksen kautta antaa tietoa näistä puuttuvista huoltokohdista, jotka dokumentoin kirjallisena ja kuvien avulla ohjelmaan.

Ohjelmiston alustan määrittäminen sovittiin yhdessä tilaajan kanssa. Valittu alusta oli Microsoft Excel, joka on selkeä käyttää käyttäjälle ja helppo jatkaa ohjelmiston päivittämistä työn valmistumisen jälkeen. Excel mahdollistaa ohjelman rakentajan kannaltakin monipuolisen valikoiman ohjelman toteuttamiseen. Perusdatan syöttäminen on selkeää ja erilaiset makrot tekevät ohjelmasta nopeasti toimivan paketin.

Ensimmäisenä ohjelmistoa rakentaessa luonnostelin paperille tarvittavat määritteet, joiden pohjalta ulkoasu lähti muodostumaan. Projektin edetessä ulkoasu muotoutui vähitellen lopulliseen muotoonsa.

Ohjelmiston käyttöliittymää suunnitellessa perehdyin Excelin edistyneeseen käyttöön. Materiaalia löytyi erinäisistä lähteistä, internetistä tietoa oli parhaiten saatavilla videoiden, ohjeiden ja artikkelien muodossa. [9.]

Sivulta toiselle siirtymiseen käytin makroja, joiden ansiosta siirtyminen tapahtuu nopeasti ja haluttuun kohtaan sivua. Makrojen käyttäminen ei ollut ennestään tuttua, mutta pienen tutkinnan ja kokeilemisen jälkeen makrojen käyttäminen osoittautui hyväksi ja monipuoliseksi tavaksi toteuttaa toimintoja.

Käyttöliittymä on toteutettu pääasiallisesti makroilla. Kalenterin viikoittainen siirtyminen on tehty hyperlinkillä, paremman toimivuuden ansiosta.

Ohjelmisto on suojattu niiden solujen osalta, joita ei haluta käyttäjien vahingossa pääsevän tuhoamaan. Tarvittavat solut on jätetty salaamatta tietojen lisäämiseksi ilman salasanaa.

6.2 Ohjelmiston toiminnot

Tässä osiossa on esitelty ohjelman varsinainen ulkoasu ja selitetty ohjelmiston eri toiminnot.

6.2.1 Aloitussivu

Kuvassa kunnossapito-ohjelman aloitussivu, joka aukenee ohjelmistoa käynnistettäessä. Laitteet-linkin alta löytyy tarkemmat tiedot jokaisesta laitteesta. Kone- ja varaosatoimittajien linkeistä löytyy tarvittavat tiedot varaosiin ja huoltoihin liittyen. Tehtyjen huoltojen ja korjausten kohdalta pääsee sivulle, johon käyttäjä lisää tarpeen mukaan dokumentointia suoritetuista toimenpiteistä. Huoltokalenterista löytyy tulevat huollot.



Kuva 9. Aloitussivu

6.2.2 Laitekanta

Laitekannasta pääsee tarkastelemaan koneiden tarkempia tietoja, sekä koneen kohdalla on linkki tyyppikilpeen, jonka tietoja tarvitaan usein huoltoja ja varaosia tilatessa.



Kuva 10. Laitekanta-etusivu

6.2.3 Kalenteri

Kalenteri on toteutettu jakamalla ajoitetut ja tehdyt huollot vuosi kerrallaan. Vuosilukua painamalla pääsee haluttuun vuoteen.



Kuva 11. Kalenteri-etusivu

6.2.4 Konetoimittajat

Tältä sivulta löytyy konetoimittajien tiedot, jotka on koottu materiaaleista.



Kuva 12. Konetoimittajat

6.2.5 Varaosatoimittajat

Varaosatoimittajien tiedot koottuna. Jaoteltu toimittajien ja tarvittavien osien mukaisesti, työn tilaajan haluamalla tavalla.

