

Ismo Tamio

Perinteisen kunnossapidon vertailu  
RCM-kunnossapitoon Yaran fosfori-  
happotehtaassa

Opinnäytetyö  
Talotekniikka


Huhtikuu 2011




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  18.4.2011
<b>Tekijä(t)</b> Ismo Tamio	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> Talotekniikka	
<b>Nimeke</b>  Perinteisen kunnossapidon vertailu RCM-kunnossapitoon Yaran fosforihappotehtaassa		
<b>Tiivistelmä</b>  Opinnäytetyön tavoitteena oli vertailla perinteistä kunnossapitoa RCM-kunnossapitoon Yaran fosforihappotehtaassa, minkä pohjalta pystyttäisiin tarkastelemaan kunnossapidon kohdentamista laitteiden kriittisyyteen perustuen. Yhtenä työhön kuuluvana osa-alueena oli myös LVIJ-laitekannan määrittäminen, jonka avulla kunnossapidettävä laitekanta saataisiin ajan tasalle.  Vertailun pohjana käytetty kirjallinen aineisto hankittiin Yaran henkilökunnan haastattelujen kautta sekä alan kirjallisuudesta. Käytännön työ toteutettiin keräämällä fosforihappotehtaan olemassa oleva laitekanta, minkä jälkeen laitteille suoritettiin kriittisyystarkastelu. Kriittisyystarkastelussa arvioitiin laitteiden vikaantumisen aiheuttavien riskien suuruutta turvallisuutta, ympäristöä ja tuotantoa koskien.  Työn tuloksena fosforihappotehtaan laitekanta saatiin määritettyä ja kriittisyyskartoitusta suoritettua. Kriittisyyskartoituksen perusteella tehtaan toiminnalle, henkilökunnan turvallisuudelle ja ympäristölle tärkeät/kriittiset laitteet löytyivät. Kunnossapidon tarkastelun ohessa laitteista luotiin kunnossapidon sujuvuutta helpottava laitekartta.  RCM-pohjaisessa kunnossapidossa huoltosopimukseen kuuluvat ennakoivat toimet kohdistetaan kriittisyyskartoituksen avulla kriittisiksi havaittuihin laitteisiin ja ei-kriittiset laitteet jätetään korjaavan kunnossapidon piiriin. RCM-kunnossapidon avulla saadaan lisättyä laitteiden toimintavarmuutta ja ei-kriittisten laitteiden poisjäänti ennakoivasta huollosta tuo taloudellisia säästöjä ja mahdollistaa myös ajallisen panostuksen kasvattamisen kriittisten laitteiden osalta.		
<b>Asiasanat (avainsanat)</b>  LVI-järjestelmät, LVI-tekniikka, huolto, käyttövarmuus, toimintavarmuus		
<b>Sivumäärä</b> 35+15	<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b>
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>		
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b> Mika Kuusela	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b> YIT Kiinteistötekniikka Oy	

## DESCRIPTION

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  18.4.2011
<b>Author(s)</b>  Ismo Tamio	<b>Degree programme and option</b>  Building services engineering	
<b>Name of the bachelor's thesis</b>  Compare traditional maintenance to RCM-maintenance in phosphoric acid factory of the YARA		
<b>Abstract</b>  <p>The goal of this thesis was to compare traditional maintenance to RCM-maintenance. RCM means Reliability Centered Maintenance and its purpose is to make maintenance easier, cheaper and more secure. One of the main point in this project was to collect all the information about the HVAC-equipments and evaluate their importance regarding production, safety and environment. After the evaluation it was possible to examine how the resources of the maintenance were allocated.</p> <p>The data of this research was collected by interviewing Yara's staff and using literature concerning maintenance. With the help of the collected information it was possible to compare traditional maintenance and RCM-maintenance.</p> <p>RCM-maintenance which includes critical estimation gives opportunity to direct maintenance to equipments which are the most important for function of factory, safety and environment. RCM increase reliability and cut down cost of maintenance. On the bases of this research I recommend that the company start to use RCM-maintenance.</p>		
<b>Subject headings, (keywords)</b>  HVAC-system, HVAC-engineering, maintenance, reliability		
<b>Pages</b> 35+15	<b>Language</b> Finnish	<b>URN</b>
<b>Remarks, notes on appendices</b>		
<b>Tutor</b>  Mika Kuusela	<b>Bachelor's thesis assigned by</b>  YIT Kiinteistötekniikka Oy	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	TUTKIMUSMENETELMÄT JA AINEISTO.....	2
3	YARA .....	2
3.1	Yaran historia.....	3
3.2	Yara Suomi Oy .....	4
3.3	Siilinjärven tehtaas .....	4
3.3.1	Siilinjärven tehtaasden historia .....	4
3.3.2	Fosforihappotehdas .....	5
3.3.3	Fosforihapon valmistus.....	6
3.3.4	Fosforihapon vaikutukset.....	7
4	LVII-JÄRJESTELMÄT.....	7
4.1	Fosforihappotehtaasn lämmitysjärjestelmä .....	8
4.2	Fosforihappotehtaasn ilmanvaihto- , ilmastointi- ja jäähdytysjärjestelmä.....	9
4.3	Fosforihappotehtaasn vesi ja viemärointi.....	11
5	KUNNOSSAPITO .....	13
5.1	Kunnossapidon määritelmä .....	13
5.2	Kunnossapidon kehittyminen .....	14
5.3	Kunnossapitolajit .....	16
5.3.1	Ehkäisevä kunnossapito .....	16
5.3.2	Parantava kunnossapito.....	17
5.3.3	Huolto .....	17
5.3.4	Korjaava kunnossapito.....	17
5.3.5	Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen.....	18
6	YARAN KUNNOSSAPITO .....	18
7	RCM-LUOTETTAVUUSKESKEINEN KUNNOSSAPITO.....	19
7.1	Yleistä RCM-menetelmästä.....	19
7.2	RCM-prosessin käynnistäminen.....	21
7.3	RCM-prosessin läpivienti .....	22
7.3.1	Toiminnot ja suorituskykyvaatimukset.....	22
7.3.2	Toiminnalliset viat .....	23
7.3.3	Vikaantumismallit.....	24

7.3.4	Vian vaikutukset .....	24
7.3.5	Vian seuraukset.....	24
7.4	Kunnossapitotoimenpiteiden valinta .....	25
7.4.1	Ennakoivat toimenpiteet .....	26
7.4.2	Korjaavat toimenpiteet.....	26
7.5	Kevennetty RCM.....	26
7.6	Kriittisyyskartoitus .....	27
8	TULOKSET .....	28
9	POHDINTA .....	29
	LÄHTEET .....	34
	<b>LIITTEET</b>	
	1 Laitelistat	
	2 Kriittisyyskartoitus	
	3 Laitekartat	
	4 Prosessikaavio	

## 1 JOHDANTO

Siilinjärvellä sijaitsee Yara Suomi Oy:n tuotantolaitos, jonka toiminta perustuu paikallisen fosfaattiesiintymän taloudelliseen hyödyntämiseen. Siilinjärven tuotantolaitos koostuu tehdasalueesta ja kaivoksesta, jotka käsittävät noin 3200 hehtaarin maa-alueen. Se tuottaa pääasiallisesti lannoitteita sekä fosforihappoa ja kaikkien tuotteiden yhteinen myyntiarvo on noin 250 miljoonaa €/a. Siilinjärvellä työskentelee omaa henkilöstöä noin 350 ja verkostokumppaneiden henkilöstöä noin 150. Yara Suomi Oy on maailmanlaajuisen Yara International ASA:n tytäryhtiö.

Siilinjärven tuotantolaitoksen rakentaminen on aloitettu 1960-luvun lopulla, ja sitä on jatkettu aina vuoteen 2009, jolloin apatiitin kuivaamiseen tarkoitettu rakennus valmistui. Tehdas- sekä kaivosalueen laitokset sisältävät runsaasti tekniikkaa LVI-järjestelmien osalta ja niiden kunnossapito on ulkoistettu suurelta osin kunnossapitoa tarjoaville palveluyrityksille. Kunnossapito on toteutettu perinteisiä kunnossapitomenetelmiä käyttäen, jossa koko laitekanta käydään läpi syys- ja keväthuollon yhteydessä huoltosopimuksen mukaan.

Kunnossapito kokonaisuudessaan on yritykselle yksi suurimmista kustannuksista pääoma- ja raaka-ainekustannuksien jälkeen, joten sen huolellinen suunnittelu ja läpivienti on tärkeää. Kunnossapito on kehittynyt viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana merkittävästi, mikä on johtunut lisääntyneestä kunnossapidon tarpeesta sekä laitteiden kehittymisestä yhä monimutkaisemmiksi. Uusia kunnossapidon menetelmiä ja tekniikoita on kehitetty vastaamaan nykyajan vaatimuksia turvallisuus-, ympäristö- ja tuotantonäkökohtia ajatellen. Yksi tällaisista menetelmistä on RCM eli luotettavuuskeskeinen kunnossapito.

Vuoden 2011 alussa LVI-järjestelmiä koskeva huoltosopimus siirtyi YIT Kiinteistötekniikka Oy:lle. Kunnossapidosta vastaavalle yritykselle uusi kohde tuo mukanaan uusia haasteita tuotantolaitoksen työtapojen sekä laitekantojen tuntemuksen osalta. Yaran Siilinjärven tehtaat sisältävät paljon laitteita eri vuosikymmeniltä, joita on vuosien saatossa uusittu eikä ajan tasalla olevia piirustuksia ole saatavilla. Tästä johtuen päätettiin opinnäytetyön avulla selvittää fosforihappotehtaan laitekanta sekä vertailla perinteistä kunnossapitoa RCM-kunnossapitoon, johon kuuluvan kriittisyyskartoituk-

sen avulla pystyttäisiin laitekannan selvittyä tarkastelemaan, miten huolto tulisi kohdentaa.

## **2 TUTKIMUSMENETELMÄT JA AINEISTO**

Opinnäytetyön tarkoitus oli määrittää huoltokohteen laitekanta ja vertailla perinteistä kunnossapitoa RCM-kunnossapitoon LVII-järjestelmien osalta. Tehdasalueen laajuuden takia aloituspalaverissa sovittiin työnohjaajan sekä Yaran Siilinjärven toimipisteen rakennuttamisesta ja työmaavalvonnasta vastaavien henkilöiden kanssa, että tarkasteltavaksi alueeksi valitaan fosforihappotehdas.

Kunnossapidon vertailua varten koko fosforihappotehtaan LVII-laitekanta piti selvittää, jotta laitteille pystyttiin tekemään alustava kriittisyyskartoitus. Kriittisyyskartoituksen perusteella pystyttäisiin vertaamaan nykyistä, perinteisen kunnossapidon mallin mukaisesti toteutettavaa kunnossapitoa RCM-kunnossapitoon.

Opinnäytetyön sisältö suunniteltiin pääpiirteittäin YIT Kiinteistötekniikka Oy:n aluepäällikkö Janne Mikkosen sekä työnjohdosta vastaavan Heikki Hakkaraisen kanssa, minkä jälkeen sisällön rakentamisen ja työn toteutuksen sain toteuttaa itsenäisesti. Työssä tarvittavan kirjallisuusaineiston keräsin kunnossapitoa koskevasta alan kirjallisuudesta, Yaran esittely- ja tuotantomateriaaleista sekä puhelin- ja sähköpostikeskustelujen avulla. Opinnäytetyön käytännön toteutuksen aloitin keräämällä LVII-järjestelmien laitteet kerroskohtaisesti ja kokoamalla ne sen jälkeen palvelualue- ja järjestelmäkokonaisuuksiksi. Laitekannan määrittämisen jälkeen piti selvittää järjestelmien ja laitteiden vikaantumisesta aiheutuvat haitat ja ongelmat turvallisuutta, ympäristöä ja tuotantoa koskien. Tätä koskevan kriittisyyskartoituksen tein ensin itsenäisesti, jonka jälkeen kartoitus toteutettiin vielä fosforihappotehtaan kunnossapidosta vastaavan Kari Kataisen kanssa.

## **3 YARA**

Yara International ASA on maailmanlaajuinen kemian alan yritys, joka markkinoi ja valmistaa kivennäislannoitteita, typpipohjaisia kemikaaleja teollisuuskäyttöön sekä

ympäristönsuojelussa käytettäviä tuotteita. Yara toimii 50 maassa ja työntekijöitä yrityksellä on noin 7600. Vuonna 2009 Yaran liikevaihto oli 7,7 miljardia euroa. /1./

### 3.1 Yaran historia

Sam Eyde ja Kristian Birkeland perustivat vuonna 1905 yrityksen nimeltään Norsk Hydro, joka hyödynsi Norjan runsaita vesivaroja tuottaakseen kivennäislannoitteita. Norsk Hydro kehitti menetelmän suoraan typensidontaan ensimmäisenä maailmassa, minkä merkitys on ollut maailmanlaajuiselle lannoitetuotannolle merkittävä /1/.

Pian tämän jälkeen tehtaita perustettiin lisää ja ammoniakkin tuotanto aloitettiin Rjukan tehtaalla Norjassa. 1930-luvulla, pitkän kehitystyön jälkeen syntyivät NPK-seoslannoitteet, jotka ovat aikamme merkittävimpiä lannoitteita. Uudet lannoitteet auttoivat viljelijöitä kasvattamaan satoaan, ja ne auttoivat myös uudistamaan ruokavaroja toisen maailmansodan jälkeisessä Euroopassa. Sodanjälkeisen Euroopan kehittyvillä markkinoilla vaatimukset kasvoivat, johon yritys vastasi ja keskitti tuotantonsa uuteen lannoiteteknologiaan perustuen hiilivetyjen käyttöön lannoitteiden raaka-aineena. Läpimurto kansainvälisille markkinoille tapahtui 1969, jolloin Qatariin perustettiin yhteisyritys nimeltään Qatar Fertiliser Company. Tämän myötä Norsk Hydrolle avautuivat ovet maailmanlaajuisille markkinoille. /1./

Tultaessa 1970-luvulle yrityksen asema oli vakiintunut Aasiassa, Lähi-idässä ja Pohjois-Amerikassa. Se jatkoi kuitenkin kasvuaan 1970-luvun lopusta 1980-luvun puoliväliin saakka, jolloin yritys osti useita lannoitealan yrityksiä Rankasta, Hollannista ja Isosta-Britanniasta. Kehittyvä lannoitetuotanto kohtasi haasteita, kun maatalouden liikatuotanto johti ylikapasiteettiin Euroopassa. Myös uudet ympäristörajoitukset ja Itä- Euroopan halvat lannoitteet laskivat voittomarginaalia merkittävästi, joka johti tuotantokapasiteetin vajaakäyttöön kaikkialla Euroopassa. /1./

Norsk Hydrosta irtautui vuonna 2004 yritys, joka listautui pörssiin nimellä Yara International. Se keskittyi luomaan uusia käyttötapoja perustuotteille, kuten ammoniakille, urealle ja typpihapolle. Kehityksen tuloksena oli kasvava tuotevalikoima, josta löytyy tuotteita ympäristönsuojeluun sekä ruoka- ja juomateollisuuteen. Vuonna 2007 Yara osti Suomen valtion omistaman 30,05% osuuden Kemira GrowHow´sta ja näin siitä tuli Yaran tytäryhtiö, Yara Suomi Oy. /1./



## 3.2 Yara Suomi Oy

Suomessa Yaralla on neljä tuotantolaitosta, jotka sijaitsevat Uudessakaupungissa, Harjavallassa, Kokkolassa ja Siilinjärvellä. Siilinjärvellä sijaitsee myös Länsi-Euroopan ainoa fosfaattikaivos. Yara Suomi Oy:n tehtaat tuottaa kattavan lannoitevalikoiman viljelijöiden ja metsänomistajien tarpeeseen. Tämän lisäksi Yara tarjoaa typpikemikaaleja ja teknisiä nitraatteja eri teollisuuden aloille sekä ympäristönsuojeluun käytettäviä aineita. Suomessa Yara työllistää noin 900 henkilöä valmistuksen, myynnin, markkinoinnin ja tuotekehityksen parissa. /1./

## 3.3 Siilinjärven tehtaat

Päätuoteryhmät Siilinjärven tehtailla ovat lannoitteet ja fosforihappo. Kapasiteetit ovat lannoitteiden osalta noin 500000 t/a ja fosforihapon osalta noin 300000 t/a. Fosforihappo jatkojalostetaan lannoite- sekä eläinrehuteollisuudessa Suomessa ja ulkomailla. Valmistettavat lannoitteet menevät pääosin kotimaan peltoviljelyyn. Lannoitteiden valmistamista varten tarvittava typpihappo ja fosforihapon valmistuksessa käytettävät pääraaka-aineet, apatiitti ja rikkihappo tulevat Siilinjärven kaivoksesta ja tehtailta. /2./

