

SAIMAAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikka, Lappeenranta  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Tuotantotekniikan ja kunnossapidon suuntautumisvaihtoehto

Arto Mattero

# **TEOLLISUUDEN VESILAITOKSEN KUNNOSSA- PIDON KARTOITUS JA KEHITTÄMINEN**

Opinnäytetyö 2011

## TIIVISTELMÄ

Arto Mattero

Teollisuuden vesilaitoksen kunnossapidon kartoitus ja kehittäminen,  
48 sivua, 8 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Tekniikan yksikkö, Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tuotantotekniikan ja kunnossapidon suuntautumisvaihtoehto

Ohjaajat: Lehtori Heikki Liljenbäck, Saimaan ammattikorkeakoulu; Kunnossapito-  
päällikkö Tero Junkkari, UPM-Kymmene Oyj Kaukas

Tässä opinnäytetyössä selvitetään Kaukaan vesilaitoksen laitteiden SAP-käyttöjärjestelmään syötetyt määräaikaistyöt sekä niiden paikkansapitävyyden todellisuudessa. Työn yhtenä osiona on raakavesiputkiston kuntokartoitus. Työn päätarkoituksena on suurten pystypumppujen kunnossapidon nykytilan selvittäminen, kunnonvalvonnan parantaminen sekä varaosien saatavuuden selvittäminen.

Tutkimusmenetelminä käytin laitevalmistajan tietoja, laitosmiesten ja työnjohtajien haastatteluja sekä SAP-käyttöjärjestelmää.

Työn teoriaosuus koostuu haastattelujen kokoamisesta, SAP-käyttöjärjestelmän tietojen keräämisestä ja kirjallisuudesta. Teoriaosuudessa käsitellään kunnossapidon taloudellisuutta, laitekohtaisen kunnossapitostrategian valintaa sekä vika- ja vaikutusanalyysin toteutusta. Käytännön osuudessa käsitellään raakavesiputkiston kuntokartoitusta ja kunnonvalvonnan kehittämistä.

Työn tuloksista selviää pystypumppujen varaosien saatavuus sekä raakavesiputkiston ja sen kannakkeiden kunto. Lisäksi työssä on parannusehdotus pystypumppujen kunnonvalvontaan sekä jälkivoiteluvälien suositukset.

Asiasanat: pystypumppu, kunnossapito, kunnonvalvonta, vesilaitos

## **ABSTRACT**

Arto Mattero

Industrial water plant maintenance reporting and development,

48 pages, 8 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Technology, Degree Programme in Mechanical Engineering

Specialisation of Manufacturing Engineering and Maintenance

Instructors: Teacher Heikki Liljenbäck, Saimaa University of Applied Sciences;

Tero Junkkari, maintenance manager UPM-Kymmene Oyj Kaukas.

This thesis researched Kaukas water plant scheduled maintenance works in SAP enterprise resource planning system of different devices and their correctness in reality. The thesis also includes raw water pipeline condition survey. The main purposes of this thesis were to find out the current state of maintenance of large vertical pumps, improve condition monitoring and solve out availability of spare parts.

The facts of this thesis are based on manufacturer's data, interviews of employee and supervisors of maintenance and maintenance information of SAP enterprise resource planning system.

The theoretical part deals with the costs of maintenance, the selection of device specific maintenance strategy and the failure mode and effects analysis. The practical part consists of raw water pipe lines condition survey and condition monitoring development.

The result shows the availability of spare parts of vertical pumps and conditions of raw water pipes and pipe holders. Also, the result includes improvement for vertical pumps condition monitoring and lubrication intervals recommendations.

Keywords: vertical pump, maintenance, condition monitoring, water plant

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	YRITYSESITTELY .....	7
	2.1 UPM-Kymmene Oyj.....	7
	2.2 Kaukaan tehtaat.....	7
3	VESILAITOS .....	9
	3.1 Ohjaus ja valvonta .....	9
	3.2 Mekaanisesti puhdistetun veden valmistus.....	10
	3.3 Kemiallisesti puhdistetun veden valmistus.....	11
	3.4 Talousveden valmistus .....	13
4	KUNNOSSAPITO TEOLLISUUDESSA .....	14
	4.1 Kunnossapidon taloudellinen merkitys.....	17
	4.2 Laitetason kunnossapitostrategian valinta .....	20
	4.3 Vika- ja vaikutusanalyysi.....	21
	4.4 Kunnonvalvonta .....	23
5	VESILAITOKSEN KUNNOSSAPIDON NYKYTILA .....	25
	5.1 Raaka-, mikro- ja makrovesipumppujen määräaikaishuolto .....	26
	5.2 Raaka, mikro- ja makrovesipumppujen kunnonvalvonta.....	27
	5.3 Raakavesipumput.....	27
	5.4 Makrovesipumput .....	31
	5.5 Mikrovesipumput.....	33
6	RAAKAVESIPUTKISTON KUNTOKARTOITUS.....	34
	6.2 Kuntokartoituksen toteutus .....	35
	6.3 Kuntokartoituksen tulokset.....	36
7	PUMPPUJEN KUNNOSSAPITO TULEVAISUUDESSA .....	39
	7.1 Kunnonvalvonta .....	39
	7.2 Varaosien saatavuus .....	42
	7.3 Pumppujen määräaikaishuollot.....	43
8	POHDINTA.....	45
	KUVAT .....	46
	KUVIOT .....	46
	TAULUKOT .....	46
	LÄHTEET .....	47