VARAOSATOIMITTAJAT	
TERÄT, HÖYLÄNTERÄT	
<p>Leitz KES Metalli Oy Hitsaajantie 7 41230 UURAINEN Puh. 040 188 0550 Fax 040 603 3593 leitz@leitzkesmetalli.fi</p> <p>Risto Tupamäki -risto.tupamaki@leitzkesmetalli.fi - 0400 817 019</p>	
HÖYLÄN PÖYTÄÖLJY	
<p>Projecta Oy Lukkosepänkatu 14, 20320 Turku, Finland Office: +358 20 771 30 E-mail: info@projecta.fi</p> <p>Jarmo Piippula, tuoteryhmäpäällikkö</p>	

Kuva 13. Varaosatoimittajat

6.2.6 Varaosat ja varastointi

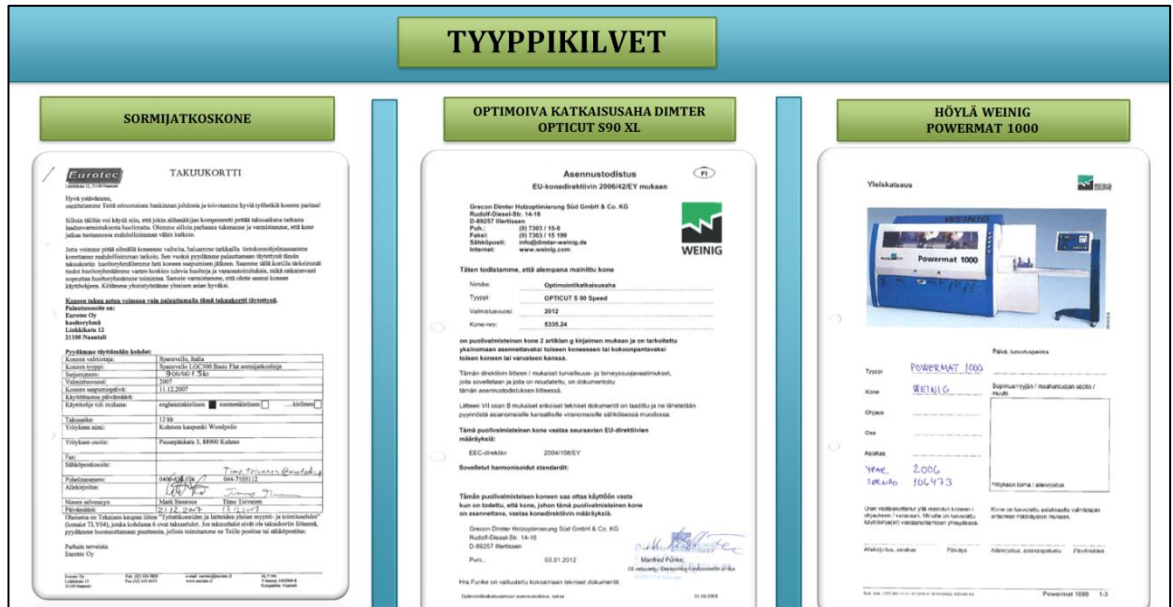
Osio sisältää linkit laitteen tietoihin, varaosaluetteloihin, varastoon ja toimittajiin. Varaosaluettelot ja varastotilanteet on tarkoitus päivittää työn tilaajan toimesta, ohjelmiston käytön käynnistyttyä.

VARAOSAT JA VARASTOINTI			
VALITSE LAITE			
AUTOMAATTINEN TYÖSTÖKESKUS			
SORMIJATKOSLINJA SPANEVELLO LGC 300 COMPACT BASIC FLAT			
OPTIMOIVA KAIKAISUSAHA DIMTER OPTICUT S90 XL			
HÖYLÄLINJA WEINIG			
LAITE 1			
LAITE 1			
VARAOSALUETTELO	VARASTO	TOIMITTAJA	
VARAOSALUETTELO	VARASTO	TOIMITTAJA	
VARAOSALUETTELO	VARASTO	TOIMITTAJA	
VARAOSALUETTELO	VARASTO	TOIMITTAJA	
VARAOSALUETTELO	VARASTO	TOIMITTAJA	
VARAOSALUETTELO	VARASTO	TOIMITTAJA	

Kuva 14. Varaosat ja varastointi-etusivu

6.2.7 Tyypikilvet

Tyypikilvet on kerätty tälle sivulle. Tyypikilvien dokumentointi helpottaa huoltojen ja varaosien tilaamista.