### 3.3.1 Siilinjärven tehtaiden historia

Siilinjärven tehtaiden historia katsotaan alkaneeksi 1950-luvulla, jolloin malmiesiintymä löydettiin. Löydöksen teki opiskelija Jorma Hakala, joka lähetti näytteen löytöpaikkatietoineen Geologiselle tutkimusasemalle. Löydös johti kaivoksen perustamiseen, sillä löydöksen todettiin sisältävän kalkkikiveä ja sijaintipaikka oli kaivostoimintaan nähden otollinen kuljetusyhteyksien läheisyyden vuoksi. /3./

Ensimmäinen rakennusvaihe tehtaiden osalta käynnistyi 1960-luvun lopulla, jolloin rakennettiin pasutto-rikkihappotehdas, fosforihappotehdas, ammoniumfosfaattitehdas sekä voimala. Näiden laitosten osalta tuotanto aloitettiin vuonna 1969. Toinen rakennusvaihe alkoi 1970-luvun alussa, jolloin alueelle tehtiin lannoitetehdas, typpihappotehdas ja pakkaamo. Koko 1970-luvun ajan Kemiran toiminta oli vilkasta muissakin toimipaikoilla, kun vanhoja tehtaita lopetettiin ja uusia rakennettiin tilalle. Yhtiö laa-

jeni yritysostojen ja fuusioiden kautta niin, että 1970-luvun lopussa henkilökuntaa oli jo noin 7000. /2./

Myös 1980-luvulla kehitystä tapahtui kotimaassa, kun uusia tehtaita rakennettiin edelleen ja tuotantoa laajennettiin. Kaivostoiminta Siilinjärvellä alkoi 1979, ja 1980 valmistuneet apatiittikaivos sekä rikastamo olivat merkittäviä tapahtumia. 1980-luvun alussa toteutettiin laajennus vaihe, joka käsitti pasutto-rikkihappotehtaan, kaivoksen, fosforihappotehtaan, voimalaitoksen ja korjaamon laajennuksen. Alueelle rakennettiin vuosina 1984-85 kiille- ja kipsipigmenttitehdas. Toiminnan edetessä kaivosta ja fosforihappotehdasta laajennettiin edelleen 1990-luvun alussa ja 1993 rakennettiin fosforihappotehtaan jatkojalostuslaitos. /2./

Yaran ostettua Kemira Growhown vuonna 2007 rikkihappotuotantoa laajennettiin ja 2008 valmistui elintarvikelaatuiseen fosforihapon valmistamista varten tehty rakennus, PUFO. Vuonna 2009 apatiittituotantoa laajennettiin, ja samana vuonna valmistui vielä apatiitin kuivauslaitos. /2./

### 3.3.2 Fosforihappotehdas

Fosforihappotehtaalla valmistetaan erilaatuisia fosforihappoja (taulukko 1), joista käytetään nimityksiä Prefo, Ferti ja Bio. Prefo-laatu käytetään rehu- ja teollisuusfosfaattien valmistukseen ja Fertiä lannoitteiden tuottamiseen. Bio-laatu menee pienyrityksille erilaisiin käyttötarkoituksiin. Fosforihapon valmistuksessa syntyvistä sivutuotteista fluoripiihappoa käytetään alumiinifluoridin valmistukseen ja kipsiä käytetään paperikemikaalina sekä kipsilevyjen materiaalina. /4./

**TAULUKKO 1. Tuotantokapasiteetit 2008 /4/**

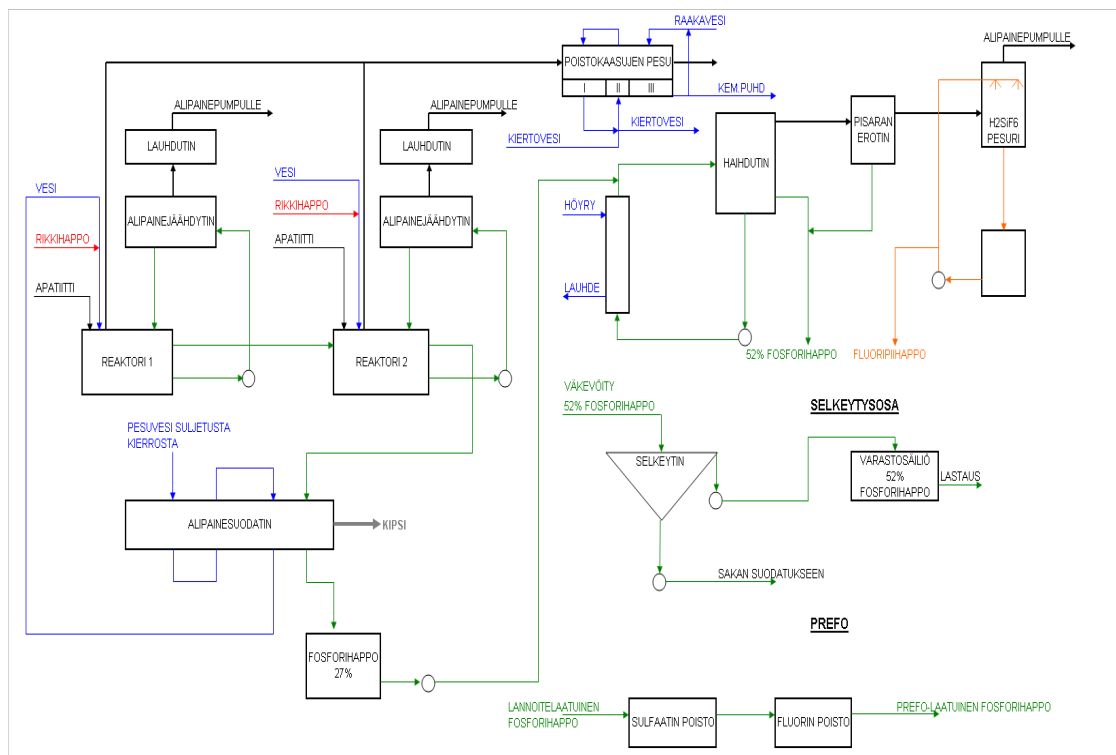
Tuote	Määrä t/a	Kaava
Fosforihappo	300 000	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Ferti	120 000	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Prefo	180 000	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Bio	500 000	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Fluoripiihappo	17 000	H <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>
Kipsi (hyötykäyttö)	170 000	
Kipsi (kokonaismäärä)	n. 150 0000	

### 3.3.3 Fosforihapon valmistus

Fosforihapon valmistusprosessi on kaavan 1 mukainen, kaksivaiheinen dihydraattiprosessi, jonka pääraaka-aineet ovat apatiitti  $Ca_5F(PO_4)_3$  ja rikkihappo  $H_2SO_4$ .



Valmistusprosessissa (kuva 1) on neljä päävaihetta: reaktiovaihe, suodatus, väkevöinti ja selkeytys. Reaktiovaiheessa apatiitti, 93% rikkihappo ja prosessista saatava palautushappo johdetaan reaktoriin, jossa on tehokas sekoitus mahdollisimman hyvän reaktiotuloksen saavuttamiseksi. Palautushapolla ja pesuvedellä säädellään reaktiohapon väkevyyttä ja lietteen kiintoainepitoisuutta. Suodatuksessa fosforihappo ja kipsi erotetaan toisistaan alipainesuodattimen avulla. Tämän jälkeen laimean fosforihapon väkevöinti tapahtuu haihduttimessa, minne se johdetaan kiehuvana lämmityksen jälkeen. Väkevöity fosforihappo johdetaan viimeiseksi selkeyttimeen, mistä selkeytynyt osa johdetaan varastosäiliöön. /4./



**KUVA 1. Fosforihapon valmistusprosessi /4/**

### 3.3.4 Fosforihapon vaikutukset

Fosforihappo on maaperässä kulkeutuvaa eikä sitä juurikaan haihdu ilmaan. Maaperästä fosforihappo liuottaa aineksia, erityisesti karbonaatteja, ja kulkeutuessaan fosforihappo voi myös neutraloitua jonkin verran, mutta osa haposta saattaa kulkeutua pohjaveteen. Fosforihappo sekoittuu hyvin veteen, mutta se ei kuitenkaan aiheuta vedessä biologista hapenkulutusta, vaan sen haitallisuus vesielioille perustuu fosforihapon voimakkaaseen happamuuteen. /5./

Huoneilman lämpötilassa fosforihapon haihtuvuus on vähäistä ja näin ollen se ei normaalisti ärsytä silmiä eikä hengitysteitä. Fosforihappopitoisuuden ollessa  $1\text{mg}/\text{m}^3$  ilmassa se on havaittavissa hajun tai maun perusteella, mutta se ei vielä aiheuta suoranaista ärsytystä. Pitoisuuksien noustessa  $3,5\text{-}11\text{mg}/\text{m}^3$  ilmassa silmien ärsytys kasvaa ja hengitysteissä on havaittavissa yskän ärsytystä.  $100\text{mg}/\text{m}^3$  pitoisuus aiheuttaa sietämättömiä oireita. Työpaikan ilman haitalliseksi tunnettuja pitoisuuksia kuvataan HTP- arvojen avulla (taulukko 2). HTP-arvot tarkistetaan määrä ajoin ja ne vahvistetaan sosiaali- ja terveysministeriön asetuksella. Arvot kuvaavat pienimpiä pitoisuuksia, joiden on arvioitu aiheuttavan haittaa. /5./

#### TAULUKKO 2. Fosforihapon HTP-arvot 2009 /5/

Altistumisaika	Epäpuhtauden keskipitoisuus
8h	$1\text{mg}/\text{m}^3$
15min	$2\text{mg}/\text{m}^3$

Fosforihappo vapauttaa lämpöä liuetessaan veteen. Fosforihappo saattaa vapauttaa syttyvää vetykaasua ollessaan kosketuksissa metalliin, esimerkiksi alumiiniin, mutta happo itsessään ei pala. Fosforihappo syövyttää myös hitaasti valurautaa ja useita muita metalleja. /5./

## 4 LVIJ-JÄRJESTELMÄT

LVIJ- järjestelmillä tarkoitetaan rakennusten lämmitys-, vesi-, viemäri-, ilmastointi- ja jäähdytysjärjestelmiä, jotka käsittävät laajan ja yhä tärkeämmäksi tulleen rakentami-

sen osa-alueen. Näiden järjestelmien keskeinen tehtävä on sopivan sisäilmaston luominen. /6./

Huoneessa tai yleisesti jossain tilassa vaikuttavien fysikaalisten, kemiallisten ja muiden samanlaisten olosuhteiden kokonaisuutta kutsutaan sisäilmastoksi. Sisäilmaston tärkeimmät tekijät ovat tilan lämpöolosuhteet ja ilman laatutekijät, joihin kuuluvat lämpötila, veto, erilaiset kemialliset ja biologiset epäpuhtaudet, kosteus sekä pölyt. /6./

Kilpailun kiristymisen osaavasta työvoimasta ja työurien pitenemisen myötä oletetaan myös hyvien työolosuhteiden merkityksen kasvavan. Vaatimukset tuotannon energiatehokkuuden parantamisesta sekä työskentelyolosuhteiden turvallisuudesta lisääntyvät ja asettavat näin uusia haasteita myös teollisuuden sisäilmastolle.

#### **4.1 Fosforihappotehtaan lämmitysjärjestelmä**

Yaran tehdasalueella rakennusten lämmitys tuotetaan kaukolämmön avulla, joka saadaan oman voimalan kautta. Voimalassa on yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto ja sen sähkön kehitys on normaalisti noin 16 MW. Sähkön tuotanto tapahtuu kahden turbiinin, lauhde- ja vastapaineturbiinin avulla. Turbiinit saavat käyttövoimansa korkeapainehöyrystä, jonka paine on 60 bar ja lämpötila 490 °C. Korkeapainehöyry ohjataan turbiineille, joissa osa sen sisältämästä paine- ja lämpöenergiasta muutetaan liikeenergiaksi generaattoreille ja sitä kautta edelleen sähköksi. Kaukolämmöntuotantoon käytettävä matalapainehöyry, 1,5bar 145 °C, saadaan suoraan vastapaineturbiinin jälkeen ja lauhdeturbiinin välitosta, josta se ohjataan lämmönsiirtimille kaukolämpöverkoston lämmittämistä varten. /7./

Fosforihappotehdas voidaan jakaa järjestelmien mukaan kahteen osaan, vanhaan ja uuteen puhtaan fosforin tuotantoon keskittyvään PUFO:on. Uusi osa on rakennettu vuonna 2008, jossa on lämmönsiirtimet käyttövesi, ilmastointi- ja kiertoilmakojeverkostolle. Vanhalla osalla yksi siirrin palvelee periaatteessa kaikkia näitä verkostoja, koska käyttöveden lämmitys otetaan lämmitysverkostosta erillisen lämminvesivarauksen kautta. Lämmönsiirtoaineena verkostossa on vesiglykoliliuos, joka suojelee verkostoa jäätymiseltä. Lämmönluovuttimina toimii toimistojen radiaattorit ja tehtaassa kiertoilmakojeet sekä ilmastointia varten ilmanvaihtokoneiden patterit. Putkiston materiaalina on käytetty teräsputkea, ja putkistot on eristetty määräysten mukaan.

## 4.2 Fosforihappotehtaan ilmanvaihto- , ilmastointi- ja jäähdytysjärjestelmä

Ilmanvaihdon tarkoitus on ylläpitää viihtyisää ja terveellistä sisäilmaa rakennuksissa. Ilmanvaihtojärjestelmän tehtävä on poistaa syntyvät epäpuhtaudet ja tuoda ulkoilmaa korvausilmaksi. Ilman tulisi virrata puhtaista tiloista likaisiin päin, joten ilmanvaihto järjestetäänkin yleensä siten, että ilma tuodaan ensin oleskelutiloihin ja poistetaan niin sanotuista likaisista tiloista. Ilman epäpuhtauksien hallinta on erityisen tärkeää varsinkin teollisuusympäristössä, jotta ne saadaan torjuttua ja niiden leviäminen estettyä. Fosforihappotehtaan prosessissa syntyvät ilman epäpuhtaudet ovat lähinnä pöly ja prosessin haitalliset höyryt. Epäpuhtaudet pääsevät tehdasilmaan säiliöiden vuotojen ja kunnossapitotöiden aikana järjestelmiä purettaessa. Ilman laadun ylläpitämiseksi tulisikin keskittyä juuri epäpuhtauslähteiden kontrollointiin. /6./

Epäpuhtauksien torjunnassa voidaan noudattaa seuraavia periaatteita rakennuksen suunnitteluvaiheessa tai jo olemassa olevan tilanteen korjaamiseksi.

- Yritetään vähentää epäpuhtauslähteitä.
  - poistetaan epäpuhtauslähteet.
  - vaihdetaan materiaali tai laite epäpuhtausuotoltaan vähäisempään.
- Eristetään epäpuhtauslähde,
  - omaan tilaan esim. korjaamo
  - omaan koteloon tai kaappiin ja varustetaan tila omalla poistoilmanvaihdollalla.
- Estetään epäpuhtauden leviäminen
  - paikallispoistojen avulla esimerkiksi tulityöpaikalta
  - huoneiden välisten paine-erojen avulla.
- Ilmanjako järjestetään tehokkaaksi siten, että epäpuhtaudet kulkeutuvat poistoilman mukana eivätkä kulkeudu hengitysvyöhykkeelle.
- Laimennetaan raikkaalla tuloilmalla kaikista toimenpiteistä huolimatta ilmaan päässeet epäpuhtaudet.
- Johdetaan tuloilma työpisteeseen paikallisesti.
- Huoneilman epäpuhtaudet poistetaan suodattimien avulla. /6./

Rakennuksen ilmastoinnilla on useita tehtäviä. Sen tavoitteena on luoda rakennukseen hyväksyttävä sisäilmasto lämpötilan, ilman laadun ja kosteuden osalta. Ilmastointikoneessa ilma voidaan suodattimilla tapahtuvan puhdistuksen jälkeen lämmittää lämmityspatterissa, jäähdyttää jäähdytyspatterissa, kosteuttaa tai kuivata. Poistoilman lämpö käytetään useasti hyödyksi tuloilman lämmittämiseen lämmöntalteenoton kautta. /6./

Ilmastoinnin yksi tärkeimmistä tehtävistä on jäähdytys. Jäähdytyksellä poistetaan huoneisiin virtaavaa ylimääräistä lämpöä, jonka vaikutuksesta huoneiden lämpötila nousee helposti liian korkeaksi. Hyvä lämmöneristys ja lisääntynyt sähkönkäyttö rakennuksissa on johtanut siihen, että esimerkiksi toimistohuoneet tarvitsevat jäähdytystä myös talvella. Tehtaiden suuret sähkökeskukset tuottavat myös tilaan suuren lämpökuorman, jonka poistaminen jäähdytyksen avulla on ensiarvoisen tärkeää, jotta prosessit pysyvät käynnissä.