## LIITTEET

Liite 1: Laitetason kunnossapitostrategian valinta

Liite 2: Vika- ja vaikutusanalyysi

Liite 3: Vesilaitoksen värähtelymittaukseen kuuluvat laitteet

Liite 4: Raakavesiputkistosta mitatut kohdat

Liite 5: Raaka-, mikro- ja makrovesipumppujen valuosien saatavuus

Liite 6: Haastatteluissa esitetyt kysymykset

Liite 7: Kuvia huoltoon lähtevästä makrovesipumpusta

Liite 8: Eroavaisuudet SAP:n ja todellisesti tehtävissä määräaikaistöissä

# 1 JOHDANTO

Kunnossapidon merkitys yrityksen toiminnalle on nykypäivänä suuri. Puutteellisen kunnossapidon aiheuttamat tuotantokatkot voivat aiheuttaa pitkiä seisokkeja, joista voi seurata yritykselle suuria taloudellisia menetyksiä. Puutteellisen kunnossapidon aiheuttamia laiterikkoja, turvallisuusriskejä sekä tuotannonmenetyksiä voidaan vähentää käyttämällä kunnossapitoresursseja oikein oikeissa paikoissa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä UPM-Kymmeneen Kaukaan tehtaiden vesilaitoksen kunnossapitosuunnitelma, jossa selvitetään laitteiden nykyinen kunto, niihin liittyvät määräaikaistyöt, varaosat sekä SAP:sta löytyvät huolto-ohjeet ja muut dokumentit. Työ on rajattu siten, että sähkölaitteet, puhaltimet, automaatio, palovesilaitteisto sekä säiliöt jäävät aiheen ulkopuolelle. Työssä tarkastellaan tarkemmin raaka-, mikro- ja makrovesipumppujen kunnossapitoa sekä kunnonvalvontaa. Koko tehdasalueen toiminta on näiden pumppujen varassa, joten niiden kunnossapito on hyvin merkittävä asia. Työssä otetaan kantaa myös raakavesiputkiston kuntoon.

Työssä käytetty materiaali on peräisin kirjoista, internetistä, haastatteluista, Sulzer Oy:ltä sekä SKF:ltä.

## 2 YRITYSESITTELY

### 2.1 UPM-Kymmene Oyj

Uuden metsäteollisuuden edelläkävijänä UPM yhdistää bio- ja metsäteollisuuden ja rakentaa uutta, kestäväää ja innovaatiovetoista tulevaisuutta. Konsernissa työskentelee 22 000 henkilöä 15 eri maassa. Lisäksi yhtiöllä on maailmanlaajuisen myyntiverkosto. Tuotanto on jaettu kolmeen eri liiketoimintaryhmään: paperi, tekniset materiaalit, sekä energia ja sellu. (UPM intranet, UPM-esittely, 2011.)

### 2.2 Kaukaan tehtaat

Kaukaan tehdasalueella sijaitsee paperitehdas, sellutehdas, biovoimalaitos, saha ja tutkimuskeskus. Kuvassa 1 on esitetty, miten eri toimipisteet sijoittuvat tehdasalueelle.



Kuva 2.1 Kaukaan tehdasalue. (UPM intranet, Kaukaan tehtaat, 2011.)

Kaukaan paperitehtaalla on kaksi paperikonetta ja kolme päällystyskonetta. Tuotantokapasiteetti on 580 000 tonnia vuodessa. Paperitehdas työllistää noin 330 henkilöä. Pääasialliset loppukäyttökohteet paperille ovat aikakauslehdet, mainospainotuotteet ja myyntikuvastot.

Kaukaan sellutehdas tuottaa valkaistua havu- ja koivusellua 720 000 tonnia vuodessa. Havusellu antaa aikakauslehtipaperille lujuutta. Koivusellua käytetään hienopapereiden (kopio-, kirjoitus- ja taidepaperit) ja tarrapapereiden valmistuksessa. Osa tuotannosta pumpataan paperitehtaalle. Sellutehtaalla työskentelee noin 150 henkilöä.

Kaukaan saha tuottaa mäntysahatavaraa 530 000 m<sup>3</sup> vuodessa. Sahalla työskentelee noin 170 henkilöä. Jalostetehdas tuottaa höylättyjä ja kyllästettyjä tuotteita 50 000 m<sup>3</sup>/v. Jalostetehtaalla työskentelee noin kymmenen henkilöä. Saha ja jalostetehdas käyttävät raaka-ainetta noin miljoona kuutiometriä vuodessa. Tuotteita käytetään puusepänteollisuuteen, huonekaluteollisuuteen ja rakentamiseen.

Kaukaan tehdasalueen yhteydessä sijaitsee kaikkien UPM:n liiketoimintaryhmien yhteinen kansainvälinen tutkimus-, teknologia- ja kehitysorganisaatio, jota johdetaan Lappeenrannasta.

Kaukaan Voiman biovoimala tuottaa prosessihöyryä ja sähköä Kaukaan tehtaille sekä sähköä ja kaukolämpöä Lappeenrannan Energialle. Polttoaineina käytetään kuorta ja metsäenergiapuuta (kantoja, latvuksia ja pienpuuta) sekä turvetta. (UPM intranet, Kaukaan tehtaot, 2011.)



### 3 VESILAITOS

Vesilaitoksessa valmistetaan mekaanisesti puhdistettua vettä, kemiallisesti puhdistettua vettä sekä talousvettä Kaukaan tehtaille. Laitoksesta pumpataan myös palo- ja sprinklerivesi verkostoon. Laitoksen toiminta kattaa kolme eri osaprosessia. Jokaisessa osaprosessissa valmistettu vesi pumpataan käyttökohteisiin eri pumppujen avulla. Mekaanisesti puhdistetun veden valmistus käsittää välppäyksen sekä mikro- ja makrosuodatetun veden valmistuksen. Kemiallisesti puhdistetun veden valmistus käsittää kemiallisen saostuksen ja hiekkasuodatuksen. Talousveden valmistus käsittää pH-säädön ja kloorauksen. Sprinkleri- ja paloveden pumppaus varajärjestelmineen toimivat omana järjestelmänä.