Kuva 15. Tyypikilvet

6.2.8 Ajoitetut huollot

Kalenterin rakentaminen oli hankalin toteutettava projektissa. Alkuperäinen idea oli rakentaa kalenteri toimimaan yhdellä sivulla, mutta kalenterin vaativan rakenteen johdosta jokainen vuosi oli toteutettava omalle sivulle. Kalenteri itsessään olisi toiminut vuotta vaihtamalla, mutta erinäisten tietojen päivittyminen solujen kohdalle osoittautui liian monimutkaiseksi Excelillä toteuttavaksi.

Viikkojen kohdalta pääsee halutulle viikolle tutkimaan ajoitettuja ja suoritettuja huoltoja.

Suoritetun korjauksen ollessa haastava, voi kalenteriin lisätä päivän kohdalle linkin, josta avautuu uusi sivu korjauksen dokumentointia varten. Korjauksen tietoihin voi lisätä perustiedot korjauksesta sekä kuvia havainnollistamaan seuraavaa mahdollista korjausta.

PALUU		ETUSIVU		Moopois		VIIKKO 1								
		VALITSE HUOLLON AJANKOHTA VIIKKON KOHDALTA		TORSTAI	PERJANTAI	LAUANTAI	SUNNUNTAI	MAANANTAI						
VIIKOT				1.1.2015	2.1.2015	3.1.2015	4.1.2015	5.1.2015						
		TAMMIKUU		HELMIKUU										
		MA	TI	KE	TO	PE	MA	TI	KE	TO	PE			
						1	2	3	4	5	6			
1		5	6	7	8	9	6	9	10	11	12	13		
2		12	13	14	15	16	7	16	17	18	19	20		
3		19	20	21	22	23	8	23	24	25	26	27		
4		26	27	28	29	30	9							
		MAALISKUU		HUHTIKUU										
		MA	TI	KE	TO	PE	MA	TI	KE	TO	PE			
						1	2	3						
9		2	3	4	5	6	13	6	7	8	9	10		
10		9	10	11	12	13	14	13	14	15	16	17		
11		16	17	18	19	20	15	20	21	22	23	24		
12		23	24	25	26	27	16	27	28	29	30			
13		30	31				17							
		TOUKOKUU		KESÄKUU										
		MA	TI	KE	TO	PE	MA	TI	KE	TO	PE			
						1	2	3	4	5				
18						22	1	2	3	4	5			
19		4	5	6	7	8	23	8	9	10	11	12		
20		11	12	13	14	15	24	15	16	17	18	19		
21		18	19	20	21	22	25	22	23	24	25	26		
22		25	26	27	28	29	26	29	30					

Kuva 16. Ajoitetut huollot

6.2.9 Laitteen huoltotiedot

Kaikista tehtaan laitteista on ohjelmistossa laitekohtainen sivu, josta selviää laitteen tiedot. Sivujen sisältämä materiaali on koottu laitteiden ohjekirjoista. Laitteesta löytyvät tiedot vaihtelevat riippuen koneesta, mutta huoltotiedot on sisällytetty jokaisen kohdalle. Muita tietoja ovat esimerkiksi turvallisuusohjeet. Kuvassa 17 on esimerkki laitekohtaisesta sivusta, ja loput ohjelmiston kuvat löytyvät liitteestä 2.

ETUSIVU	HOITO JA HUOLTO	Automaattinen rakennesahatavaran työkeskus HUNDEGGER	Moopois
TURVALLISUUSOHJEET	<p>HUOMI! Koneen kunnossapitotöitä saa tehdä vain valtuutettu ja pätevä ammattihenkilö, voimassa olevien ohjeiden mukaisesti! Tehtävien valittujen henkilöiden vastuu on selkeästi määriteltävä! Onnettomuuden ennaltaehkäisyä koskevia ohjeitäntöjä on lakisääteisten määräysten mukaisesti noudatettava!</p> <p>Ennen häiriöiden poistamista sekä ennen puhdistus- ja huoltotöiden aloittamista on kone kytkettävä pois päältä ja pysäytettävä kokonaan. On odotettava, kunnes kaikki työkalut ovat pysähtyneet kokonaan. Lisäksi on koneen painejärjestelmä tehtävä huoltoyökköistä paineettomaksi!</p> <p>HUOMI! Palovaara kunnossapitotöitä tehtäessä (Iskalla katkaisu, hitsaus jne.) koko konealueelta! Avotulit ja tupakointi kielletty!</p> <p>Vaara! Sähköalteilain liittyviä kunnossapito-, huolto- ja tarkistustöitä saa „Sähkövarustus” huoltosuunnitelman mukaisesti suorittaa vain ja poikkeuksetta koulutetut sähköalan ammatti-ihmiset! Katso luku 8, Sähkövarustus.</p> <p>Kytke kone pois päältä ennen kunnossapitotöiden tekoa</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kytke virta pois päältä (kone PÄÄLTÄ). 2. Odota, kunnes kone on pysähtynyt täysin. 3. Huolehdi siitä, että jäännösendergia varmasti poistuu (pneumatikka, hydrau- t... 	YLEISIÄ OHJEITA	