Fosforihappotehtaan vanhalla osalla ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien kokonaisuus muodostuu useista yksittäisistä laitteista ja koneista. Tämä johtuu tilojen eri käyttötarkoitusten ja eri alueiden vaihtelevien epäpuhtauspitoisuuksien takia. Prosessialueelle tuloilma tuodaan osin suoraan raitisilmana ja osalle aluetta lämmitettynä. Suurimmaksi osaksi ilma johdetaan prosessitiloihin raitisilmakammion kautta, josta tuloilma puhalletaan neljän aksiaalipuhaltimien avulla tiloihin. Ilmanottokammio jakaantuu kahteen osaan, sillä tilat erottavat toisistaan ”patteriseinä”. Ensimmäisestä osasta raitisilma johdetaan suoraan tehdasalueelle ja muuntajahuoneeseen ja toisesta lämmitetty ilma puhalletaan kanavien kautta väkevöinnin prosessialueelle. Eri puolille tehdasta tuloilmaa tuodaan myös yksittäisten raitisilmasäleiköiden ja –puhaltimien kautta sekä kahta tuloilmakonetta käyttäen. Tehdasalueen poistoilmanvaihto on toteutettu poistoilmapuhaltimien, huippumurien ja poistoputkien kautta. Uudella PUFO:n puolella koko tilaa palvelee yksi ilmastointikone, jossa on nestekiertoinen lämmöntalteenotto.

Toimisto-osalla, joka käsittää alakerran korjaamon, toisen ja kolmannen kerroksen toimistot sekä neljännen kerroksen ohjaamon ja muut yhteiset tilat, ilmanvaihto hoidetaan tuloilmakoneilla. Tilat on tuloilman avulla ylipaineistettu, ettei prosessitiloista pääse virtaamaan epäpuhtauksia toimisto- ja oleskelutiloihin.

Fosforihappotehtaalla jäähdytystä tarvitaan toimistojen ja ohjaamon tiloihin sopivien työskentelyolosuhteiden saavuttamiseen sekä sähkökeskusten suurten lämpökuormien poistamiseen. Työtilojen, sähkökeskusten ja instrumenttitilojen jäähdytys on hoidettu kahden kylmävesiaseman kautta sekä neljän erillisen kylmäkompressorin avulla. Kylmävesiasemat palvelevat toimisto-osan puhallinkonvektoriverkostoja sekä PUFOn puolella jäähdytykseen käytettäviä kiertoilmakoneita. Erillisistä kylmäkompressoreista kahdella jäähdytetään kiertoilmaa suorahöyrystyspattereina ja kahdella palvelevat muuttaman yksikön puhallinkonvektoriverkostoja.

### 4.3 Fosforihappotehtaan vesi ja viemärointi

Kiinteistöä palvelevan vesilaitteiston veden tulee olla sellaista, että sen käytöstä ei aiheudu terveydellistä tai muuta haittaa tai vaaraa. Käyttötarkoitukseen nähden vesilaitteistosta on saatava riittävästi vettä, ja se on sijoitettava kiinteistöön tarkoituksenmukaisesti. Laitteiston ja verkoston tulee olla riittävän kestävä ja käyttövarma sekä muilta ominaisuuksiltaan sellainen, että sitä voidaan käyttää ilman tapaturman tai hygieenisten haittojen vaaraa. Sosiaali- ja terveysministeriön asettamissa asetuksissa on määritelty talousveden laatuvaatimukset ja valvontatutkimukset, jotka on asetettu terveydensuojelulain nojalla. Jos lämmittävänä aineena käytetään muuta kuin vettä, on kiertopiirit erotettava toisistaan kaksoisvaippaisella lämmönsiirtimellä. Käyttöturvallisuuden kannalta lämpimän käyttöveden ylärajana pidetään +65 °C. Lämpötila on kuitenkin pidettävä vähintään +55 °C legionellabakteerin estämiseksi. Lämmin käyttövesijärjestelmä varustetaan kiertojohdolla, joka pitää verkoston lämpötilan tasaisena. Tällä tavalla estetään veden lämpötilan lasku mikrobikasvustoa suosivalle tasolle ja verkoston jäähtyminen, mikä johtaisi lämpimän veden odotusajan kasvuun. /8./

Fosforihappotehtaalla käytettävä talousvesi tulee Yaran omalta vesilaitokselta. Talousvesi valmistetaan raaka- eli pintavedestä, joka otetaan läheisestä vesistöistä. Raakavesi johdetaan pumppaamolle puuputkea pitkin, josta se jaetaan tehdasalueelle ja vesilaitokselle. Pumppaamon puolella on kaksi välppälinjaa, joissa ensin on 10 mm rako välppä ja sen jälkeen sihtikorit. Sihtikorien reikäkoko on 0,6 mm, ja niiden avulla karkeimpien epäpuhtauksien eteneminen pysäytetään. Pumppaamalla sijaitsee myös kloorauslaitteet, joilla tehdään niin sanottu shokkiklooraus kerran vuorokaudessa bakteerien ja kasvustojen tuhoamiseksi. Talousvedeksi menevä raakavesi käsitellään vesilaitoksella, sillä se sisältää muun muassa runsaasti humusta. Raakavettä pumpataan



vesilaitokselle  $50\text{m}^3/\text{h}$ , jossa siihen lisätään alkukemikaloinnissa alumiinisulfaattia,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ja pH: n säätöä varten vesilaitoskalkkia,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Alumiinisulfaattia annostellaan veden kaliumpermanganaattiluvun ( $\text{KMnO}_4$ ) mukaan, ja pH-arvo pidetään kalkin avulla vaihteluvälillä 5,5–6,3. Hitaan sekoituksen jälkeen kemikaalit alkavat muodostaa humuksen kanssa flokkeja. Alkukemikaloidun veden sekaan johdetaan dispersioveettä, joka on viiden baarin paineessa ja siihen on sekoitettu ilmaa. Vesi ja ilmaseos vapautetaan pienemmässä paineessa olevaan veteen, jolloin vapautuva kaasu muodostaa mikrokuplia, jotka nostavat flokin pintaan. Muodostuneet flokit poistetaan flotaatioaltaassa, jossa pinnalle muodostunut humuskakku huuhdellaan kahden tunnin välein viemäriin. Puhdistunut vesi virtaa alakautta hiekkasuodattimille, jossa flotaatiosta läpi tullut humus erottuu. Hiekkasuodatin koostuu  $6\text{m}^2$  suuruisesta, vajaan metrin paksuisesta luonnonhiekkakerroksesta. Suodatuksen jälkeen kaliumpermanganaattiluvun tulee pudota alle 10, kun se alkutilanteessa on 30–50. Näiden käsittelyjen jälkeen vesi on juomakelpoista, mutta talousveteen lisätään vielä klooria noin  $0,3\text{ mg/l}$  bakteerien torjumiseksi. /7./

Fosforihappotehtaan käyttövesiputkiston materiaalina on käytetty kupari- ja komposiittiputkia. Talousvettä johdetaan suoraan kalusteille, jäädytyksen lauhduttimille, lämminvesivaraajalle lämpimän käyttöveden valmistusta varten sekä hätäsuihkuille. Lämminkäyttövesiverkosto on varustettu eristetyllä kiertojohdolla, jolla ehkäistään verkoston jäähtyminen. Juomapisteiden yhteyteen on jouduttu asentamaan suodatinpatruunat, joilla poistetaan käyttövedessä olevaa makuhaittaa. Fosforihappotehtaalla on myös kattava hätäsuihkujärjestelmä, joka on liitetty sammutusvesiverkostoon. Sammutusvesiverkostossa paine on turvattu varajärjestelmin, joten hätäsuihkujen toiminta on varmistettu tätä kautta.

Jätevesien viemärointi on hoidettava kiinteistöissä siten, että siitä ei aiheudu terveydellistä vaaraa, epämiellyttävää hajua, viemäritulvia tai muuta haittaa. Jätevesilaitteisto on sijoitettava tarkoituksenmukaisesti, ja sen pitää olla kestävä sekä käyttövarma. Jos jätevettä ei johdeta vesihuoltolaitoksen, se tulee käsitellä paikallisen viranomaisen ohjeiden mukaisesti. Jätevedet tulee tällöin myös käsitellä ja johtaa niin, ettei niistä aiheudu vaaraa ympäristölle. /8./

Fosforihappotehtaan jätevesiverkosto on rakennettu valurauta- ja muoviviemäreitä sekä prosessipuolen avokouruja käyttäen. Tehtaiden jätevesiä ei ohjata vesihuoltolai-

toksen viemäriin, vaan ne ohjataan kemialliselle puhdistamolle, josta ne ajetaan puhdistusprosessin läpi ja lasketaan Kuuslahteen. Fosforihappotehtaan saniteettijätevedet johdetaan saniteettialtaaseen, joka on aikaisemmin toiminut aktiivilietepuhdistamona. Nykyisin allas toimii sakoaltaana, joka tyhjennetään Siilinjärven jätevedenpuhdistamolle. Sakoaltaasta jätevesi johdetaan kemiallisen puhdistamon sekoitusaltaaseen, jossa veden sisältämien epäpuhtauksien saostus tapahtuu kalkilla. Happamuuspitoisuuden eli pH-arvon tulisi olla 10–10,5. Kalkin annostelua valvotaan pH-mittauksin rikkihappotehtaan ohjaamosta, josta annostelua voidaan tarvittaessa muuttaa. Sekoitusta tehostetaan puhaltamalla ilmaa altaaseen. Pikasekoitusaltaasta vesi johdetaan hämmennysaltaaseen, josta kemikaloitu vesi etenee avo-ojaa pitkin esiselkeytysaltaaseen, johon pääosa muodostuneesta flokista laskeutuu. Esiselkeytysaltaasta vesi johdetaan maanvaraiseen jälkiselkeytysaltaaseen, josta puhdistunut vesi ohjataan Kuuslahteen. Kuuslahteen poistuvan veden määrä on noin 95m<sup>3</sup>/h. /9./

## 5 KUNNOSSAPITO

Laitteiden ja koneiden kunnossapidon taloudellinen merkitys on suuri. Jo pelkästään kunnossapitotyö sekä siinä käytetyt varaosat ja uudet komponentit ovat merkittävä kustannus, mutta vielä suuremmat kustannukset syntyvät, kun laitteet, koneet ja tuotantoprosessit eivät ole laiterikkojen seurauksena käytettävissä tai toimivat puutteellisesti. /10./

Ensisijainen kunnossapidon tehtävä on nykykäsityksen mukaan pitää laitteet jatkuvasti käyttökunnossa. Toki kunnossapitoon kuuluvat edelleenkin rikkoutuneiden laitteiden tai komponenttien korjaukset, mutta korjaustoiminta ei kuitenkaan ole kunnossapidon päätarkoitus. /10./

### 5.1 Kunnossapidon määritelmä

Kunnossapito on erilaisten asioiden, kuten esimerkiksi prosessien, koneiden, laitteiden ja rakennuksien pitämistä toimintakuntoisina siten, että ne toimivat luotettavasti, esiintyvät viat korjataan sekä ympäristö ja turvallisuusriskit hallitaan /11/.

SFS-EN 13306 -standardi määrittelee kunnossapidon seuraavasti: ”Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikejohdollisista toimenpiteistä, jotka tehdään varmistamaan, että kohteet ovat käytössä ja turvallisia, ja niiden elinajan odotetaan olevan mahdollisimman pitkä.”

sista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun tehtävän”. Tämä määritelmä on kaikenkattava, mutta sen perusteella toimintasuunnitelman laatiminen on hankalaa. RCM-menetelmän kehittäjän John Moubrayn määritelmä kunnossapidolle on paljon maanläheisempi. Hänen mukaansa kunnossapidon tavoitteena on varmistaa, että laitteet suorittavat sen toiminnon, jota käyttäjä niiltä odottaa, sillä suorituskykytasolla, jonka käyttäjä hyväksyy. /11; 12./

## 5.2 Kunnossapidon kehittyminen

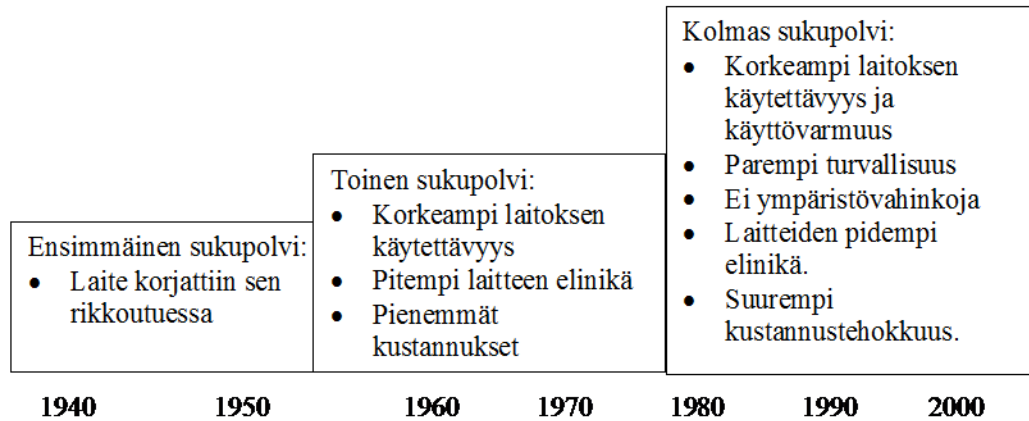
Kunnossapitoa on nähtävästi harjoitettu yhtä kauan kuin ihminen on käyttänyt ja rakentanut koneita. Varhaisin kunnossapito oli etupäässä vian esiintymisen jälkeistä huoltoa ja korjausta. Nykyään voidaan 1930-luvulta lähtien erottaa kunnossapidon kehityksestä kolme suurempaa kehitysvaihetta (kuva 2). Nämä eri kehitysvaiheet voidaan jakaa kolmeen eri sukupolveen. /11./

Ensimmäinen sukupolvi alkoi 1940-luvulla, jolloin teollisuus ei ollut vielä kovin korkeasti mekanisoitua, joten seisokkijaoillakaan ei ollut vielä niin suurta merkitystä. Laitteet olivat hyvin yksinkertaisia, ja niiden suunnittelussa oli käytetty paljon varmuuskertoimia, mikä teki koneista luotettavia ja helppoja kunnossapitää. Kyseiseen aikaan ei ollut tarvetta systemaattiseen kunnossapitoon ja myös taitovaatimukset olivat alhaisemmat kuin nykyään. Kunnossapito koostui yksinkertaisista puhdistuksista sekä huolto- ja voitelukierroksista. /13./

Toisen sukupolven aikaan 1950-luvulla koneiden määrä oli kasvanut huomattavasti ja ne olivat tulleet yhä monimutkaisemmaksi. Vaatimukset tuotannolle alkoivat kasvaa ja työvoimasta oli pulaa, mikä johti teollisuuden koneellistumiseen. Tuotanto alkoi tulla riippuvaiseksi koneista, ja näin ollen myös kiinnostus tuotantokatkoja aiheuttavia vikoja kohtaan kasvoi. Kyseinen seikka vaikutti vahvasti ennakkohuollon syntymiseen, mikä pääosin koostui 1960-luvulla määrääjain tapahtuvasta osien vaihdosta. Kunnossapitokustannukset alkoivat kohota suhteessa muihin käyttökustannuksiin, mikä johti kunnossapidon suunnittelu- ja ohjausjärjestelmien yleistymiseen. /13./

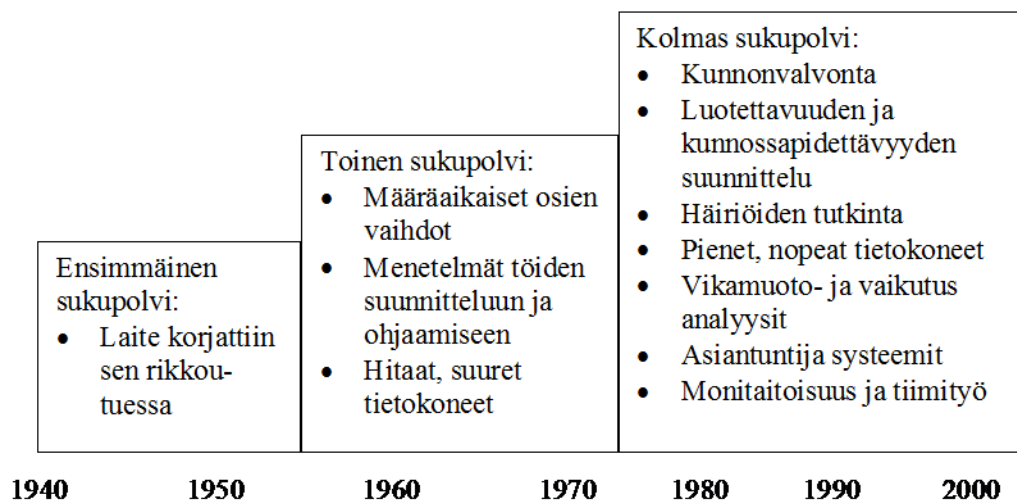
1970-luvun puolivälissä teollisuuden muutosnopeus saavutti kokonaan uuden vauhdin, josta kolmannen sukupolven katsotaan alkaneen. Kunnossapidolle asetetut odotukset

kasvoivat eikä enää riittänyt, että laite korjattiin sen rikkoutuessa. Kunnossapidon odotukset alettiin nähdä laajemmin. Nykyään laitteilta vaaditaan kunnossapidon ansiosta pidempää ja tehokasta elinikää. Niiden halutaan toimivan turvallisemmin ja ympäristöä vahingoittamatta sekä yhä kustannustehokkaammin. /13./



**KUVA 2. Kunnossapidolle asetetut odotukset /13/**

Kunnossapitoa koskevat tekniikat ja menetelmät ovat hurjassa kasvussa (kuva 3). Kunnossapitohenkilöstöllä onkin suuri haaste nykypäivänä uusien menetelmien oppimisessa ja päättämisessä niiden käyttökelpoisuudesta heidän tarpeisiinsa nähden, sillä viimeisen viidentoista vuoden aikana uusia menetelmiä on kehitetty satoja ja koko ajan syntyy uusia.