Valmistettujen vesien kapasiteetit:

- Mikrosuodatettu vesi 3 000 m<sup>3</sup>/h
- Makrosuodatettu vesi 21 000 m<sup>3</sup>/h
- Kemiallisesti puhdistettu vesi 500 m<sup>3</sup>/h
- Talousvesi 100 m<sup>3</sup>/h
- Palovesi 540 m<sup>3</sup>/h
- Sprinklerivesi 540 m<sup>3</sup>/h

(UPM intranet, vesilaitoksen käyttöohje, 2011.)

#### 3.1 Ohjaus ja valvonta

Normaali käytön ohjaus suoritetaan soodakattila numero kolmen valvomosta. Vesilaitoksen käynnistys ja pysäytys tapahtuvat yhteisesti soodakattila numero kolmen valvomosta sekä paikallisesti vesilaitoksessa. Laitteiden toimintaa seurataan valvomosta viiden eri valvontakameran avulla. Valvontakamerat on sijoitettu mikro- ja makrovesisuodattimien, selkeytinsäiliöiden ja hiekkasuodattimien läheisyyteen sekä raakavesitunneliin ja välppälaitokseen. (UPM intranet, vesilaitoksen käyttöohje, 2011.)

### 3.2 Mekaanisesti puhdistetun veden valmistus

Raakavesi johdetaan Saimaasta, Kettinkisaaren läheisyydestä 85 metriä pitkän imuputken kautta avokanavaan ja siitä välppälaitokseen. Välppälaitoksessa on karkeavälppä ja koneellinen hienovälppä, joiden tehtävänä on esisuodattaa raakavettä. Karkeavälppän kunto ja puhtaus tarkastetaan mekaanisesti neljän viikon sykleissä, kun taas hienovälppän puhdistus tapahtuu paikallisohjauksella ajastimen avulla 24 tunnin välein. Toiminnan takaamiseksi järjestelmään tulee häiriöilmoitus, mikäli välppäkoneikko ei ole toiminut 48 tuntiin. Välppälaitokselta vesi johdetaan kalliotunnelia pitkin vesilaitoksen raakavesipumppujen imualtaaseen, josta se pumpataan viidellä raakavesipumpulla raakavesisäiliöön. Jokaisessa pumpussa on virtauskytkin, jossa täytyy virrata vesi, jotta pumppu käynnistyy. Imualtaan veden pintaa sekä pumpattavaa raakaveden määrää mitataan jatkuvasti ja järjestelmään tulee hälytys, mikäli imualtaan pinta on alle minimikorkeuden. Raakavesisäiliön pinta mitataan kolmesta eri mittapisteestä ja näiden antama signaali ohjaa raakavesipumpun invertteriä. Raakavesisäiliön pinnan saavuttaessa 90 %, raakavesipumpun neljä kierrosnopeus laskee minimiin, jolloin raakavesisäiliön ylivuotokourun pinnan korkeus hälyttää. Raakavesisäiliöstä mitataan myös raakaveden lämpötilaa.

Raakavesisäiliöstä vesi johdetaan kahteen makrosuodattimeen ja yhteen mikro-suodattimeen. Makrosuodatettu vesi ohjautuu makrovesisäiliöön ja mikro-suodatettu vesi vastaavasti mikrovesisäiliöön. Makrovesisäiliön pintaa mitataan kolmen eri anturin avulla, ja niiden antamat signaalit suorittavat suodattimien ohjaukset. Mikäli säiliön pinta laskee alle 60 %, makrovesisuodattimien moottorit käynnistyvät. Käynnistymisen edellytyksenä mikro-suodattimen laakeriveden virtauskytkimessä täytyy virrata vesi. Mikäli pinta laskee alle 30 % käynnissä olevat makrovesipumput pysähtyvät. Pumput täytyy tällöin käynnistää järjestelmästä käsiä jolla painetta seuraten. Makrosuodatettu vesi pumpataan runkolinjaan, jonka paine ohjaa makrovesipumppujen käynnistymistä, käynnissä olevien pumppujen määrää sekä pumppujen säätöventtiilejä. Runkolinjassa olevien anturien avulla mitataan veden painetta sekä sellu- ja alatehtaalteille johdettavan makrosuodatetun veden määrää. Painemittauksien antamat signaalit ohjaavat pumppujen toimintaa. Makroveden klooraus tapahtuu johta-

malla vettä makroveden kloorauslaitteiston kloorinsekoittajaan ja sieltä takaisin makrovesisäiliöön. Ajastin avaa klooripullon jälkeisen venttiilin, jolloin klooria sekoittuu tunnin ajan makroveteen. Venttiilin avautumisen edellytyksenä makrovesisäiliön pinnan täytyy olla yli 30 % ja makrovesilinjan paine yli kolme baaria. Klooraus suoritetaan kesäisin kolmen tunnin välein ja talvisin neljän tunnin välein. Mikrovesisäiliön pintaa mitataan samoin kuin makrovesisäiliössä. Pinnan laskiessa alle 90 % mikrovesisuodattimen rummun moottori käynnistyy. Jos pinta laskee alle 80 % käynnissä olevan mikrovesipumppu ykkösen tai mikrovesipumppu kakkosen säätöventtiili sulkeutuu. Pumput käynnistyvät automaattisesti, kun pinta on noussut yli 90 %, mikäli pumpun virtauskytkimessä virtaa vesi.

Mikrovesi pumpataan paperitehtaalle runkolinjassa, jossa on kolme painemittausanturia ja virtausmittari. Anturit ohjaavat pumppujen käynnistymistä, käynnissä olevien pumppujen määrää sekä molempien mikrovesipumppujen säätöventtiilejä. Runkolinjan paineen laskiessa alle 3,8 baarin, makrovesilinjassa oleva paineensäädin avaa venttiilin ja paperitehtaalle johdetaan makrovettä. Mikroveden klooraus on jatkuvaa, klooraus keskeytyy vain, jos mikrovesisäiliön pinta on alle 60 % tai mikrovesipumput ovat pysähtyneet. Klooraus tapahtuu johdettamalla talousvettä mikro/talousveden kloorauslaitteiston kloorinsekoittajaan ja sieltä mikrovesisäiliöön.