Kuva 17. Hundeggerin-etusivu

6.3 Käyttöönotto

Ohjelman koekäyttö alkoi työn valmistuttua. Ohjelman toimivuus käytännössä tulee selviämään käytön jatkuessa pidemmän aikaa. Ohjelmiston käyttö on yksinkertaista huolloista vastaaville henkilöille, jotka käyttävät ohjelmaa. Ohjelmistoa tukemaan on tulossa ohjekirja, jota ei ehditty kuitenkaan sisällyttää tähän insinööriyöhön ajan puitteissa. Ohjekirjaan tullaan selvittämään käyttöliittymään liittyvät seikat, käytön selkeyttämiseksi ja helpottamiseksi. Ohjekirja tulee myös sisältämään perusohjeita ohjelmiston jatkokehittämiseksi. Tulevaisuudessa ensimmäisenä vastaan tulevana ongelmana näen juuri jatkokehittämisen. Muita käyttöön liittyviä ongelmia voi olla huoltojen jatkuvassa merkitsemisessä huollon suoritettua.

7 YHTEENVETO

Työn lähtötilanteessa yrityksen kunnossapito oli mennyt omalla painollaan vuosia. Kunnossapidolla ei ollut varsinaisesti suuntaa mihin kehittyä. Panostus kunnossapitoon oli olemassa, mutta suunnitelmallisuus ja kunnossapidon kirjaaminen oli vähäistä. Korjaukset suoritettiin vikaantumisen tapahduttua. Kunnossapidon lajina oli korjaava kunnossapito sisältäen ennakoituja huoltotoimenpiteitäkin.

Työn tilaajalla oli näkemys kunnossapitoon panostamisesta, sen tarpeellisuuden kasvaessa tulevaisuudessa koneiden käyttöasteen lisääntytyä. Ajatuksena oli määrittää yritykselle kunnossapidon laji, jota noudatetaan, sekä toteuttaa ohjelmisto kunnossapidon seuraamisen ja suorittamisen tueksi.

Kunnossapitomenetelmäksi valikoidulla ehkäisevällä kunnossapidolla pyritään ennakoimaan vikaantumisia ja ehkäisemään mahdollisia vikaantumisista johtuvia tuotannon pysähtymisiä. Ehkäisevää kunnossapitoa noudatettaessa on kuitenkin hyvä muistaa, että rajansa silläkin on. Varaosien kohdalla on hyvä priorisoida niiden tarpeellisuus, määrittäen osien tärkeysaste. Huoltojen määrä on syytä pitää järkevällä tasolla tehokkuuden säilyttämiseksi. Kunnossapitoa kokonaisuutena ajatellen se täytyy suorittaa tietyin väliajoin huolellisesti, mutta kuitenkin järkeyttä se taloudellisesta näkökulmasta katsoen. Yrityksen omien tarpeiden mukainen, kustannukset huomioonottava ehkäisevä kunnossapito saa aikaan parhaan lopputuloksen organisaatiolle.

Tietojärjestelmä on erittäin hyödyllinen työkalu yritykselle kunnossapidon seuraamiseksi. Oikein hyödynnettynä sillä saadaan kunnossapito asetettua järkevälle tasolle ja saadaan laitteiden kunnosta reaaliaikainen kuva. Laitteisiin liittyvät dokumentoinnit löytyvät yhdestä paikasta, tehostaen työntekoa.