**KUVA 3. Kunnossapitomenetelmissä ja – tekniikoissa tapahtunut muutos /13/**

Yhtenä esimerkkinä uudesta menetelmästä on luotettavuuskeskeisen kunnossapidon eli RCM:n kehittäminen. Siinä verrataan laitteen tekemää toimintaa ja sille tehtyjä kunnossapitotoimenpiteitä keskenään pyrkien löytämään optimiratkaisu kaikki näkökohdat huomioon ottaen, kuten turvallisuus-, kustannustehokkuus ja ympäristönäkökohdat. /13./

### **5.3 Kunnossapitolajit**

Kunnossapitolajit voidaan jaotella monin eri tavoin lähteestä riippuen, mutta selkein tapa on käyttää seuraavaa jaottelua, jossa kunnossapidon toiminnoista tunnistetaan viisi pääalajia /11/:

- ehkäisevä kunnossapito
- parantava kunnossapito
- huolto
- korjaava kunnossapito
- vikojen ja vikaantumisen selvittäminen

#### **5.3.1 Ehkäisevä kunnossapito**

Ehkäisevässä kunnossapidossa seurataan kohteen suorituskykyä tai sen parametreja, minkä tavoitteena on vähentää vikaantumisen todennäköisyyttä tai laitteen toimintakyvyn heikkenemistä. Ehkäisevää kunnossapitoa tehdään vaadittaessa tai se on säännöllistä, jolloin kunnossapito on aikataulutettua tai jatkuvaa. Tulosten seurannan perusteella voidaan aikatauluttaa ja suunnitella kunnossapidon tehtäviä, joihin sisältyy tarkastaminen, määräystenmukaisuuden toteaminen, kunnonvalvonta, käynninvalvonta, vikaantumistietojen analysointi, testaaminen ja toimintakunnon toteaminen. Kunnonvalvonnassa kohteen todetaan olevan toimintakunnossa tai sen avulla etsitään oikeileviä vikoja. Kunnonvalvontaa voidaan suorittaa kohteen toimiessa tai seisokin aikana. /11./

### 5.3.2 Parantava kunnossapito

Parantavasta kunnossapidosta voidaan tunnistaa kolme pääryhmää. Ensimmäisessä pääryhmässä kohteen rakenne muuttuu, kun käytetään alkuperäisistä poikkeavia uusia osia tai komponentteja kuitenkin koneen suorituskykyä muuttamatta. Kyseiseen toimenpiteeseen kuuluu esimerkiksi vanhojen pumppujen korvaaminen taajuusmuuttajilla ohjattaviksi pumpuiksi. Erilaiset uudelleensuunnitelmat ja korjaukset muodostavat toisen pääryhmän, joilla parannetaan koneen epäluotettavuutta. Siinä on tarkoituksena muuttaa koneen toimintaa luotettavammaksi, eikä niinkään muuttaa suorituskykyä. Kolmannessa pääryhmässä kohteen suorituskykyä muutetaan eli kohdetta modernisoidaan. Usein modernisaation ohella uudistetaan koko prosessi. Esimerkiksi vanhentuneella jäähdytyslaitteella ei pystytä enää tuottamaan tarvittavaa jäähdytystehoa kustannustehokkaasti tai nykyvaatimuksia täyttäväksi. On siis järkevämpi uusia koko laitteisto, vaikka elinikää laitteella olisi vielä jäljellä. /11./

### 5.3.3 Huolto

Huoltotoiminnalla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia tai palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen. Huolto tehdään jaksotetusti määräväleihin, jotka määräytyvät käyttöajan tai -määrän mukaan, jossa otetaan huomioon käytön rasittavuus. Jaksotettu huolto koostuu toimintaedellytyksien vaalimisesta puhdistuksen, voitelun, huoltamisen, kalibroinnin ja kuluvien osien vaihtamisen avulla. Siihen kuuluu myös toimintakyvyn palauttaminen. Ehkäisevässä kunnossapidossa ja huollossa suoritetaan jonkun verran samoja toimenpiteitä, ja ne menevätkin osin päällekkäin. /11./

### 5.3.4 Korjaava kunnossapito

Korjaavassa kunnossapidossa kohteen käyttökunto palautetaan korjaamalla vikaantunut osa tai komponentti. Korjaavassa kunnossapidossa havaittujen osien tai komponenttien suoritusaikojen pohjalta voidaan laskea niiden elinaika ja näin ennakoida seuraava vikaantumisen ajankohta. Korjaava kunnossapito koostuu häiriökorjauksista, jotka ovat suunnittelemattomia sekä suunnitellusta kunnostamisesta. Korjaavaan kunnossapitoon sisältyy vian määrittäminen, tunnistaminen, paikallistaminen, vian korjaus sekä toimintakunnon palauttaminen. /11./

### 5.3.5 Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen

Vikaantumisen ja vikojen selvittämistä ei toistaiseksi ole mielletty osaksi kunnossapitoa, joten niitä ei ole käsitelty kunnossapidon standardeissa. Asiantuntijat ovat kuitenkin sitä mieltä, että vikahistorian ja riskianalyysin käyttö muodostavat erään tärkeimmistä kunnossapitoa ohjaavista toiminnoista. Viime vuosina niiden merkitys ja käyttö on kuitenkin kasvanut kunnossapidossa, ja niiden avulla on saavutettu toivottua edistystä kunnossapidon saralla. Vikojen ja vikaantumisen tutkimisella pyritään selvittämään vikaantumisprosessi sekä vikaantumisen perussy, jolloin tulosten perusteella voidaan suorittaa toimenpiteitä, joilla estetään vikaantumisen uusiutuminen. Vikaantumisen ja vikojen selvittämisen tavanomaisimpia menetelmiä ovat vika-analyysi, vikaantumisen selvittäminen, perussyiden selvittäminen, mallintaminen, materiaali-analyysit, suunnittelun analyysit ja vikaantumispotentiaalin kartoitukset tai riskien hallinta. /11./

## 6 YARAN KUNNOSSAPITO

Yaran LVI-kunnossapito on toteutettu viimeiset kymmenen vuotta ulkopuoliselta ostettuna palveluna, sillä LVI-tekniikan puolelta ydinosaamista ei yrityksen sisältä löydy, vaan se keskittyy prosessiteollisuuteen. Kunnossapitoa Yaran alueella on hoitanut Kuopion alueen kunnossapitoon keskittyneet yritykset, joista YIT Kiinteistötekniikka Oy sai LVI-huoltosopimukset vuoden 2011 alusta.

Aikaisemmin alueella kunnossapidosta vastannut yritys toimi Yaralla muutamia vuosia, mutta yhteistyössä ilmeni toimintaa haittaavia ongelmia koskien muun muassa töiden loppuun saattamista sekä sovittujen asioiden hoitamista ajallaan. Tämän johdosta kunnossapitopalveluiden tarjoajaa päätettiin vaihtaa ja hakea sitä kautta parempaa työn laatua, osaamista sekä suoritusvarmuutta. /14./

Yaralla LVI-laitekannan kunnossapito on toteutettu perinteisiä kunnossapitomenetelmiä käyttäen, jossa koko laitekanta käydään läpi huoltokierrosten yhteydessä. Huoltokierrokset toteutetaan järjestelmien osalta pääosin kaksi kertaa vuodessa, ja ne jakaantuvat kevät- ja syyshuoltoon. Huoltokierroksilla suoritetaan tarvittavat osien ja suodatimien vaihdot, venttiilien ja muiden komponenttien toimintojen tarkastukset sekä

muun muassa laakereiden voitelut. Huoltokierrokset pitävät sisällään myös laitteistojen kunnonvalvontaa, jossa seurataan prosesseja sekä kuunnellaan laitteistoja, ettei toiminta sisällä siihen kuulumattomia ääniä tai toimintoja. Fosforihappotehtaalla osa laitteista on todettu kriittisiksi tuotannon kannalta, ja niiden rikkoutuessa kyseisten laitteiden korjaustoimenpiteet on sovittu aloitettavan tietyn vasteajan kuluttua vikailmoituksesta.

Kunnossapitotoiminta vie fosforihappotehtaalla paljon aikaa ja tuottaa myös kustannuksia, kun koko laitekantaa käsitellään samanarvoisena eli ennakoivia toimenpiteitä tehdään koko laitekannalle. Osa laitteista on sellaisia, että ainoa järkevä muoto niiden ennakoivaan kunnossapitotoimintaan on kunnonvalvonta. Tällä ei kuitenkaan välttämättä säästetä haluttuja tavoitteita toimivuuden osalta, vaan vikaantuminen ilmaantuu valvonnasta huolimatta ja joudutaan turvautumaan korjaavaan kunnossapitotoimintaan. Jos laitteen rikkoontuminen ei kuitenkaan aiheuta haittaa tuotannolle, turvallisuudelle tai ympäristölle, se voitaisiin jo alun perin jättää ennakoivan kunnossapidon ulkopuolelle, jolloin kunnossapittoa saataisiin kevennettyä ja huollon kustannuksia pienemmäksi. RCM-kunnossapito tähtää juuri kyseiseen toimintamalliin, jossa ennakoivat toimenpiteet kohdennetaan kriittisille laitteille ja muut jätetään korjaavan kunnossapidon piiriin.

## **7 RCM-LUOTETTAVUUSKESKEINEN KUNNOSSAPITO**

Kuten jo aikaisemmin havaittiin, kunnossapito on kehittynyt valtavasti ja uusia menetelmiä ja tekniikoita sen suorittamiseen on syntynyt paljon. Kunnossapidosta on syntynyt merkittävä kilpailutekijä itse teollisuudelle, mutta myös kunnossapitopalveluja tarjoaville yrityksille. Toimivan kunnossapidon kautta turhat seisokit ja laitteistojen vikaantumiset saadaan minimoitua, mikä hyödyttää kunnossapitopalveluostajaa sekä palvelun tarjoajaa mahdollisina huoltosopimusten jatkumisena. RCM eli luotettavuuskeskeinen kunnossapitomenetelmä tarjoaa mahdollisuudet kunnossapidon suorittamiseen mahdollisimman luotettavasti ja kustannustehokkaasti.

### **7.1 Yleistä RCM-menetelmästä**

RCM-menetelmä tulee sanoista Reliability centered Maintenance. Menetelmä kehitettiin siviili-ilmailun tarpeisiin 1960-luvun loppupuolella, ja nykyään sitä on kokeiltu monella teollisuuden alalla ja siitä on tullut hyväksytty menetelmä. Yksi kunnossapi-



don perusongelmista on ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu. Kunnossapito-ohjelmat on jouduttu suunnittelemaan omien kokemusten sekä laitteiden valmistajien ohjeiden perusteella. Tästä johtuen kunnossapitoa ja etenkin ehkäisevää kunnossapitoa tehdään merkittävästi liikaa. RCM on siis menetelmä, jonka avulla pyritään tekemään mahdollisimman vähän kunnossapitoa vaarantamatta kuitenkaan laitteen tai laitoksen toimintaa. Perustana tässä menetelmässä on systemaattisuus, joka mahdollistaa kaiken turhan poisjättämisen ja keskittyy olennaiseen. RCM:ään kuuluu päätöslogiikkapuu, jonka avulla saadaan selville rakenteille sekä laitteille tehokkaat ja soveltuvat menetelmät ehkäisevää kunnossapitoa varten. Päätöslogiikkapuun avulla saadut tulokset perustuvat tunnistettuihin vikaantumismekanismeihin ja niiden aiheuttamiin vaikutuksiin turvallisuutta, taloutta ja käyttöä ajatellen. /10; 13./

John Moubray, jonka kirjoittama RCM II – kirja on noussut teollisuuden alan peruste-  
okseksi, on määritellyt RCM: n seuraavasti: ” A process used to determine the main-  
tenance requirements of any physical asset in its operating contexts.” Hänen mukaansa  
se on prosessi, jonka avulla määritellään kunnossapidon vaatimukset tuotanto-  
ominaisuudelle sen toimintaympäristössään. /10; 15./

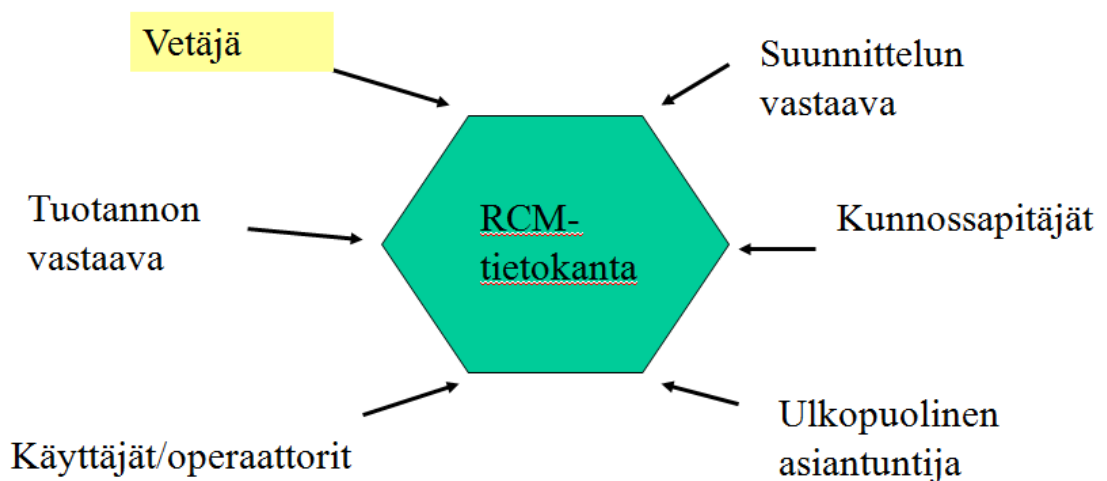
Moubrayn mukaan keskeisimmät RCM: n päämäärät ovat:

- Prosessin laitteiden priorisointi, jolloin kunnossapito kohdistuu laitteisiin, jois-  
sa sitä eniten tarvitaan. Yleisimmät priorisointikriteerit ovat turvallisuus, kus-  
tannukset, ympäristövaatimukset sekä laatu.
- Selvitetään laitteiden vikaantumismekanismit ja luodaan pohja oikeiden, te-  
hokkaiden kunnossapitomenetelmien käytölle.
- Kunnossapidon piiriin saatetaan sellaiset turva- ja rajalaitteet, jotka prosessin  
toimiessa ovat passiivisia.
- Laaditaan toimintaohjeet myös sellaisille laitteille, joille ei löydy tehokkaita  
ehkäisevän kunnossapidon menetelmiä vian ilmetessä.
- Laitteiden käyttökäyttöhenkilökunta oppii seuraamaan kriittisten komponenttien toi-  
mintaa. /15./

## 7.2 RCM-prosessin käynnistäminen

Ennen RCM:n soveltamista tarvitaan tietoa kohdelaitoksella olevista laitteista, joka vanhemmissa laitoksissa ja tehtaissa vaatii yleensä perusteellisen laitekannan määrittämisen. Tämä johtuu useasti siitä, että laitteistoa on vuosien ja jopa vuosikymmenten aikana pikkuhiljaa uusittu, jolloin osa laitteista on poistettu käytöstä ja osaa on uusittu sekä paranneltu niin merkittävästi, että ne ovat saaneet uuden käyttötarkoituksen ja palvelualueen. Tämän jälkeen voidaan tehdä päätökset, mitkä laitteista sopivat RCM-analyysin kohteiksi. /13./

Ensimmäisessä vaiheessa alettaessa soveltaa RCM:ää on valmistauduttava ja suunniteltava huolella, mikä käytännössä tarkoittaa analyysiin valittavien kohteiden valintaa, riittävien henkilöresurssien hankkimista analyysien läpiviemiseksi sekä mahdollisista investoinneista vastaavan vastuuhenkilön nimeämistä. Analyyseissä tarvittavaan ryhmään tulisi valita henkilöitä tehtaan kunnossapito- sekä käyttöhenkilökunnasta, jolloin saadaan paras kokonaisnäkemys analysoitavasta kohteesta, eri vikamuodoista ja niiden seurauksista. Jokainen ryhmän jäsen pitää kouluttaa RCM:n käyttöön, mutta tärkeintä kuitenkin on, että ryhmän jäsenet tuntevat kohteen hyvin. Kokonaisuudessaan ryhmän tulisi olla kuvan 4 kaltainen. /13./



**KUVA 4. Analyysiryhmän tyypillinen kokoonpano /12/**

Analyysiryhmä toimii koulutetun vetäjän valvonnassa, joka pitää huolta, että analyysi käydään kunnolla läpi, tulokset kirjataan huolellisesti ja että RCM-menettely ymmärretään ryhmän keskuudessa. /13./

### 7.3 RCM-prosessin läpivienti

RCM:n läpivienti koostuu seitsemästä pääaskeleesta. Askeleiden määrittelyssä on hieman eroavaisuuksia riippuen RCM-prosessin läpiviennin tulkitsijasta.