(UPM intranet, vesilaitoksen käyttöohje, 2011.)

### **3.3 Kemiallisesti puhdistetun veden valmistus**

Kemiallisesti puhdistetun veden valmistus alkaa pumppaamalla vettä raakavesisäiliöstä kemiallisen puhdistuksen pumpuilla yksi tai kaksi. Toinen pumpusta on varapumppu ja käynnistyy automaattisesti, mikäli käynnissä olevan pumpun toimintaan tulee häiriö. Pumpattavaan raakaveteen sekoitetaan lipeää ennen lämmönvaihdinta. Lämmönvaihtimessa selkeytykseen johdettavan veden lämpötila nostetaan +18 celsiusasteeseen. Lämmönvaihtimen jälkeen suoritetaan lämpötilan mittaus, joka säätää matalapainehöyryn virtauksen automaattiventtiilin avulla. Lämmönvaihtimessa oleva lauhde johdetaan makrovesisäiliöön.

Lämmönvaihtimen jälkeen lämmitettyyn veteen sekoitetaan saostuskemikaalia, jolloin saostuskemikaali ei syövytä lämmönvaihdinta. Vesi johdetaan selkeytinsäiliö numero yhteen ja kahteen. Johdettavan veden määrä mitataan virtausmittareilla. Virtausmittareiden avulla saadaan summamittaus, joka ohjaa saostuskemikaalipumppujen yksi ja kaksi invertterejä. Toinen pumpuista toimii varapumppuna. Saostuskemikaalia johdetaan selkeytysäiliöön ja sen annostelu suoritetaan virtauksen suhteasettelun avulla.

Kemiallisesti puhdistettua vettä pumpataan dispersiopumppujen yksi tai kaksi avulla kemiallisesti puhdistetun veden säiliöstä kahteen eri dispersiovesisäiliöön. Toinen pumpuista toimii varapumppuna. Kemiallisesti puhdistetun veden säiliön pinta mitataan ja kolmen mittauksen antama signaali suorittaa pumppujen ohjauksen. Mikäli pinta on alle 30 %, dispersiovesipumppu ei käynnisty ja käynnissä oleva pumppu pysähtyy. Dispersiovesisäiliöihin johdetaan paineilmaa tehtaan verkosta. Paine on noin kuusi baaria. Mikäli paine laskee alle neljän baarin, järjestelmään tulee hälytys. Selkeytinsäiliöiden pintoja mitataan ja niihin syötetään dispersiovettä. Summamittauksen avulla ohjataan myös natriumhydroksidi annostelupumppujen yksi ja kaksi invertterejä. Toinen pumpuista on varapumppu ja käynnistyy automaattisesti, mikäli toisen pumpun toiminnassa ilmenee häiriö. Natriumhydroksidi syötetään annostelusäiliöistä molempiin selkeytinsäiliöihin. Natriumhydroksidin annostelu tapahtuu virtauksen suhteasettelun avulla. Selkeytinsäiliöiden pH:t mitataan ja valitaan toinen pH-arvo, joka säätää natriumhydroksidipumppujen iskun pituuksia.

Saostuskemikaalin likapartikkelit ja dispersiovesi muodostavat optimi pH:ssa flokkeja. Flokit nousevat selkeytinsäiliöiden pintaan. Flokkien poisto tapahtuu automaattisesti ajastimien ohjaamana 2 - 4 tunnin välein. Selkeytysaltaiden kirkasvesikourut nousevat ylös, jolloin selkeytysaltaiden pinnat nousevat ja pintalietteet huuhtoutuvat lietekouruja pitkin viemäriin. Samaan aikaan huuhteluputken venttiili aukeaa ja virtaava vesi irrottaa säiliön seinämään kertyneen lietteen. Selkeytinsäiliöstä veden kulku jatkuu kourua pitkin hiekkasuodatimelle yksi ja kaksi. Hiekkasuodatuksen jälkeen vesi ohjataan kemiallisesti puhdistetun veden säiliöön. Hiekkasuodattimien huuhtelu suoritetaan ajastimella kahdeksan tunnin välein. Huuhtelussa on kolme eri vaihetta: ilmahuuhteluvaihe, ilma-vesihuuhtelu sekä vesihuuhtelu. Kemiallisesti puhdistettua vettä pumpataan

voimalaitokselle kahdella pumpulla, joista toinen toimii varapumppuna toimintahäiriöiden varalta. Voimalaitokselle johdettavan veden määrää, painetta sekä pH:ta mitataan. Mikäli kemiallisesti puhdistetun veden säiliön pinta on alle 40 % tai pumput eivät toimi, voidaan vettä johtaa voimalaitokselle talousvesilinjasta. (UPM intranet, vesilaitoksen käyttöohje, 2011.)

### **3.4 Talousveden valmistus**

Talousvettä valmistetaan kemiallisesti puhdistetusta vedestä. Vettä pumpataan kemiallisesti puhdistetun veden säiliöstä talousvesisäiliöön talousvesipumpulla. Säiliöön johdettavan veden pH säädetään tarvittaessa natriumhydroksidilla. Natriumhydroksidin annostelupumppuja on kaksi, joista toinen on varapumppu. Pumppujen toimintaa säädellään pH-mittauksien avulla. Mittaukset suoritetaan talousvesisäiliöön tulevasta ja poistuvasta linjasta. Poistuvasta linjasta mitatun pH-arvon on oltava välillä 6,5 -9,5. Kloorauslaitteisto sekoittaa jatkuvasti talousvesisäiliöön johdettavaan veteen klooria. Kloorin määrää säädellään kemiallisesti puhdistetun veden virtauksen suhteasettelun avulla. Talousvesipumppu pumppaa vettä talousvesijärjestelmään. Pumppuja on kaksi, joista toinen on varapumppu. Talousvesilinjan paine ohjaa talousvesipumppujen invertteriä. Jos talousvesilinjan paine laskee alle 5,5 baarin kaupungin talousvesilinjan paineennostopumppu käynnistyy, kaupungin talousvesilinjassa oleva venttiili aukeaa ja verkostoon syötetään kaupungin vettä. Tällöin talousvesi- sekä natriumhydroksidipumput pysähtyvät ja kloorinsyöttö loppuu.