Kunnossapitoa tukemaan suunnitellun ja toteutetun ohjelmiston tarkoitus oli selkeyttää ja parantaa kunnossapidon seurantaa. Seurannan lisäksi tärkeää oli kunnossapidon dokumenttien saaminen yhteen arkistoon, mistä tarvittavat tiedot olisivat helposti saatavilla. Työssä käytettyä materiaalia oli pari sataa sivua,

pääasiassa ohjekirjoista irrotettuna, mutta myös cd:llä olevaa tietoa. Materiaalien lisääminen ja päivittäminen jatkossa jää työn tilaajan ja mahdollisesti muiden työntekijöiden vastuulle, mikä on varmasti haastavin ongelma ohjelman tulevaisuuden kannalta. Ongelmana voi olla myös organisaation tottuminen huoltotoimenpiteiden kirjaamiseen tehtyjen huoltojen jälkeen.

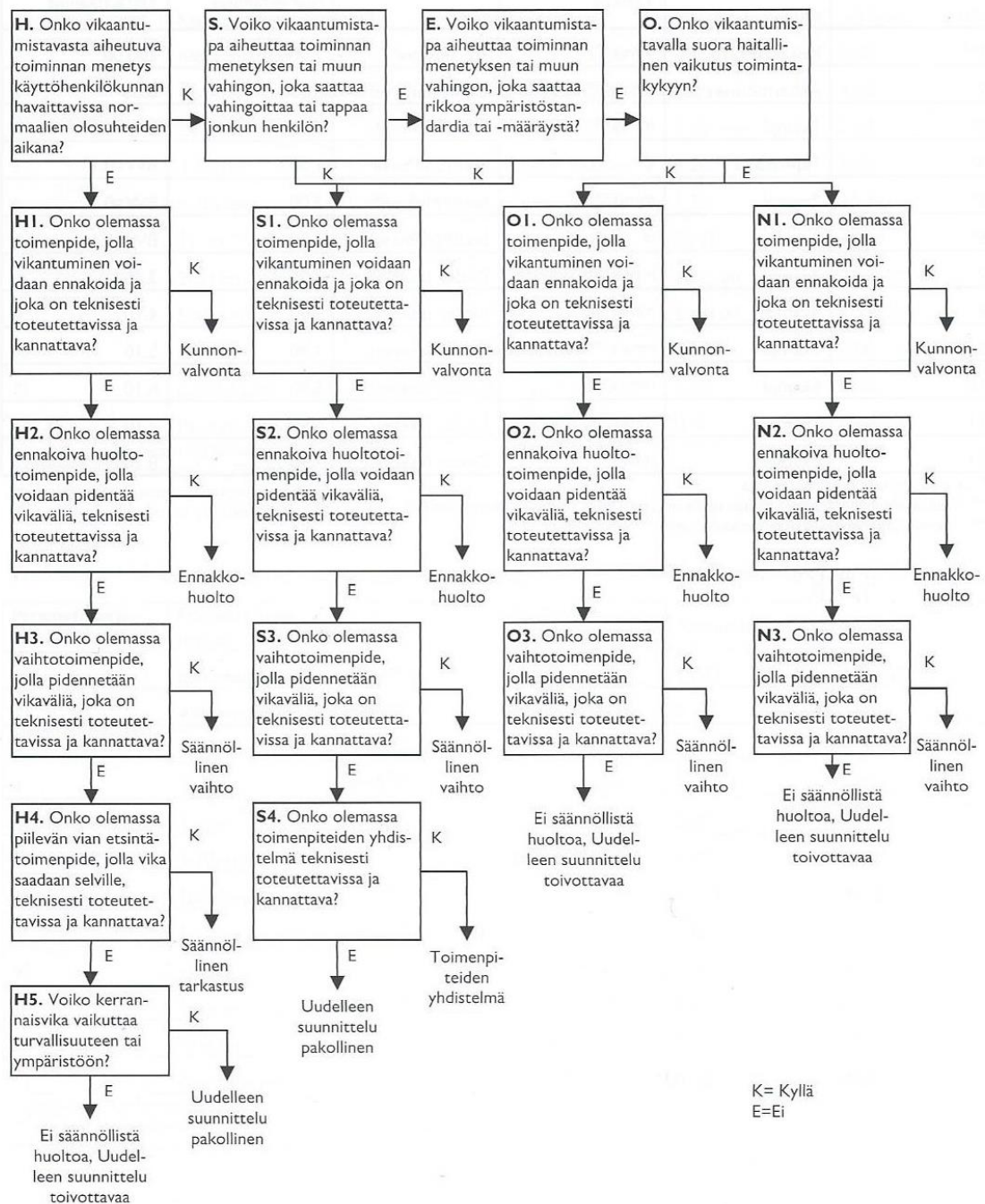
Nähtäväksi jää, millä tavoin rakennettu tietojärjestelmä toimii käytännössä ja millä tavoin organisaatio kasvaa tietokoneavusteiseen ehkäisevään kunnossapitoon tulevaisuudessa.