Pääaskeleet Moubrayn mukaan /15/:

1. Määritellään laitteiden tehokkuusvaatimukset ja toiminnot.
2. Määritellään toiminnalliset viat.
3. Selvitetään vikaantumismallit.
4. Selvitetään vian vaikutukset.
5. Määritellään vian seuraukset.
6. Määritellään ennakoivat toimenpiteet.
7. Määritellään korjaavat toimenpiteet.

Pääaskeleet Smithin mukaan /16;12/ ovat seuraavat:

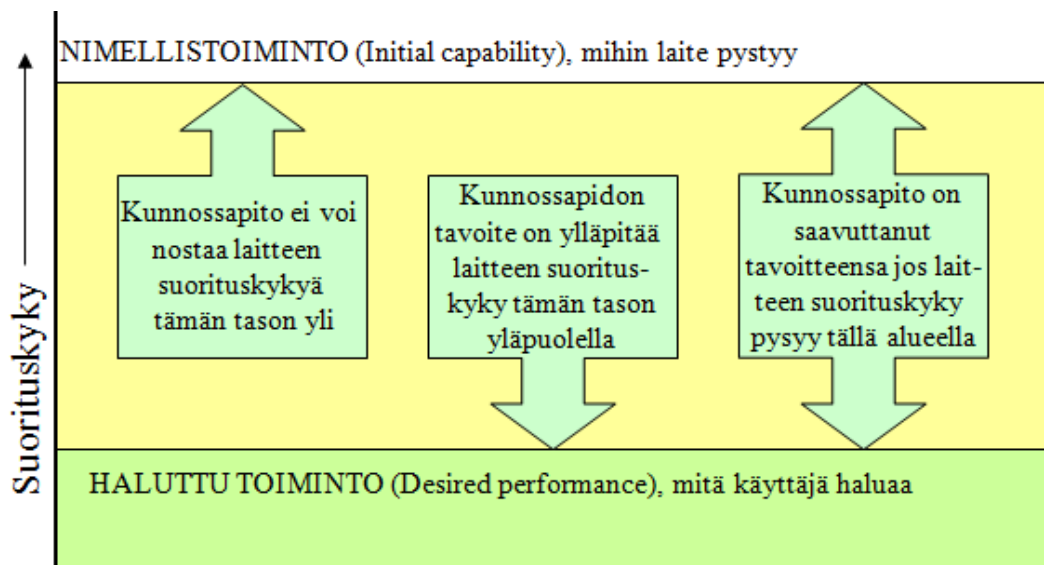
1. Kohdejärjestelmän valinta ja tarvittavan lähtötiedon kerääminen
2. Kohde- osajärjestelmän rajojen määrittäminen
3. Kohdejärjestelmän kuvaus ja toiminnallinen mallinnus
4. Jokaisen kohdejärjestelmän toimintojen ja toiminnallisten vikojen määrittäminen
5. Vikapuuanalyysi tai vika- ja vaikutusanalyysi
6. 1- tason päätöslogiikka-analyysi
7. Kunnossapitotoimenpiteen valinta

Tarkastellaan kuitenkin yksityiskohtaisemmin Moubrayn asettamaa etenemisjärjestystä, sillä askeleet ovat hänen määrittelemänä selkeämmät.

#### 7.3.1 Toiminnot ja suorituskykyvaatimukset

Ensimmäisessä vaiheessa määritellään jokaisen laitteen toiminnot ja suorituskykyvaatimukset niiden toimintaympäristössä. Suorituskykyvaatimuksella tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä, miten hyvin laite suoriutuu toiminnoistaan eli tarkastellaan esimerkiksi jäädytyskoneen osalta sen tehoa ja säädettävyyttä. Melkein kaikilla fyysisillä lait-

teilla on useampia toimintoja, joita sen pitää suorittaa käyttäjän haluamalla suorituskyvyllä, mikä asettaa omat vaatimukset kunnossapidolle (kuva 5). Vanhoille laitteille voi monesti olla hankala määrittää niiden toiminnot ja suorituskykyvaatimukset, jos niitä on useasti modifioitu ja muuteltu. Kun tiedetään, miten kukin laite toimii eli mitä laite tekee ja ymmärretään, miten käyttäjä haluaa laitteen toimivan ja suorituskyvyn olevan, on saavutettu ensimmäisen askeleen tavoite. /10./



**KUVA 5. Suorituskyky ja kunnossapidon roolit sen saavuttamiseksi /12/**

### 7.3.2 Toiminnalliset viat

Laitteilla on siis useita toimintoja, ja niille on asetettu erilaisia suorituskykyvaatimuksia. Jos laite ei pysty toteuttamaan käyttäjän siltä edellyttämää toimintoa haluamallaan suoritusasteella, voidaan todeta siinä olevan toiminnallinen vika. Toiminnalliset viat voivat olla osittais- ja kokonaisvikoja, jolloin laite toimii osittain saavuttamatta kuitenkaan minimisuorituskykyä tai se on kokonaan rikki. Laitteen suorituskyky voi ylittää tai alittaa halutun suorituskyvyn, joka on myös toiminnallinen vika. Tällöin puhutaan ylä- ja alarajavioista. /13./

### 7.3.3 Vikaantumismallit

Kunnossapidon perusedellytys on vikaantumismallien tuntemus eli tiedetään mekaniismi, jolla vikaantuminen tapahtuu. Vikaantuminen on tapahtuma, joka aiheuttaa vikatilanteen. Yksittäinen laite voi vikaantua monella eri tavalla, ja esimerkiksi jäähdytysjärjestelmää tarkasteltaessa vioittumistapoja on jo kymmeniä, ellei satoja. Useasti vikaantuminen havaitaan vikaantumisen jälkeen ja kunnossapidon tehtävä on korjata aiheutuneet vauriot. Vikaantumistapojen tunnistaminen ja analysointi mahdollistaa vikaantumisen ennaltaehkäisyn tai korjauksen suunnittelun ennen vikaantumista. Kun vioittumistapa on selvitetty, voidaan sen vaikutukset arvioida ja päättää, mitä pitää tehdä tilanteen ennakoinniseksi, tunnistamiseksi, estämiseksi tai korjaamiseksi. /13./

### 7.3.4 Vian vaikutukset

Vioittumistapojen vaikutuksia arvioidaan, sillä tätä kautta saadun tiedon perusteella päätetään, tarvitaanko kohteeseen ennakoivaa kunnonvalvontaa. Jotta vioittumisen seurauksia pystytään arvioimaan, täytyy vaikutusten kuvaus olla riittävän tarkka. Vaikutuksia määritettäessä täytyy käydä läpi, millaisia riskejä vioittuminen aiheuttaa, miten se vaikuttaa toimintaan, mitä konkreettisia vahinkoja vikaantuminen aiheuttaa sekä miten havaitaan, että vioittuminen on tapahtunut. Kaikki viat eivät kuitenkaan vaikuta tuotantoon, mutta silti niiden vaikutukset tuotantoon tulee määrittää seurausten vakavuuden arvioimiseksi. /13./

### 7.3.5 Vian seuraukset

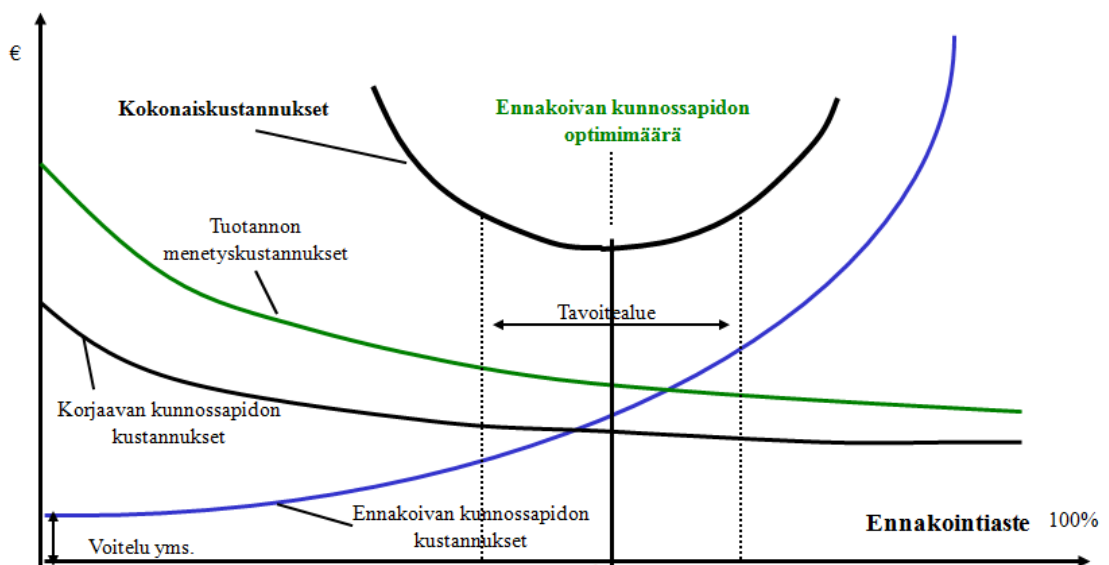
Laitteiden tai komponenttien vioittuminen vaikuttaa aina jollain tavalla organisaation toimintaan, kuten tuotannon laatuun, asiakaspalveluun, ympäristöön, turvallisuuteen ja kustannuksiin. Osa vikaantumisista ei näyttäisi vaikuttavan juuri kyseisellä hetkellä mitenkään, mutta ne voivat lisätä vakavampien vikaantumisien mahdollisuutta. Vikaantumisia voidaan arvioida seurausten vakavuuden perusteella, jolloin seurausten ollessa vakavia pyritään keksimään keinot niiden ennalta ehkäisemiseksi. Vioittumisen seuraukset voidaan jakaa kahteen kategoriaan: näkyviin ja piileviin seurauksiin. Näkyvä toiminto on sellainen, jonka käyttäjä huomaa normaalioloissa heti. Esimerkiksi jäähdytyksen sisäyksikkö ei toimi toivotulla tavalla ja huonelämpötila kohoaa. Piilevä toiminto on tapahtuma, jolloin vikaantumista ja sen seurausta ei havaita normaali

olosuhteissa. Esimerkiksi lämmitysjärjestelmän varapumppu ei käynnistykään pääpumpun hajottua. /13./

Näkyvät toiminnot jaetaan vielä kolmeen ryhmään niiden seurausten vakavuuden perusteella. Ensimmäisen ja tärkeimmän ryhmän muodostavat ympäristö- ja turvallisuusseuraukset. Turvallisuusseuraukset voivat johtaa loukkaantumisiin tai jopa kuolemaan ja ympäristöön kohdistuvat seuraukset ovat tapahtumia, jotka rikkovat ympäristöstandardia tai – säädöstä. Toinen ryhmä koostuu toiminnallisista seurauksista, jotka vaikuttavat tuotantoon tai yrityksen muihin toimiin. Viimeisenä ryhmään kuuluu ei-toiminnalliset seuraukset, jotka eivät aiheuta seurauksia edellisiin ryhmiin, vaan ne aiheuttavat lähinnä korjauskustannuksia. /13./

#### 7.4 Kunnossapitotoimenpiteiden valinta

Vika- ja vaikutusanalyysien (VVA) pohjalta voidaan aloittaa kunnossapidon suunnittelu ja valita sopiva huoltotoimenpide. Kun vikaantumismallit ja vikojen seuraukset on saatu selville sekä huoltotoimenpide valittu, on mahdollista luoda kunnossapito-ohjelma. /10/. Kunnossapitoa voidaan toteuttaa ennakoivien sekä korjaavien toimenpiteiden avulla. On kuitenkin huomattava, että korjaava kunnossapito on väistämätöntä, jota ei voida välttää. Ehkäisevän ja korjaavan kunnossapidon väliselle suhteelle voidaan kuitenkin löytää taloudellinen optimi, joka on merkittävä näkökohta yrityksen kunnossapitostrategiaa määrittäessä (kuva 6). /17./



KUVA 6. Ennakoivan kunnossapidon vaikutus kokonaiskustannuksiin /12/

#### **7.4.1 Ennakoivat toimenpiteet**

Vian ollessa jollakin tavalla ennustettavissa mittausten, käyttökokemusten tai muiden tietojen perusteella käytetään ennakoivia toimenpiteitä. Ne sisältävät kuntoon perustuvan kunnossapidon sekä jaksotetun kunnossapidon toiminnot, joka jakaantuu vielä määräaikaiseen huoltoon sekä määräaikaiseen komponenttien vaihtoon. /10./

#### **7.4.2 Korjaavat toimenpiteet**

Jos vikatapauksissa teknisesti hyväksyttäviä ja järkeviä ennakoivia toimenpiteitä ei löydy, vikatilanteessa joudutaan käyttämään korjaavia toimenpiteitä. Tämä kuitenkin edellyttää, että piileväkään vika ei saa aiheuttaa ympäristö- tai turvallisuusriskiä. Korjaaviin toimenpiteisiin kuuluu säännölliset tarkastukset, uudelleensuunnittelu sekä korjaava kunnossapito. /13./

### **7.5 Kevennetty RCM**

RCM-prosessi on huomattu tehokkaaksi ja toimivaksi tavaksi systemaattiseen kunnossapidon kehittämiseen, mutta sen läpivieminen vaatii jo alkuvaiheessa suurta panostusta ennen kuin varsinaista kunnossapitosuunnitelmaa päästään tekemään. Tämä on osaltaan johtanut siihen, että varsinkin vanhoissa, teollisuuskäytössä olevissa laitoksissa menetelmä on koettu liian raskaaksi. Kyseiseen ongelmaan on kuitenkin kehitetty erilaisia tapoja, joilla RCM:n tekemistä voidaan helpottaa. Ne kaikki perustuvat siihen, että erilaisilla valintamenettelyillä, kuten työvaiheita standardoimalla, vähennetään RCM-tarkasteluun tulevien kohteiden määrää ja sitä kautta pienennetään työtaakkaa. /10./

RCM-analyysiä voidaan esimerkiksi nopeuttaa tekemällä laitteiden kriittisyyskartoitusta ennen varsinaisen analyysin tekemistä, mikä onkin varsin yleisesti käytetty menetelmä. Kriittisyysanalyysin jälkeen voidaan RCM-prosessia soveltaa vain jonkun määritellyn kriittisyystason ylittävälle laitteille. /10./

Kyseisiä menettelytapoja on monissa yhteyksissä kuitenkin kritisoitu siitä, ettei tulos olisi välttämättä yhtä hyvä ja luotettava kuin perusteellisesti läpiviety RCM-prosessi. Tämän kaltainen soveltaminen ei varmasti olekaan järkevää, jos ajatellaan kriittisimpiä kohteita, kuten ydinvoimaloita ja lentokoneita. /10./

## 7.6 Kriittisyyskartoitus

Kuten jo aikaisemmin käy ilmi, kriittisyyskartoitusta voidaan käyttää keventämään ja nopeuttamaan RCM-prosessia, ettei työmäärä kasva kohtuuttomaksi suhteessa hyöty-potentiaaliin. Kunnossapitosuunnitelmassa kriittisyyskartoitusta käytetään lähtötiedon tuottamiseen ja lisäksi sitä voidaan käyttää esimerkiksi hankintavaiheen tukena määriteltäessä hankittavan kriittisen laitteen ominaisuuksia, laatutasoa ja vastaanottokriteerejä.