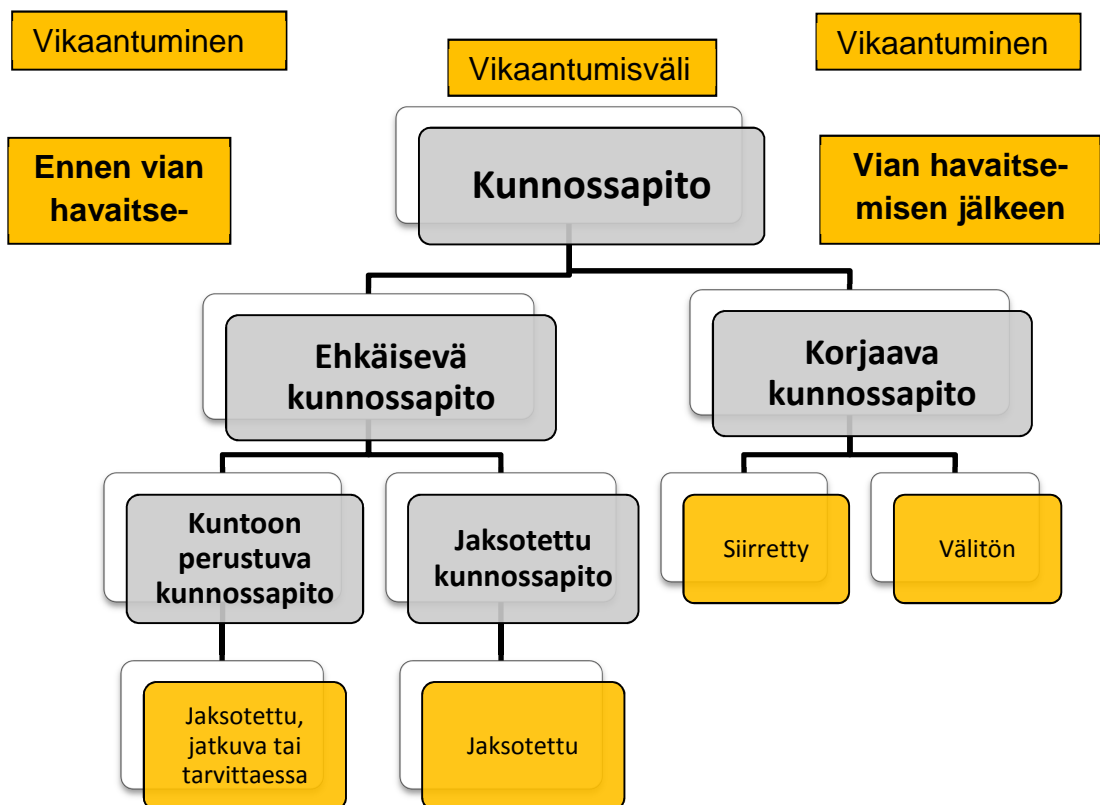
Palovesi pumpataan raakavesipumppujen imualtaasta verkostoon palovesipumppu ykkösellä. Toiminnan varmistamiseksi varapumppuna on dieselkäyttöinen palovesipumppu. Vastaavasti sprinklerivesi pumpataan imualtaasta sprinklerivesipumpulla sprinkleriverkostoon ja varapumppuna on dieselkäyttöinen pumppu. Sprinkleriverkoston paine on noin 10 baaria ja se ylläpidetään paineenpitopumpulla. Palo- ja sprinkleriveden pumppauksen yhteydessä olevia laitteita ei käydä tässä työssä läpi.

(UPM intranet, vesilaitoksen käyttöohje, 2011.)

## 4 KUNNOSSAPITO TEOLLISUUDESSA

Kunnossapidon tavoitteena on huolehtia, että koneet, laitteet ja rakennukset ovat toimintakuntoisia ja ne toimivat luotettavasti. Näin ollen varmistetaan tuotannon tapahtuminen olosuhteissa, jotka ovat optimaaliset nettotulojen, turvallisuuden ja ympäristön kannalta. Kunnossapito käsittää myös esiintyvien vikojen korjaamisen. Kunnossapito määritellään SFS-EN 13306 –standardissa (kuva 4.1) seuraavasti:

*”Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon.”* (Järviö 2004)



Kuvio 4.1 Kunnossapitolajit SFS-EN 13306 mukaan. (Järviö 2004).

Kunnossapitotoiminnan voi jakaa viiteen päälajiin jotka ovat

- huolto
- ehkäisevä kunnossapito johon sisältyy jaksotettu kunnossapito, kunnonvalvonta sekä ennustava kunnossapito
- korjaava kunnossapito
- parantava kunnossapito
- vikojen ja vikaantumisten selvittäminen.

Huolto on keino jolla pidetään koneiden toimintaedellytykset ja – ympäristö mahdollisimman korkeina. Huoltojen ansiosta voidaan myös palauttaa heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen. Jaksotettu huolto tehdään määräväleihin. Jakson pituuteen vaikuttaa käyttöaika, -määrä, sekä käytön rasittavuus. Jaksotettu huolto sisältää seuraavia toimia:

- toimintaedellytysten vaaliminen, käytön suorittama kunnossapito
- puhdistus
- voitelu
- huoltaminen, huolto
- kalibrointi
- kuluvien osien vaihtaminen
- toimintakyvyn palauttaminen.