LÄHTEET

- 1 Woodpoliksen kotisivut. <http://www.woodpolis.fi/fi/etusivu/> (Luettu 29.3.2015).
- 2 EU-standardi, 2001. SFS-EN 13306, Kunnossapitosanasto.
- 3 PSK Standardisointiyhdistys, 2003. PSK 6201 Kunnossapito, Käsitteet ja määritelmät.
- 4 Kunnossapitoyhdistys ry, 2007. Kunnossapito. Hamina: Oy Kotkan Kirjapaino Ab
- 5 <http://www.promaintlehti.fi/Kunnonvalvonta-ja-kayttovarmuus/Tehostavikaantumisen-seuranta/> (Luettu 2.4.2015).
- 6 http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_6-1_vikojen_analysointi.html (Luettu 4.5.2015)
- 7 Kunnossapitoyhdistys Promaint, 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Kerava: Savion Kirjapaino Oy
- 8 <http://www.expomark.fi/w/tietojarjestelma-on-kunnossapidon-ennakoinnintyokalu/> (Luettu 8.4.2015).
- 9 <http://myy.haaga-helia.fi/~seppo.suominen/krems/Excelopintomateriaali.pdf> (Luettu 1.3.2015).

LIITTEET

RCM päätöskaavio



Yleinen vianhakutaulukko.

Syy	Voimakkuus	Taajuus	Vaihe	Huomautuksia
Epätasapaino	Verrannollinen epätasapainoon. Suurin säteissuunnassa	$1 \times n$	Yksi vakaa merkki	Yleinen syy värähtelyihin
Kytkimen tai laakerin asennusvirhe. Taipunut akseli	Suuri aksiaalisuunnassa Yli 50% säteisvärähtelystä.	Norm. $1-2 \times n$ Usein myös $3-6 \times n$		1, 2 tai 3 merkkiä. Jos koneessa on liukulaa kerit eikä siinä ole rihtausvirhettä, tasapainota roottori
Vikaantunut vierintälaakeri	Vaihtelee	Viallisen vierintäelimen taajuudet: Ulkokehä: $F_u = (N/2) \times f [1 - (d/D) \times \cos\beta]$ Sisäkehä: $F_s = (N/2) \times f [1 + (d/D) \times \cos\beta]$ Kuula/Rulla: $F_k = 0,5 \times (D/d) \times f [1 - (d/D)^2 \times \cos^2\beta]$ Myös korkeataajuisia (2-60 kHz) resonanssivärähtelyä.	Epävakaa.	N =kuulamäärä/rivi d =kuulan halkaisija D =jakohalkaisija f =sisä- ja ulkokehien pyörimistaajuuksien erotus β =kosketuskulma
Mekaaninen vällys	Verrannollinen vällyseen	$2 \times n$	2 merkkiä. Tav. hieman epävakaa	Yleensä yhdessä as.virheen tai epätasapainon kanssa
Säteislaakerin väljä pesä		$n/2$, joskus $n/3$		Vällys esiintyy tavallisesti vain norm. käyntinopeuksilla ja lämpötilassa
Kuluneet hammaspyörät	Vaihtelee	$Z \times n$ ja sen monikerrat. Joskus $0,5 \times Z \times n$	Useita merkkejä Epävakaa.	
Resonanssi	Suuri	Kriittinen pyörimis- taajuus	Yksi merkki	Vaihekulma muuttuu 180° ohitettaessa resonanssikohta. Värähtely kasvaa voimakkaasti resonanssikohta lähestyttäessä.
Sähköinen epätasapaino		$1-2 \times$ synkronitaajuus $1 \times n$	1 tai 2 pyörivää merkkiä	Värähtely heikkenee äkillisesti katkaistaessa virta koneesta
Vialliset käyttöhihnat	Säännötön/sykkivä	$1-4 \times$ hihnan pyörimis- taajuus	1-2 merkkiä, yleensä epävakaita	Stroboskooppi kätevä työkalu hihnavian toteamiseen
Hydrauliset ja aerodynaamiset voimat	Yleensä alhainen	$1 \times n$, siipiluku $\times n$ ja tämän monikerrat		Yleensä herättää joninlaisen resonanssin
Edestakaiset massavoimat		$1-2 \times n$, joskus korkeampia monikertoja	Luontainen mäntäkoneille	Voidaan pienentää vain alustaa tai rakennetta parantamalla
Epäkeskeiset akselitapit	Normaalisti alhainen	$1 \times n$	Yksi merkki	Moottoreissa/generaattoreissa värähtely häviää, kun virta katkaistaan. Vaihteissa värähtely on voimakkainta akselin suunnassa. Jos vika on puhaltimessa, yritä tasapainottaa
Kitka	Vaihtelee	Jatkuva kitka, useita taajuuksia. Ajoittain $1-2 \times n$	Epävakaa	
Viallinen liuku-laakeri		$1 \times n$	Yksi vakaa merkki	Vertaa akselin ja laakeri- pesän mittauservoja toisiinsa.
Öljykalvon pyörteily	Vaihtelee	$0,42 - 0,48 \times n$	Epävakaa	Tulee kysymykseen laitteilla joilla on korkea pyörimistaajuus.