Laitteita koskevasta kriittisyyskartoituksesta on olemassa kotimainen standardi PSK 6800, minkä mukaan kriittisyys on ominaisuus, joka kuvaa kohteeseen liittyvän riskin suuruutta. Laitteen toiminnan estyessä siihen saattaa liittyä riski, että vikaantuminen aiheuttaa henkilöiden loukkaantumisen, merkittävän aineellisen vahingon, tuotannon menetyksen tai muun ei hyväksytyin seurauksen. Riskin suuruus määritellään vikaantumisen vaikutuksen ja sen toteutumisen todennäköisyyden tulolla, jonka perusteella voidaan todeta kohteen olevan kriittinen, jos siihen liittyvä riski ei ole hyväksyttävällä tasolla. Laitteen kriittisyystasoon vaikuttavat turvallisuus- ja ympäristötekijät, tuotantovaikutukset sekä korjaus- ja seurauskustannukset. /10./

Kriittisyysanalyysia tehtäessä ensimmäisessä vaiheessa määritellään tarkasteltava alue, eli onko kyseessä koko tehdas, joku sen osasto tai muu erikseen rajattu kohde. Jos tarkasteltavaksi alueeksi valikoituu laaja kokonaisuus, voi olla tarpeen määritellä osastokohtainen painoarvo tuotannon menetykselle. Näin saadaan selville eri osastojen väliset erot kriittisyyskertoimia määriteltäessä. Kun eri osastojen väliset painoarvot on saatu selvitettyä ja kriittisimmät osastot kartoitettu, voidaan varsinainen laitekohtainen kriittisyysanalyysi tehdä näille tiloille työryhmäarviointina. PSK 6800:n mukaan laitteiden kriittisyyskartoituksessa arvioidaan niiden vikaväliä, tuotannon menetyksiä, ympäristö- ja turvallisuusvaikutuksia sekä laatu- ja korjauskustannuksia (LIITE 4). /10./



Tarkasteltaessa RCM-kunnossapidon sopivuutta esimerkiksi fosforihappotehtaan kunnossapitomenetelmänä saadaan kriittisyyskartoituksen pohjalta hyvää pohjatietoa, miten kunnossapito kannattaisi kohdentaa. Alustavan kriittisyysanalyysin pohjalta saatujen tietojen perusteella voidaan nykyistä kunnossapitoa verrata kriittisyyskartoituksen antamiin tuloksiin eli vastaako nykyinen kunnossapito selvitettyjen kriittisten laitteiden ja tilojen vaatimuksiin.

## 8 TULOKSET

Opinnäyteyössäni asetetut tehtävät saatiin toteutettua fosforihappotehtaalla. Olemassa oleva laitekanta (LIITE 1) saatiin määritettyä ja kriittisyyskartoitusta (LIITE 2) laadittua. Näiden ohella laitteista laadittiin myös sijaintikartta (LIITE 3) huolto- ja kunnossapitotoimintojen helpottamiseksi.

Järjestelmien ja laitteiden määrittämisen tuloksena saatiin tehtyä laitelistat, vaikka täysin kattavia tietoja laitteista ei pystytty saamaan. Tämä johtui laitekannan vanhasta iästä ja vallitsevista olosuhteista, sillä laitekilvet olivat hävinneet tai tiedot kuluneet pois korroosion sekä syövyttävien ainesosien vaikutuksesta. Valmiita laitelistoja voidaan kuitenkin nyt helposti huoltotoimenpiteiden yhteydessä päivittää puuttuvien tietojen osalta. Laitelistojen sisältämien tietojen avulla voidaan esimerkiksi laitteen rikkoutuessa tilata vastaava tuote heti eikä sitä koskevia tyyppitietoja tarvitse erikseen lähteä etsimään. Taloudellisesti tämä tuo säästöä turhien käyntien työtuntien ja kilometrikorvausten osalta. Excel-pohjiin laaditut laitelistat pystytään liittämään SAP-käyttöjärjestelmään, jota kautta ne osaltaan helpottavat töiden tilauksia ja kunnossapidon seuranta.

Järjestelmiä koskevan kriittisyyskartoituksen osalta tärkeimmät ja kriittisimmät laitteet löytyivät. Kriittisyyskartoitusta osoitti sähkökeskusten sekä instrumenttitilojen olevan kriittisimpiä kohteita LVII-järjestelmien osalta. Etenkin jäähdytyksen merkitys lämpökuormien poistolla näissä tiloissa on suuri, ja näiden vikaantuminen aiheuttaa suuren riskin tuotannolle sekä turvallisuudelle.

Opinnäytetyön osana luotu laitekartta helpottaa asentajia, jotka suorittavat kunnossapitotoimenpiteitä, sillä tottumattomalle liikkuminen sokkelomaisessa tehtaassa voi tuottaa hankaluuksia. Kerroskohtaisen laitekartan avulla laitteita ei tarvitse etsiä ja

turha kuljeskelu tehdasalueella jää pois. Tämä lisää työntekijöiden turvallisuutta sekä kasvattaa työn tehokkuutta, kun laitteiden etsimiseen ei kuluteta enää työaikaa.

Opinnäytetyönä tehty fosforihappotehtaan laitekannan määrittäminen hyödyttää sekä YIT Kiinteistötekniikka Oy:tä että Yaraa. Uutena huoltokohteena YIT:lle on tärkeää, että kohteen järjestelmät ja laitteet ovat ajan tasalla, joille kunnossapitoa pitää suorittaa. Näin tiedetään tarkasti huollettavat kohteet eikä yllätyksiä tule, jotka voisivat hankaloittaa ajallisesti muiden huoltokohteiden hoitamista. Yaran osalta laitekannan määrittäminen ja kriittisyyskartoitus antaa selville olemassa olevista laitteista sekä mahdollisista ongelmakohdista, joista voi olla haittaa tuotannolle, turvallisuudelle ja ympäristölle. Kriittisyyskartoituksen ja nykyisen, perinteisen kunnossapidon pohjalta nähdään myös se, että kunnossapidon kohdentamista voitaisiin miettiä uudelleen.

## 9 POHDINTA

Opinnäytetyön toisena osa-alueena ollut kunnossapidon vertailu perinteisen ja RCM-kunnossapidon välillä tuntui aluksi hankalalta, sillä ammattikorkeakoulussa käytyihin opintojaksoihin ei kunnossapito kuulunut, joten tietopohja aiheesta oli hyvin suppea. Aiheeseen tutustuttuani voin hyvin ymmärtää, että perinteisen kunnossapidon malliin tottuneet yritykset eivät mielellään itse lähde muuttamaan vanhaa järjestelmää vaan kilpailuttavat kunnossapidon entiseltä pohjalta sopimuskauden päättyessä uudelleen. Perustan oletukseni siihen, että kunnossapidon uudet strategiat ja kehittäminen vaativat melko hyvää perehtymistä ja usein tällainen syvemmän tietämyksen hankkiminen on työn takana eikä aika yrityksen sisällä yksinkertaisesti riitä tehdä sitä itse.

Niinpä kunnossapitoa ostavat asiakkaat ovat usein kunnossapitoa tarjoavien yritysten varassa, jos ajatellaan uusien strategioiden käyttöönottoa. Monet kunnossapitoa tarjoavat yritykset tyytyvät kuitenkin jo siihen, että huoltosopimus saadaan allekirjoitettua eikä välttämättä ajatella tulevaisuutta. Kunnossapitostrategioiden huolellinen suunnittelu ja kehittäminen hyödyttävät kuitenkin molempia osapuolia, työn tilaajaa sekä tarjoajaa. Tätä kautta asiakas saa rahoilleen parempaa vastiketta ja kunnossapidosta vastaavan yrityksen huoltosopimusta jatketaan mahdollisesti tulevaisuudessakin. Minun mielestäni tämän opinnäytetyön teettäminen kyseisestä aiheesta osoittaa, että YIT Kiinteistötekniikka Oy haluaa palvella asiakkaitaan hyvin ja tarjota heille eri ratkaisumalleja onnistuneen kunnossapidon toteuttamiseksi.

Huoltokohteena olevat teollisuuslaitokset, kuten fosforihappotehdas, sisältävät yleensä LVII-järjestelmien puolesta suuren ja monipuolisen laitekannan. Tämä onkin hyvin tavallista niissä laitoksissa, joissa on prosessitilojen lisäksi toimistoja ja muita toisistaan poikkeavia tiloja, jotka vaativat käyttötarkoituksensa puolesta erilaista LVII-tekniikkaa. Kunnossapidettäviä laitteita on siis paljon, ja se tuo mukanaan haasteita kunnossapidosta vastaavalle yritykselle. Perinteisesti toteutettu kunnossapito käsittää yleensä kaksi huoltokertaa, jossa laitekanta käydään läpi syksyllä ja keväällä. Huoltokierrokset sisältävät suodattimien sekä hihnojen vaihdon, laakereiden voitelun ynnä muun sellaisen lisäksi aika paljon kunnonvalvontaa, joka ei tietenkään näy asiakkaille varsinaisena suorituksena, ja se saattaa antaa asiakkaalle kuvan, että huoltoja ei toteuteta asianmukaisesti tai huolto on tuloksetonta. Huolto on kuitenkin suoritettava edellisen mallin mukaan, jos halutaan, että koko laitekanta käydään läpi, sillä satoja laitteita sisältävän järjevä kunnossapito olisi muutoin mahdotonta ajallisesti saati taloudellisesti.

Kunnossapitotoimintaa voidaankin kehittää ja tehostaa perinteisestä luomalla uudenlainen kunnossapitostrategia. Kyseiseen toimintaan tähtää myös opinnäytetyössä käsittelemäni RCM-kunnossapito, joka mielestäni palvelisi fosforihappotehtaan kunnossapitoa hyvin. Siinä kunnossapito kohdistettaisiin tehtaan kriittisiin laitteisiin, jotka ilmenivät kriittisyyskartoituksesta ja kunnossapidossa panostettaisiin niiden käyttövarmuuteen. Kriittisyyskartoitus antaa mahdollisuuden kunnossapidon kohdentamiseen sitä oikeasti tarvitseville laitteille. Esimerkiksi katolla sijaitsevat, tarkistuksen varassa olevat huippumurit, poistopuhaltimet ja muut tehtaan ei niin kriittiset laitteet voitaisiin jättää pois huoltokierroksesta. Näin ne jäisivät korjaavien toimenpiteiden piiriin ja niistä säästetty aika ja raha voitaisiin siirtää kriittisille laitteille, joiden toiminta varmistetaan ennakoivien toimenpiteiden avulla. Kyseinen malli toisi hyötyä molemmille osapuolille. Yaran puolelta kriittisten laitteiden toimintavarmuus lisääntyy ja riski suuremmasta, tuotantoa vahingoittavasta vikaantumisesta pienenee, ja YIT Kiinteistötekniikka Oy hyötyisi ajankäytön lisäksi ennakoivien toimenpiteiden kasvaessa lisääntyvän varaosamyynnin myötä.

Perinteisessä kunnossapidossa vikaistoriatiedoilla ei ole ollut niin suurta painoarvoa, mutta nykyään uusien kunnossapitostrategioiden myötä niiden merkitys osana ennakoivaa kunnossapitoa on alkanut kasvaa. Myös RCM pohjautuu osaltaan näihin tietoi-

hin. Useissa kunnossapitokohteissa laitteessa tai sen vieressä roikkuu vihko tai resuinen paperilappu, johon huoltotoimenpiteet on kirjattu. Tiedot niissä ovat usein puutteellisia ja huoltomiehen käsialasta riippuen niiden luettavuus voi olla heikko. Vikahistoriatietojen avulla voidaan saada arvokasta tietoa ennakoivan kunnossapidon suunnittelua varten. Niistä voidaan nähdä vikaantumisvälit sekä vikaantumisherkät komponentit ja arvioida vikaantumisen syytä.

Työssäni esitelty RCM-kunnossapito vaatii kuitenkin paljon ponnistuksia ja prosessin aloitus on aikaa vievää, jos se otetaan käyttöön kokonaisuudessaan. Mielestäni olisi hyvä laittaa asia hautumaan, ja siirtymisajalla kohti RCM-kunnossapitoa alkaa jo kerätä vikahistoriatietoja kriittisten laitteiden osalta. Siirtymisen RCM-kunnossapitoon voisi toteuttaa vaikka sopimuskauden päätyttyä, jolloin vikatietoja kriittisistä laitteista on varmasti kertynyt jo riittävästi kattavan kunnossapitostrategian tekemiseksi. Kyseinen menetelmä sopisi hyvin yhteen myös Yaran ja YIT:n turvallisuuspainotteiseen työskentelyyn, jolla on suuri painoarvo yritysten toiminnassa. Jos kävisi kuitenkin niin, ettei RCM-kunnossapitoon siirryttäisi, vikahistoriatietojen keruu ei mene hukkaan, sillä niistä saadaan taloudellista hyötyä. Kunnossapitoyrityksen arvo sopimus-kumppanina nousee tietopohjan takia, ja sitä voidaan hyödyntää myös muissa kohteissa.

Osana RCM-menetelmään kuuluu ennakkohuoltokategoriat, joista yksi on uudelleen suunnittelu. Laitekannan määrittystä ja kriittisyyskartoitusta tehdessäni tuli ilmi laitteita sekä järjestelmiä, joiden kohdalla uudelleen suunnittelu voisi olla tarpeellista, koska ne oleellisesti liittyvät henkilöstön turvallisuuteen sekä tuotannon käynnissä pysymisen turvaamiseen. Kyseiset tarpeet koskevat käyttövesi-, jäähdytys- ja ilmanvaihtojärjestelmiä.

Lämmin käyttövesi tehdään Akvatermin lämminvesivaraajassa, jossa lämpöä kuljettavana aineena on vesi-glykoli-seos ja käyttöveden lämmitys tapahtuu varaajassa olevassa kierukassa. Kyseinen käyttöveden lämmitystapa on kuitenkin Suomen rakennusmääräyskokoelman mukaan määräysten vastainen, sillä glykoli voi vuotamalla tai diffuusion johdosta siirtyä putken seinämän läpi ja saastuttaa veden. Lämmönsiirto tulisi toteuttaa siten, että lämpö tuodaan varaajalle omaan lämmönluovutuspiiriinsä, josta se siirtyy vaarattoman väliaineen kautta edelleen käyttöveteen esimerkiksi kierukan avulla.

Käyttövedessä oleva makuhaitta aiheuttaa sen, että juomapisteiden yhteyteen on jouduttu laittamaan suodatinpatruunoita veden puhdistamista varten. Suodatinpatruunat on huoltojen yhteydessä vaihdettava, mikä aiheuttaa kustannuksia suodatinpatruunoiden suuren lukumäärän vuoksi. Vedenlaadussa oleva vika tulisi selvittää vedenlaatu- tutkimusten avulla, joiden johdosta mahdollinen ongelma-kohta saataisiin selvitettyä. Selvityksessä tulisi tutkia onko vedessä havaittu makuhaitta jo vesilaitokselle tullessa vai aiheutuuko se vasta veden puhdistuksen jälkeen vai liukeneeko putkistoista mahdollisesti jotain makua heikentäviä ainesosia. Vedenlaatu- tutkimusten aiheuttamat kustannukset maksaisivat itsensä melko pian takaisin, jos ongelma saadaan paikallistettua ja suodatinpatruunoiden käyttö lopetettua.