Huollon ja ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteet ovat osittain päällekkäisiä. Ehkäisevän kunnossapidon tekniikoilla pyritään hallitsemaan laitteen vikaantumista seuraamalla laitteen suorituskykyä ja parametreja. Menetelmillä etsitään alkavia vikaantumisia jotka eivät ole vielä pysäyttänyt konetta. Päämääränä on vikaantumisten vähentäminen ja toimintakyvyn maksimointi. Toimenpiteet voivat olla jaksotettuja, jatkuvasti suoritettuja tai ne voidaan tehdä tarvittaessa. Tulosten avulla voidaan suunnitella ja aikatauluttaa kunnossapitotehtäviä. Ehkäisevän kunnossapidon tehtäviä ovat

- tarkastaminen
- kunnonvalvonta
- määräystenmukaisuuden toteaminen
- testaaminen/toimintakunnon toteaminen
- käynninvalvonta
- vikaantumistietojen analysointi.

Korjaavan kunnossapidon menetelmillä korjataan tai kunnostetaan havaitut viat. Korjausten välisten suoritusaikojen avulla voidaan laskea komponentin tai laitteen elinikä. Korjaavaa kunnossapitoa ovat häiriökorjaukset (suunnittelematon) sekä kunnostus (suunniteltu). Korjaavan kunnossapidon toimia ovat

- vian määrittäminen
- vian tunnistaminen
- vian paikallistaminen
- korjaus
- väliaikainen korjaus
- toimintakunnon palauttaminen.

Parantavalla kunnossapidolla pyritään parantamaan koneiden käytettävyyttä ja luotettavuutta sekä muuttamaan mahdollisia kunnossapidollisesti epäedullisia kohteita paremmiksi. Parantava kunnossapito voidaan jakaa kolmeen pääryhmään. Ensimmäinen ryhmä kattaa laitteen rakenteen muutokset käyttämällä uudempia osia tai komponentteja. Kohteen varsinaista suorituskykyä ei kuitenkaan muuteta.

Toinen ryhmä muodostuu uudelleensuunnittelusta ja korjauksista. Tarkoituksena on parantaa laitteen luotettavuutta. Tässäkään ryhmässä suorituskyvyn parantaminen ei ole päätarkoitus.

Kolmannessa ryhmässä laitteen suorituskykyä muutetaan, eli modernisoidaan. Yleensä koneen ohella uudistetaan koko valmistusprosessi. Esimerkkinä tästä on tuotantolinja, jossa ei pystytä valmistamaan tuotetta kilpailukykyisesti, mutta



koneella on elinikää jäljellä. Tällöin on usein järkevämpää uudistaa vanhat koneet kuin romuttaa ne ja ostaa uusi tilalle. Tilanne esiintyy kohteissa, joissa koneen elinikä on suurempi kuin sen valmistaman tuotteen.

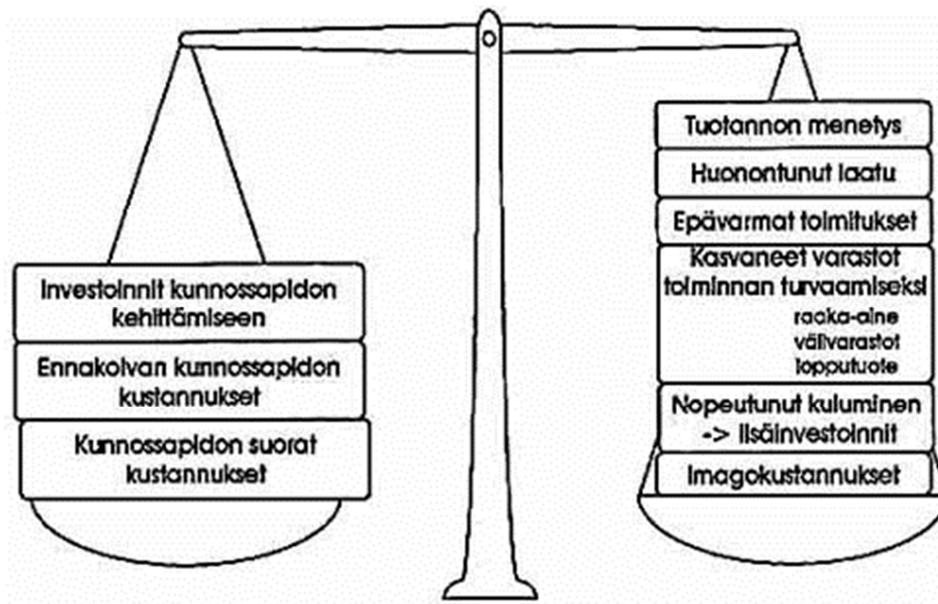
Vikojen ja vikaantumisen selvittämisen keinoin pyritään paikantamaan tekijöitä, joilla on haittavaikutuksia tuotantoprosessille. Menetelmillä vikaantumisen perussyö ja vikaantumisprosessi yritetään selvittää. Saatujen tulosten perusteella voidaan suorittaa toimenpiteitä, joilla ehkäistään vastaavanlaisten vahinkojen syntyä. Esimerkkiongelmia saattavat olla väärä käyttötapa tai huonosti suunniteltu komponentti. Yleisimmät menetelmät ovat

- vika-analyysi
- vikaantumisen selvittäminen
- mallintaminen
- perussyyn selvittäminen
- materiaalianalyysit
- suunnittelun analyysit
- vikaantumispotentiaalin kartoitukset.

(Järviö 2004.)