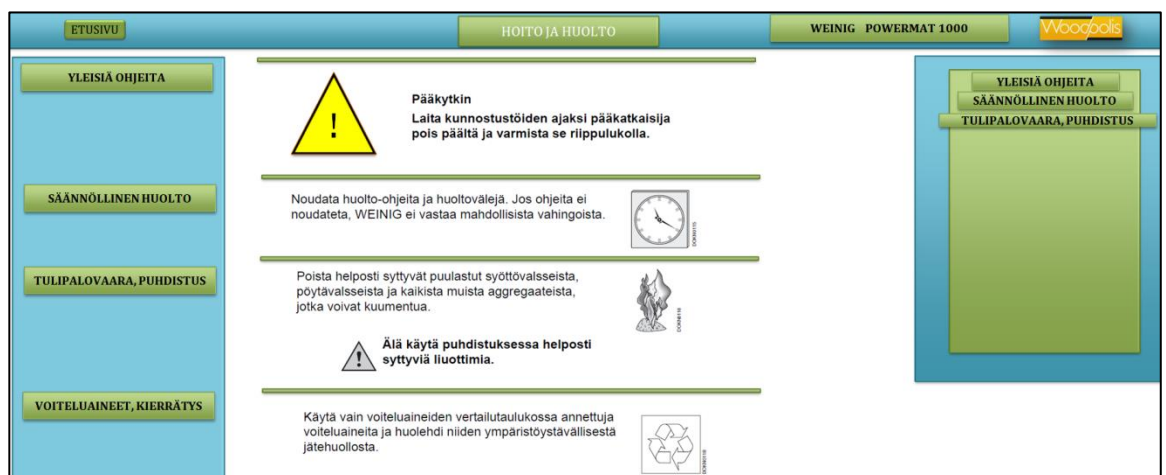
Kuvat ohjelmiston laitekohtaisista etusivuista.