Sähkötilojen jäähdytystä palvelevat kylmäkoneiden sisäyksiköt vaatisivat osaltaan uudelleen suunnittelua ja laitteiden uusimista. Voimalaitoksen puoleisessa päädyssä, toisessa kerroksessa, sijaitsevan sähkökeskuksen jäähdytyksen sisäyksiköt on sijoitettu kattoon, sähkökaappien päälle. Tämä muodostaa suuren vaaran tuotantoa sekä turvallisuutta ajatellen. Kondenssiveden viemärointi on hoidettu asianmukaisella tavalla, mutta viemärin tukkeutuminen tai kondenssiveden liika tuotto saattaa aiheuttaa tulvivaaran, joka laitteiden sijoituksen takia saattaa valua sähkökaappien päälle. Tämä saattaa pahimmassa tapauksessa johtaa tuotannon pysähtymiseen tai luoda turvallisuusriskin henkilökunnalle. Jäähdytyksen päätelaitteet tulisikin sijoittaa turvallisemmille paikoille esimerkiksi lattia-asenteisia sisäyksiköitä käyttäen tai jäähdyttää tila tuloilman avulla suorahöyrytystä käyttäen. Kylmäaineena fosforihappotehtaan jäähdytysjärjestelmissä on käytetty pääsääntöisesti R407C:tä paitsi yhdessä kylmäkoneessa, joka palvelee neljännen kerroksen sähkökeskusta jäähdyttävää KOK-3:ta, jossa kylmäaineena on R22. Se on tunnetuin HCFC-kylmäaine, jota on yleisesti käytetty muun muassa ilmastoinnin jäähdytyskoneissa. HCFC-kylmäaineet ovat kuitenkin voimakkaita kasvihuonekaasuja, ja uusien HCFC-kylmäaineiden käyttö on ollut kiellettyä 1.1.2010 alkaen. Talteen otettua, puhdistettua ainetta saa kuitenkin käyttää 31.12.2014 saakka. Aine on kuitenkin poistumassa markkinoilta ja laite on muutenkin jo aika vanha, joten tilalle olisi syytä hankkia uusi kylmäkone kiertoilman jäähdytystä varten.

Fosforihappohan ei sinänsä ole mahdollottoman vaarallinen aine eikä tehtaalla tarvitse käyttää suoja-aineita, jos itsestä ei tunnu siltä. Huomasin kuitenkin tehtaan puolella liik-

kuessani hengitysteiden sekä silmien ärsyntyä, ja muutkin huoltotoimenpiteitä suorittavat, jotka eivät vakituisesti kyseisessä paikassa työskentele, olivat tunteneet samoin. Tästä voisi päätellä, että pitempään prosessialueella työskennellessä epäpuhtaudet saattavat aiheuttaa terveydellisiä ongelmia. Ilmassa olevat epäpuhtaudet saattavat johtua riittämättömästä ilmanvaihdosta, joka on asia, mikä pitäisi selvittää. Kyseistä ongelmaa kannattaisi lähteä selvittämään esimerkiksi työterveyslaitoksen kautta, joka mittaisi prosessialueen epäpuhtaudet, jotka ärsytystä aiheuttavat, ovatpa ne sitten fosforihapon tai sen valmistuksessa käytettävien aineiden epäpuhtauksia ja haitallisia höyryjä. Ärsytystä aiheuttavien aineiden selvittyä voitaisiin tehtaalle asentaa näiden pitoisuuksia mittaavia laitteita ja mahdollisesti ohjata näiden kautta katolla sijaitsevia poistoilmapuhaltimia sekä huippuimureita. Tämä palvelisi myös poistoilmalaitteiden kunnonvalvontaa, koska tämän jälkeen pitoisuuksien noustessa voitaisiin olettaa poistoilmalaitteiden olevan joltain osin epäkunnossa, ilman että ne käydään huoltojen yhteydessä tarkastamassa kaksi kertaa vuodessa. Pitoisuuksien seurannalla ja hallinnalla olisi positiivinen vaikutus työterveydenkin saralla.

Vanhan laitoksen ollessa kyseessä tiedetään, että korjattavaa sekä uusittavaa laitekantaa on paljon ja taloudellisesti se tarkoittaa melko suuriakin panostuksia. Uudistuksista voi kuitenkin olla hyötyä myös taloudellisesti. Fosforihappotehtaassa on paljon ilmanvaihtoa palvelevia puhaltimia, joista osa on hihnäkäyttöisiä. Kannattaisikin miettiä, tulisiko nämä hihnäkäyttöiset puhaltimet vaihtaa suoraikäyttöisiin. Kyseisistä uudistuksista on saatu kokemusta muistakin kohteista, ja on havaittu, että energiansäästöllisesti uudistus on ollut järkevä. Siirtyminen suoraikäyttöisiin puhaltimiin lisää myös käyttövarmuutta, huoltovapautta ja kunnossapidon turvallisuutta.

Opinnäytetyötä tehdessäni olen saanut tutustua monipuoliseen LVII-järjestelmien laitekantaan sekä kunnossapitoon kokonaisuudessaan. Kunnossapito tulee varmasti kehittymään jatkossakin, ja uusia kunnossapitostrategioita luodaan lisää kilpailun kiristyessä. Olen kuitenkin sitä mieltä, että palveluna ostetun kunnossapidon onnistumisen lähtökohtana on hyvä vuorovaikutussuhde tilaajan ja palvelun tarjoajan välillä. Hyvin suunniteltu ja toteutettu kunnossapito vaatii tiivistä yhteistyötä, jonka tuloksena saadaan taloudellista hyötyä molemmille osapuolille sekä pidetään turvallisuutta, ympäristöä ja tuotantoa koskevat riskit matalina. Tätä RCM-kunnossapito mielestäni on.

## LÄHTEET

1. Yara country homepage. WWW-dokumentti. <http://www.yara.fi>. Päivitetty 21.2.2011. Luettu 23.2.2011
2. Yara Suomi Oy. Yleisesittely, Siilinjärven tehtaat. Power Point-esitys. 2010.
3. Kuivasaari, Tapio. Tärkein mineraali maailmassa. Geologian tutkimuskeskuksen uutislehti. 1/2010.
4. Lindberg, Teemu. Fosforihappo- ja lannoitetuotanto. Power Point-esitys. 2008
5. Työterveyslaitos. OVA-ohje, fosforihappo. <http://www.ttl.fi/ova/fosforih.html>. Päivitetty 13.01.2011. Luettu 22.1.2011.
6. Seppänen, Olli, Seppänen Matti. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka, neljäs painos. Espoo: SIY Sisäilmätieto Oy. 2007.
7. Asikainen, Veijo. Sähköpostikeskustelu 15-25.2.2011.
8. Suomen rakentamismääräyskokoelma, D1. Helsinki: Ympäristöministeriö. 2007.
9. Torssonen, Jouni. Sähköpostikeskustelu 16-18.2.2011.
10. Mikkonen, Henry. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki: Kunnossapitoyhdistys, promaint. 2009.
11. Järviö, Jorma. Kunnossapito. Helsinki: Kunnossapitoyhdistys ry. 2006.
12. Mäki, Kari. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito -RCM. Jyväskylän ammatti-korkeakoulu, opintomateriaali. 2006.
13. Järviö, Jorma. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Hamina: Kunnossapitoyhdistys ry. 2000.
14. Kähkönen, Ossi. Rakennuttaminen ja työmaavalvonta. Yara. Puhelinkeskustelu 14.3.2011.
15. Moubray, John. RCM II, Reliability-centered Maintenance, second edition. Enlanti: Industrial Press. 1997
16. Smith, Anthony, Glenn, Hinchcliffe. RCM, Gateway to world class maintenance. Yhdysvallat: Elsevier Inc. 2004.

17. Aalto, Heikki. Kunnossapitotekniikan perusteet. Loviisa: Kunnossapitoyhdistys ry. 1994.



## Fosforihappotehtaan laitelistat --&gt; vanha puoli

Lämmitys						
Sektori	Kerros	Tehtaan koodi	Laite	Malli	Muita tietoja	Palvelualue
C	3	?	Lämmönsiirrin	Alfa laval M15 BFM8	320,9l	Fos.happo.vanha
C	3	FV901	Pumppu P01			
	3		Moottori	ABB Motors M2AA 160M		Lämmitysverkoston pääpumppu
C	3	FV901	Pumppu P02			
	3		Moottori	ABB Motors M2AA 160M		Lämmitysverkoston varapumppu
C	3	FV902	Kiertopumppu	Kolmeks AKN-100/4N		Kiertopumppu,kesä->proses. IV
	3		Moottori	OKN-112E2		
C	3	FV903	Kiertopumppu	Kolmeks AKN-100/4N		Kiertopumppu,talvi->proses.IV
	3		Moottori	OKN-112E2		
C	3	?	Kalvopaisunta-astia	ZILMET 130-CAL-PRO	250l	
C	3	?	Kalvopaisunta-astia	ZILMET 130-CAL-PRO	250l	
C	3	FH339	Lämmitysverkon pain.korotus			
C	3		Pumppu	Kolmeks MVV2-50		
C	3		Moottori	DCSKh 71-C2		
C	3		Kalvopainesäiliö	Aquapresso AD 8.10		
A	4	FH348	Pumppu	UPS 25-60 180		KV lämmitys
			Venttiilin toimilaitte(2-tie)	TAC M800	DN20	
A	4	FH349	Pumppu	UP15-148		LKV
			Lämpötila-anturi	TAC STP 120-120		
A	4		Pumppu	TOP 550/4		patteriverkosto
			Venttiilin toimilaitte(3-tie)	TAC M400		
			Lämpötila-anturi	TAC STP 100-50		
	4		Lämminvestivaraaja	AKVATERM	kierukan teho 35kW	
					tilavuus 500l	
C	1	FV916	Kiertoilmakoje		800x800, DN32	
C	1	FV917	Kiertoilmakoje		900x900, DN32	
C	1	FV919	Kiertoilmakoje		900x900, DN32	
C	1	FV920	Kiertoilmakoje	GEA M311S.BA1		Muuntajahuone
C	1	FV921	Kiertoilmakoje	GEA M311S.BA1		Kumihuone
B	1	FH312	Kiertoilmakoje		900x900, DN32	
B	1	FH325	Kiertoilmakoje	GEA Nastavec pevny 5/150		
B	1	FH340	Kiertoilmakoje	Onninen ONS-45-1100/1400		Trukkihalli
B	1	?	Kiertoilmakoje	Onninen ONS-56-1100/1400		
A	1	FH372	Kiertoilmakoje	Onninen ONS-35 1100/1400		Korjaamo/Tulityöp.
A	1	FH373	Kiertoilmakoje	ONK-40 700-900		Tuulikaappi

LIITE 1(2)

Laitelistat

A	1	?	Kiertoilmakone	GEA ZH5 3604		
---	---	---	----------------	--------------	--	--

Ilmanvaihto						
Sektori	Kerros	Tehtaan koodi	Laite	Malli	Muita tietoja	Palvelualue
A	1	FH370	Tuloilmakone			Korjaamo/Tulityöp.
			Ilmapellin toimilaitte	Belimo AF24		
			Suodatin	TCF-18-H-EU6		
			Puhallin	TCU-18-FK-H1		
			Puh.moottori	TC18		
			Patteri	TCH-18-H-E12		
			Pumppu	Grundfos UPS 25-50 180		
A	1	?	Poistoilmakone			Korjaamo/Tulityöp.
			Puhallin	CK-315C		
			Ilmapellin toimilaitte	Belimo LM230		
A	1	?	Kohdepoisto	Fumex		Korjaamo/Tulityöp.
A	1	?	Kohdepoisto	Fumex		Korjaamo/Tulityöp.
A	3	FV680	Tuloilmakone TK-1	KDLF-07-1-1-0-1-1	7,0m <sup>3</sup> /s 415kW	Väkeväinti 3
				KDLV-07-1-1-35-1		
			Lämpötila-anturi(kanava)	STD 100-250		
			Ilmapellin toimilaitte	AF230		
			Suodatin	66-500 EU6	6kpl	
			Painemittari	HK INSTRUMENTS DPG600		
			Patteri	KDEF-07-0-5-D-1-X		
			Lämpötila-anturi		TE 1.2	
			Lämpötila-anturi		TE1.1	
		FV681	IV-läm.pumppu	Oy Kolmeks AB, AKN 50	4,3l/s, juoks.pyö.halk 135	
			Venttiilin toimilaitte	TAC M800		
A	3	FV682	Tuloilmakone TK-2			Väkeväinti 3
			Kanavapuhallin	Systemair K 315L		
			Ilmapellin toimilaitte	TAC AF230		
			Suodatin	KDPA-01-3-1-0-1 085		
			Suodatin	KDPB-01-8-1-0, F85		
			Painemittari	HK INSTRUMENTS DPG600		
			Patteri	QMXA-4-4-05-02-4-1-04-1		
			IV-läm.pumppu	Oy Kolmeks AB, ASM-20/4 N		
			Venttiilin toimilaitte	TAC		
A	4	FH355	Tuloilmakone	KDDA-056-0-0000		Toimisto
			Lämpötila-anturi		TE00	
			Ilmapellin toimilaitte	TAC AF230		
			Suodatin			

# LIITE 1(3)

## Laitelistat

			Lämmityspatteri	KDDE-5-056-3-1		
			IV-läm.pumppu	Grundfos UPS 25-80 180		
			Venttiilin toimilaitte	TAC M800		
			Jäähdytyspatteri	Ekopatter Oy	otsapinta 870x780	
					teho 22kW, ilma 1,2m <sup>3</sup> /s	
					vesi 7/12°C	
			Venttiilin toimilaitte	TAC M800		
C	3	FV904	Tuloilmapuhallin TU1	G.W.AXIAL	Ø900	prosessi
C	3	FV905	Tuloilmapuhallin TU2	G.W.AXIAL	Ø900	prosessi
C	3	FV906	Tuloilmapuhallin TU3	G.W.AXIAL	Ø900	prosessi
C	3	FV923	Tuloilmapuhallin		Ø500	muuntajahuone
C	2	FV907	Tuloilmakone TU4			Sähkökeskus
			Puhallin	ÖSTBERG RFE 315 EUU		
			Suodatin	PSA 522-FE		
				PK-12/purafil select		
				ES/CCF-6-2-200Pa		
				JS/CCF-9-4-250Pa		
			Ilmapellin toimilaitte	Belimo TF230		
A	3	FH327	Tuloilmakoje			Sähkökeskus
B	2	?	Tuloilmakone			Automaatotila FRK4
			Puhallin	ZIEHL-ebm AB R2E140-AL20-43		
			Ilmapellin toimilaitte	Belimo LM230A		
			Suodatin	PSA 122-FE		
				PK-12/purafil select		
				ES/CCF-6-2-200Pa		
				JS/CCF-9-4-250Pa		
			Sulkupelti	CRTc 160-4		
B	piip-pu	FH283.2	Tuloilmakone			Piipun analysaattori tila
			Puhallin	CE 140M-125		
			Ilmapellin toimilaitte	Belimo LF230		
			Suodatin	PSA 122-FE		
				PK-12/purafil select		
				ES/CCF-6-2-200Pa		
				JS/CCF-9-4-250Pa		
			Säätöpelti	Halton PRA 125		
C	4	FV910	Tuloilmapuhallin			
B	4	FH318	Tuloilmapuhallin			
A	3	FV687	Kiertoilmakone KOK-3	Fläkt CTMC-182-W-2	laitenumero 3.10	Sähkökeskus 4krs
					18kW, 1,3m <sup>3</sup> /s	
B	3	FH308	Kiertoilmakone	Stratos ABX.04.850	2,1/1,5m <sup>3</sup> /s	Sähkökeskus

# LIITE 1(4)

## Laitelistat

C	3	FV924	Kiertoilmakone	Stratos ilmastointi		
				ABX.05.850		
C	1	FH491	Kiertoilmakone KOK-2		ilmamäärä 1000m <sup>3</sup> /h - >1/2raitis+1/2kiertoilma	

C	1	FH492	Kiertoilmakone KOK-1		sama	
C	3		Kiertoilmakone KOK-3		sama	
C	1	FV911	Poistoilmapuhallin P01	T08 198/52N?	Ø 500	Muuntajahuone
C	1	FV912	Poistoilmapuhallin P02	T08 198/52N?	Ø 500	Muuntajahuone
A	vesi- katto	FH330	Poistoilmapuhallin			
A	vesi- katto	FH350A	Poistoilmapuhallin	Pyca-6-80-4?		
B	vesi- katto	FH350B	Poistoilmapuhallin			
B	vesi- katto	FH350C	Poistoilmapuhallin			
A	vesi- katto	FH360	Lauhdutin		2100x830	
C	vesi- katto	FH494	Huippuimuri PK1	MUH50-8	880x880	
C	vesi- katto	FH495	Huippuimuri PK2	MUH50-8	880x880	
C	vesi- katto	FH496	Huippuimuri PK3		1200x1200	
C	vesi- katto	FH497	Huippuimuri PK4		1200x1200	
A	vesi- katto	FV688	Poistoilmapuhallin PK1			
A	vesi- katto	FV689	Poistoilmapuhallin PK2			
C	vesi- katto	FV914	Poistoilmapuhallin		virtaa ei kytketty	
C	vesi- katto	FV915	Poistoilmapuhallin		puhallin purettu	

Jäähdytys						
Sektori	Kerros	Tehtaan koodi	Laite	Malli	Muita tietoja	Palvelualue
C	2	FV929	Kylmäkone JK34-10	Clivet MCH 142	R407C, 2x14kg	Sähkökeskuksen sisäyksiköt
C	2		Jääh.sisäyksikkö	ASCON	900x900	Sähkökeskus
C	2		Jääh.sisäyksikkö	ASCON	900x900	Sähkökeskus
C	2		Jääh.sisäyksikkö	ASCON	900x900	Sähkökeskus
C	2		Jääh.sisäyksikkö	ASCON	900x900	Sähkökeskus
B	2	FH499	Kylmäkone JK31-10		R407C, 5kg	Automaatotilan FRK4 sisäyksikköä
B	2		Jääh.sisäyksikkö	RHOSS	280x540x1400	Automaatotila FRK4
			ohjaus/huone	Eberle 517720351		
A	4	FH309	Jäähdytyskone JK33-10		R407C, 5,2kg	Kiertoilmakone FH308
B	3		Höyrystinpatteri		1400x800x300	
A	4	FH359	Kylmävesiasema JK32-10	Chiller, CGIW-16-2-V2P	R407C, 2x3,5kg	Toimiston jäähd.sisäyksiköt+FH355 jäähd.