#### **4.1 Kunnossapidon taloudellinen merkitys**

Yritysten kunnossapidon kustannukset ovat suurimpia heti pääoma- ja raaka-ainekustannusten jälkeen. On siis hyvin tärkeää että kunnossapidon kustannukset saadaan hallittua ja kontrolloitua mahdollisimman tarkasti. Tuotannolliset yritykset arvioivat usein kunnossapidon taloudellista merkitystä lähinnä kustannusten tai siitä johtuvien tuotannonmenetysten kautta. Kuvassa 4.1 on esitetty kunnossapitopäätösten vertaamista kustannuksiin. (Mikkonen, Miettinen, Leinonen, Jantunen, Kokko, Riutta, Sulo, Komonen, Lumme, Kautto, Heinonen, Lakka & Mäkeläinen, 2009.)



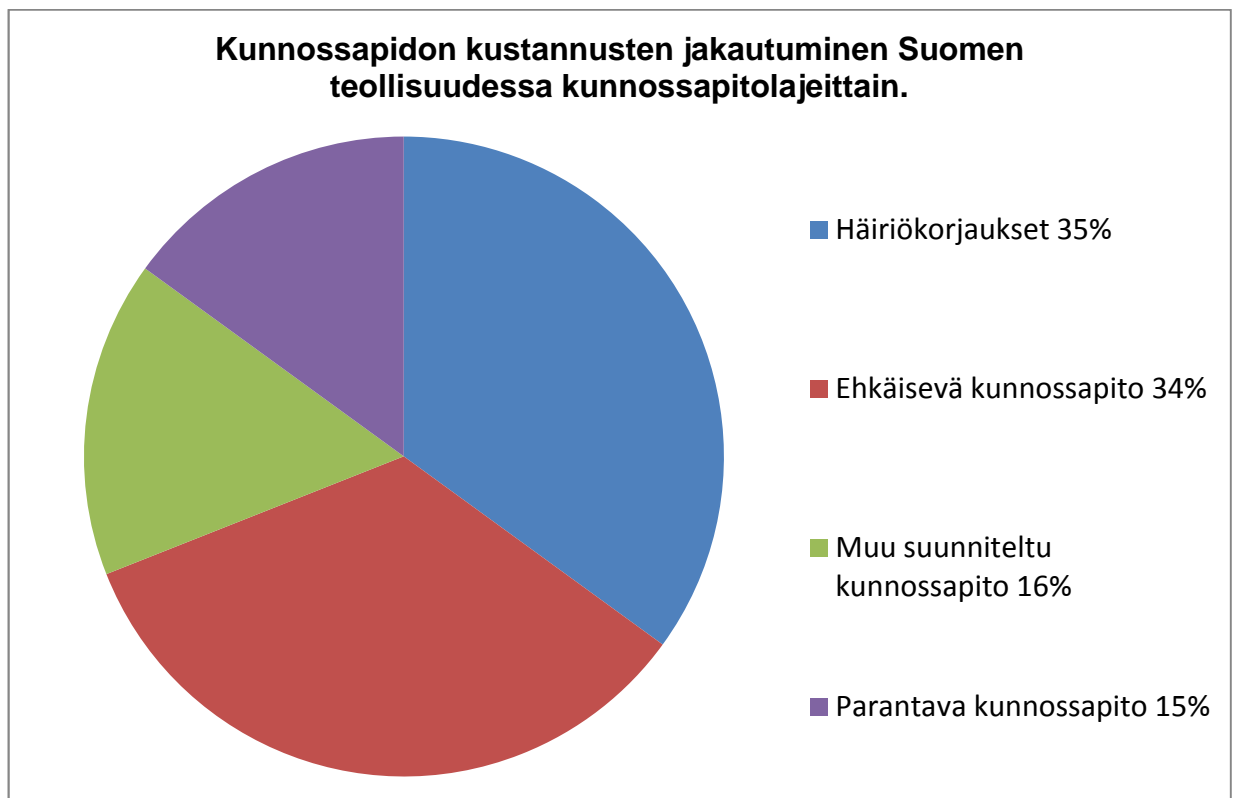
Kuva 4.1 Kunnossapidon päätösten ja kustannusten vertailua. (EDU 2011.)

Suorien kunnossapitotoimien ja niihin liittyvien toimenpiteiden kustannusten laskeamisessa ei ole ongelmia. Tällaisia kustannuksia voidaan tarkastella esimerkiksi työtehtävän, kohteen, kustannuslajin, toimenpiteiden kunnossapitolajittelun, suorittajan tai tekniikanalan mukaan. Parantunut tuotanto tai lopputuotteen parantunut laatu voidaan laskea taloudellisten laskelmien avulla. Ongelmaksi muodostuu kunnossapidolla saavutetut voitot. Esimerkiksi laitteen parantunut toimintavarmuus jolla aikaansaadaan markkinaosuuden kasvu, on vaikea käsitellä vertailulaskelmissa jotka tehdään rahassa. (EDU 2011.)

Kunnossapitoa kehittäessä yksi tehokas työkalu on kunnossapitotoimenpiteiden kustannuserittelyn jaottelu laitetasolle. Kunkin tarkasteltavan laitteen tai laitekonaisuuden kustannukset lasketaan halutulla tavalla toimenpiteiden perusteella jaoteltuna. Esimerkki toimenpiteiden lajittelusta (EDU 2011.):

- käyttäjän suorittama käyttöseuranta
- kunnonvalvonta
- jaksotetut huollot
- vikaantumisen seurauksena tehtävät korjaukset
- kunnonvalvonnan perusteella tehtävät korjaukset
- modifioinnit
- perusparannukset
- käytöstä poisto.

Kuviossa 4.2 on esitetty kunnossapidon kustannusten jakautumista teollisuudessa. Häiriökorjaukset sisältävät vaurioiden ja vikojen suunnittelemattomat korjaukset. Ehkäisevä kunnossapito kattaa määräaikaista kunnossapidon toimenpiteitä, kunnonvalvonnan sekä kuntoon perustuvan suunnitelmallisen korjauksen. Muu suunniteltu kunnossapito sisältää erilaiset laitteiden kunnostukset varaosiksi. Parantavaan kunnossapitoon on luokiteltu kaikki ne toimenpiteet, joilla on vaikutus laitteen luotettavuuden ja kunnossapidon parantamiseen. (Mikkonen ym. 2009, s.41).