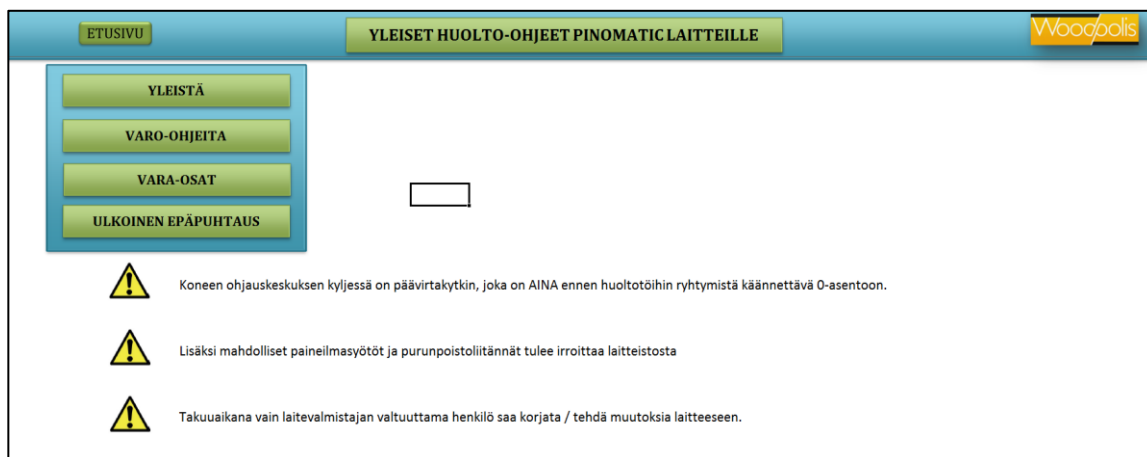
Kuva 18. Spavevellon etusivu



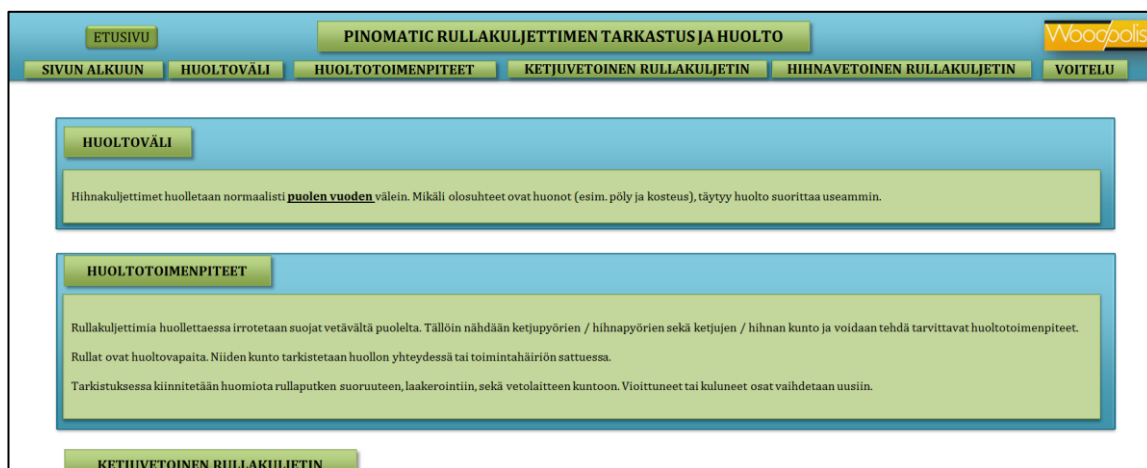
Kuva 19. Uniteam etusivu



Kuva 20. Weinig etusivu



Kuva 21. Pinomatic etusivu



Kuva 22. Pinomatic-rullakuljettimen etusivu



Kuva 23. Pinomatic-hihnakuljettimen etusivu

ETUSIVU	PINOMATIC KETJUKULJETTIMEN TARKASTUS JA HUOLTO	
HUOLTOVÄLI		
<p>Hihnakuljettimet huolletaan normaalisti puolen vuoden välein. Mikäli olosuhteet ovat huonot (esim. pöly ja kosteus), täytyy huolto suorittaa useammin.</p>		
HUOLTOTOIMENPITEET		
<p>Ketjukuljettimia huollettaessa kiinnitetään huomiota osien kunnon tarkastukseen ja toiminnan tarkkailuun. Vioittuneet tai liiaksi kuluneet osat vaihdetaan uusiin.</p>		
<p>Varsinaiset huoltotoimet käsittävät ketjujen kiristysten sekä laitteiden puhdistuksen ja voitelun.</p>		
KETJUJEN KIRISTYS		
<p>Ketjut kiristetään siirtämällä vetoyksikön yhteydessä olevia kiristysketjupyöriä. Siirtäminen tapahtuu säätämällä säätöruuvia, joka sijaitsee runkoputken alla.</p>		
<p>Ennen säätöä täytyy ketjupyörän akselipultti löysätä. Jos kiristysvara loppuu, tulee ketju vaihtaa. Uusien vaihdettujen osien toimintaiän kannalta on erittäin tärkeää, että ketju ja ketjupyörät vaihdetaan samanaikaisesti.</p>		
<p>Oikea ketjukireys selvitetään nostamalla ketjua kevyesti keskeltä. Sen tulee irrota liukukiskosta n. 1 – 2 cm. Pitkillä kuljettimilla enemmän.</p>		

Kuva 24. Pinomatic-ketjukuljettimen etusivu