# LIITE 1(5)

## Laitelistat

A	4	sy359,1	Jäähd.sisäyksikkö	RHOSS	230x530x1100	Toimisto
			ohjaus/huone	Landis&Staefa		
A	4	sy359,2	Jäähd.sisäyksikkö	RHOSS	230x530x1100	Toimisto
			ohjaus/huone	Landis&Staefa		
B	3	sy 359,3	Jääh.sisäyksikkö	RHOSS	230x520x830	toimisto
			ohjaus/huone	Landis&Staefa		
B	3	sy 359,4	Jääh.sisäyksikkö	RHOSS	230x520x830	toimisto
			ohjaus/huone	Landis&Staefa		
A	2	sy359,5	Jääh.sisäyksikkö	RHOSS	280x540x1320	Toimisto
			ohjaus/huone	Landis&Staefa		
A	2	sy359,6	Jääh.sisäyksikkö	RHOSS	240x540x820	Toimisto
			ohjaus/huone	Landis&Staefa		
A	2		Jääh.sisäyksikkö	RHOSS/Clima evolution		Labra
			ohjaus/huone	Eberle		
B	1		Jääh.sisäyksikkö			
A	3	?	Kylmäkone JK30-10		R22, 4,2kg	KOK-3, joka jäädyttää 4krs sähkökeskusta
B	piip-pu	FH283.3	Ilmalämpöpump-pu	KAC-54		Piipun analysaattori tilan sisäyksikkö
B	piip-pu		Jääh.sisäyksikkö		1350x650	Piipun analysaattori tila

### PUFO

Lämmitys					
Sijaintisek-tori	Tehtaan-koodi	Laite	Malli/Tyyppi	Muita tietoja	Palvelualue
alakerta	FP1616	Kiertoilmakoje	GEA MN42.UWSRAB.BSD	1,5m <sup>3</sup> /s	
alakerta	FP1623	Kiertoilmakoje	GEA MN42.UWSRAB.BSD	1,5m <sup>3</sup> /s	
alakerta	FP1624	Kiertoilmakoje	GEA MN42.UWSRAB.BSD	1,5m <sup>3</sup> /s	
ammoniak-kih	FP1625	Kiertoilmakoje	GEA HN12.UWSRAB.BSD	0,3m <sup>3</sup> /s	
LVI-huone	FP1626	Kiertoilmakoje	GEA HN12.UWSRAB.BSD	0,3m <sup>3</sup> /s	
alakerta	FP1475	Kaukol.booster-pumppu	ALH-1154/4H		
alakerta lj.huone		Lämmönsiirrin kv	SWEP	160kW	
alakerta lj.huone		Lämmönsiirrin läm.v	SWEP	150kW	
alakerta lj.huone		Lämmönsiirrin iv	SWEP	400kW	
alakerta lj.huone	FP1620	Pumppu kv	Oy Kolmeks Ab, AP15/4	0,1l/s	
alakerta lj.huone	TV1617	Vent.toimilaite	Belimo, LRC24A-SR		
alakerta lj.huone	FP1621	Pumppu läm.v	Oy Kolmeks Ab, L-40A/4	1,2l/s	
alakerta lj.huone	TV1618	Vent.toimilaite	Belimo, LRC24A-SR		
alakerta lj.huone	FP1622	Pumppu iv	Oy Kolmeks Ab, L-50A/4	3,7l/s	
alakerta lj.huone	TV1619	Vent.toimilaite	Belimo, NVY24-MFT-C105		

LIITE 1(6)

Laitelistat

Ilmanvaihto					
Sijaintisek-tori	Tehtaan-koodi	Laite	Malli/Tyyppi	Muita tietoja	Palvelualue
LVI-tila	FP1602	Tuloilmakone	EUGA-52-250-1-1-1-1-0	8,47m <sup>3</sup> /s	
		Tulopuhallin	EULK-52-2-3-11-2-1-1-3		
		Moottori	IEC 160L		
		Peltiosa	EUVB-52-1-5-2-1-1		
		Suodatin	EUPC-52-06-2-0-2-1-1	EU6	
		Nestekiertoinen LTO	EURE-52-1-2-1-4-12-4-2-1		
		LTO-pumppu	Kolmeks L 40A/2		
		Patteri	EUEE-52-4-01-1-4-1-1		
	FP1604	IV-lämm.pumppu	Kolmeks L/T-50A/4	5,6l/s	
		Venttilin toimilaitte	Belimo HRY 24SR		
		Poistopuhallin	EULK-52-2-3-1-1-3-1-2-3		
		Moottori	IEC 160M		
		Suodatin	EUPC-52-3-2-1-4-12-4-1-2		
ammoniakihi	FP1614	Poistopuhallin	Fläkt 90JM/25/4/6/18 FLB 3L D132		
		Moottori	PL 620		
ammoniakihi	FP1614.1	Tulosäleikkö			
		Ilmapellin toimilaitte	Belimo AF230		
		Suodatin	S-PAK 30 66-340/6	G4 6kpl	
ammoniakihi	FP1614.2	Tulosäleikkö			
		Ilmapellin toimilaitte	Belimo AF230		
		Suodatin	S-PAK 30 66-340/6	G4 6kpl	
Kier-toilm.huone	FP1606	Kiertoilmakone	EUGA-40-190-1-1-1-1-0	3,3l/s	Instrumenttihuone
		Puhallin	EULR-40-2-1-7-1-03-1-1-3		
		Moottori	IEC 100L		
		Suodatin	EUPB-40-03-3-1-1-1	EU3	
		Jäähd.patteri	EUNN-40-4-1-2-01-0-1-1		
		Jäähd.säätöventtiii	Belimo HRY 24SR		
Kier-toilm.huone	FP1615	Kiertoilmakone	EUGA-11-170-1-1-1-1-0	0,3l/s	Sähköhuone
		Puhallin	EULR-11-2-3-7-1-05-1-1-3		
		Moottori	IEC 71		
		Suodatin	EUPB-11-03-3-1-1-1	EU3	
		Jäähd.patteri	EUNN-11-3-1-2-01-0-1-1		
		Jäähd.säätöventtiii	Belimo HRYD24-SR		
Kier-toilm.huone	FP1608	Ylipainepuhallin	IRE 250C		

**LIITE 1(7)****Laitelistat**

Jäähdytys					
Sijaintisek-tori	Tehtaan-koodi	Laite	Malli/Tyyppi	Muita tietoja	Palvelualue
LVI-tila	FP1607	Vedenjäähdytin	KOJA, Halla 20C2/W FC	2,7l/s	Kiertoilma-jäähd.koneet+instrumenttitilan sisäyksikkö
		Täyttöryhmä+paisunta			
		sisäyksikkö	RHOSS	900x900	
katto		Lauhdutin	Alfa Laval SCCGF-113-09-06-N5-H-22-1DN50-SVC-1-ECU-BPA		
		Ohjaus	SVC-I-ECU-BPA		

## Kriittisyyskartoitus

## Kriittisyyskartoitus

## Riskin

## suuruus

+

lievä = ei aiheuta välitöntä korjaustarvetta, vian pitkittyminen saattaa kuitenkin olla riski tuotannolle, vasteaika &lt; 48h

++

kohtalainen = ei aiheuta välitöntä korjaustarvetta, vasteaika &lt; 24h

+++

merkittävä = pyrittävä ennakoivaan kunnossapitoon osien vaihdon avulla  
vasteaika 1-3h

## Fosforihappotehdas --&gt; vanha puoli

Lämmitys					Kriittisyyskartoitus, riskin suuruus (asteikko +, ++,+++)			
Sektori	Kerros	Tehtaan-koodi	Laite	Palvelualue	Turvalli-suus	Ympä-ristö	Tuo-tanto	Riski
C	3	FV928	Lämmönsiirrin	Fos.happo.vanha			x	+++
C	3	FV901	Pumppu P01	Lämmitysverkoston pääpump-pu			x	+++
C	3	FV901	Pumppu P02	Lämmitysverkoston vara-pumppu			x	+++
C	3	FV902	Kiertopumppu	Kiertopumppu,kesä->proses.IV				
C	3	FV903	Kiertopumppu	Kiertopumppu,talvi->proses.IV				
A	4	FH348	Pumppu	KV lämmitys				
A	4	FH349	Pumppu	LKV				
A	4		Pumppu	patteriverkosto				
	4		Lämmivesivaraaja					
C	1	FV916	Kiertoilmakoje				x	+
C	1	FV917	Kiertoilmakoje				x	+
C	1	FV919	Kiertoilmakoje				x	+
C	1	FV920	Kiertoilmakoje	Muuntajahuone			x	+
C	1	FV921	Kiertoilmakoje	Kumihuone			x	+
B	1	FH312	Kiertoilmakoje				x	+
B	1	FH325	Kiertoilmakoje				x	+
B	1	FH340	Kiertoilmakoje	Trukkihalli				
B	1	?	Kiertoilmakoje				x	+
A	1	FH372	Kiertoilmakoje	Korjaamo/Tulityöp.			x	+
A	1	?	Kiertoilmakoje				x	+

Ilmanvaihto					Kriittisyyskartoitus, riskin suuruus (asteikko +, ++,+++)			
Sektori	Kerros	Tehtaan-koodi	Laite	Palvelualue	Turvalli-suus	Ympä-ristö	Tuo-tanto	Riski
A	1	FH370	Tuloilmakone	Korjaamo/Tulityöp.				
A	1	?	Poistoilmakone	Korjaamo/Tulityöp.				
A	1	?	Kohdepoisto	Korjaamo/Tulityöp.				
A	1	?	Kohdepoisto	Korjaamo/Tulityöp.				
A	3	FV680	Tuloilmakone TK-1	Väkevöintilaitos 3			x	++
		FV681	IV-läm.pumppu					
A	3	FV682	Tuloilmakone TK-2	Väkevöintilaitos 3			x	++
A	4	FH355	Tuloilmakone	Toimisto				
C	3	FV904	Tuloilmapuhallin TU1	prosessi			x	+++
C	3	FV905	Tuloilmapuhallin TU2	prosessi			x	+++
C	3	FV906	Tuloilmapuhallin TU3	prosessi			x	+++
C	3	FV923	Tuloilmapuhallin	muuntajahuone			x	+++



## Kriittisyyskartoitus

C	2	FV907	Tuloilmakone TU4	Sähkökeskus			x	+++
B	2	?	Tuloilmakone	Automaatotila FRK4			x	+++
B	piippu	FH283.2	Tuloilmakone	Piipun analysaattori tila		x		++
C	4	FV910	Tuloilmapuhallin					
B	4	FH318	Tuloilmapuhallin					
A	3	FV687	Kiertoilmakone KOK-3	Sähkökeskus 4krs			x	+++
B	3	FH308	Kiertoilmakone	Sähkökeskus			x	+++
C	3	FV924	Kiertoilmakone				x	++
C	1	FH491	Kiertoilmakone KOK-2					
C	1	FH492	Kiertoilmakone KOK-1					
C	3		Kiertoilmakone KOK-3					
C	1	FV911	Poistoilmapuhallin P01	Muuntajahuone			x	++
C	1	FV912	Poistoilmapuhallin P02	Muuntajahuone			x	++
A	vesi-katto	FH330	Poistoilmapuhallin					
A	vesi-katto	FH350A	Poistoilmapuhallin					
B	vesi-katto	FH350B	Poistoilmapuhallin					
B	vesi-katto	FH350C	Poistoilmapuhallin					
C	vesi-katto	FH494	Huippumuri PK1					
C	vesi-katto	FH495	Huippumuri PK2					
C	vesi-katto	FH496	Huippumuri PK3					
C	vesi-katto	FH497	Huippumuri PK4					
A	vesi-katto	FV688	Poistoilmapuhallin PK1					
A	vesi-katto	FV689	Poistoilmapuhallin PK2					
C	vesi-katto	FV914	Poistoilmapuhallin					
C	vesi-katto	FV915	Poistoilmapuhallin					

Jäähdytys					Kriittisyyskartoitus, riskin suuruus (asteikko +, ++,+++)			
Sektori	Kerros	Tehtaan-koodi	Laite	Palvelualue	Turvalli-suus	Ympä-ristö	Tuo-tanto	Riski
C	2	FV929	Vedenjäähdytyskone JK34-10	Sähkökeskuksen sisäyksiköt	x		x	+++
B	2	FH499	Kylmäkone JK31-10	Automaatotilan FRK4 sisäyksikköä	x		x	+++
A	4	FH309	Kylmäkone JK33-10	Kiertoilmakone FH308			x	+++
A	4	FH359	Kylmävesiasema JK32-10	Toimiston jäähd.sisäyksiköt+FH355 jäähd.			x	+++
A	3	?	Kylmäkone JK30-10	KOK-3, joka jäähdyttää 4krs sähkökeskusta			x	+++
B	piippu	FH283.3	Ilmalämpöpumppu	Piipun analysaattori tilan sisäyksikkö		x		++

## Kriittisyyskartoitus

## PUFO

Lämmitys				Kriittisyyskaroitus, riskin suuruus (asteikko +, ++,+++)			
Sijaintisek-tori	Tehtaan-koodi	Laite	Palvelualue	Turvalli-suus	Ympä-ristö	Tuo-tanto	Riski
alakerta	FP1616	Kiertoilmakoje				X	+
alakerta	FP1623	Kiertoilmakoje				X	+
alakerta	FP1624	Kiertoilmakoje				X	+
ammoniak-kih	FP1625	Kiertoilmakoje				X	+
LVI-huone	FP1626	Kiertoilmakoje				X	+
alakerta	FP1475	Kaukol.booster-pumppu				X	++
alakerta lj.huone		Lämmönsiirrin kv					
alakerta lj.huone		Lämmönsiirrin läm.v				X	++
alakerta lj.huone		Lämmönsiirrin iv				X	++
alakerta lj.huone	FP1620	Pumppu kv				X	+
alakerta lj.huone	FP1621	Pumppu läm.v				X	+
alakerta lj.huone	FP1622	Pumppu iv				X	++

Ilmanvaihto				Kriittisyyskaroitus, riskin suuruus (asteikko +, ++,+++)			
Sijaintisek-tori	Tehtaan-koodi	Laite	Palvelualue	Turvalli-suus	Ympä-ristö	Tuo-tanto	Riski
LVI-tila	FP1602	Tuloilmakone		X		X	+++
	FP1604	IV-lämm.pumppu		X		X	+++
ammoniak-kih	FP1614	Poistopuhallin		X		X	+++
ammoniak-kih	FP1614.1	Tulosäleikkö					
ammoniak-kih	FP1614.2	Tulosäleikkö					
Kier-toilm.huone	FP1606	Kiertoilmakone	Instrumenttihuone			X	+++
Kier-toilm.huone	FP1615	Kiertoilmakone	Sähköhuone			X	+++
Kier-toilm.huone	FP1608	Ylipainepuhallin				X	+

Jäähdytys				Kriittisyyskaroitus, riskin suuruus (asteikko +, ++,+++)			
Sijaintisek-tori	Tehtaan-koodi	Laite	Palvelualue	Turvalli-suus	Ympä-ristö	Tuo-tanto	Riski
LVI-tila	FP1607	Vedenjäähdytin	Kiertoilma-jäähd.koneet+instrumenttitilan si-säyksikkö			X	+++
katto		Lauhdutin				X	+++