Kuvio 4.2 Kustannusten jakautuminen kunnossapitolajeittain (Mikkonen ym. 2009, s.41)

Kuviosta 4.2 käy ilmi se, että ehkäisevän kunnossapidon ja häiriökorjausten aiheuttamat kustannukset ovat samaa luokkaa. Häiriökorjausten aiheuttamia kustannuksia pyritään vähentämään ehkäisevällä ja parantavalla kunnossapidolla.

## 4.2 Laitetason kunnossapitostrategian valinta

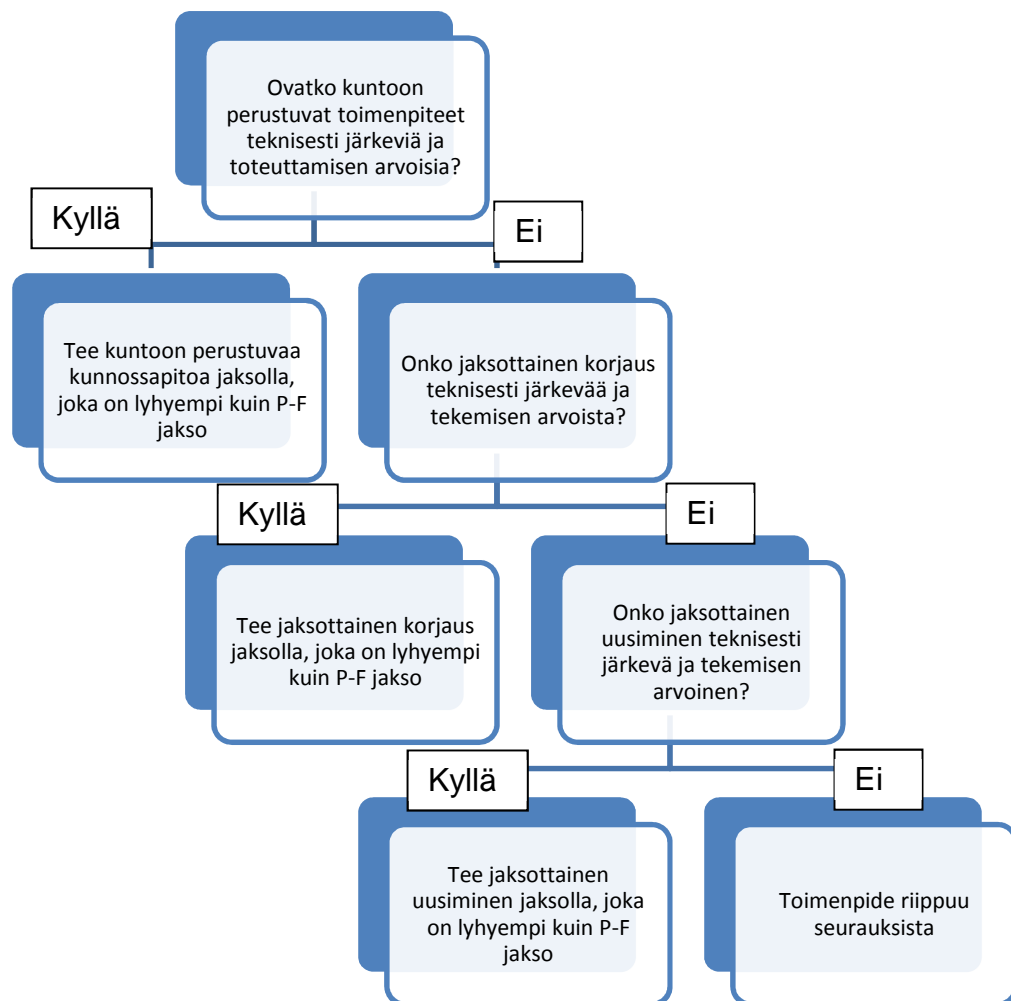
Laitteen kunnossapitostrategian valintaan on useita eri menetelmiä. Tässä työssä on esitetty yksinkertaistettu kaavio siitä, miten kunnossapidon taso ja toimintapa kullekin laitteelle voidaan valita. Kaavio on liitteessä 1. Kunnossapitostrategian valinnassa otetaan huomioon taloudelliset, tuotannolliset ja tekniset näkökulmat sekä turvallisuus- ja ympäristöasiat. (Mikkonen ym. 2009).

Ennakkohuoltovälin pituutta määrittäessä tulee ottaa huomioon valmistajien suositukset, mahdolliset aikaisemmat käyttökokemukset vastaavista laitteista, voiteluaineiden valmistajien suositukset sekä laitteen kriittisyys. Huoltovälin pituutta voidaan tarkentaa vika- ja huoltohistorian perusteella. Samalla saadaan keskitettyä resurssit oikeisiin kohteisiin. Vikahistorian avulla nähdään tarkasti laitteen aikaisemmat viat ja mahdollisesti vikaantumisen syyt. Lisäksi vikaantumisesta johtuva seisokin kesto, esiintymistaajuus sekä huollossa tarvittavat varaosat saadaan selville.

Kunnossapidon suunnittelussa käyttökelpoisen toimenpiteen voi määrittellä seuraavasti:

*”Toimenpide on teknisesti järkevä, jos sen avulla on fyysisesti mahdollista alentaa häiriön seurauksia tasolle, jonka laitteen omistaja tai käyttäjä voisi hyväksyä. Ennakoiva toimenpide on järkevää tehdä, jos se alentaa häiriön seurauksia enemmän kuin itse ennakoiva toimenpide vaatii suoraa ja epäsuoraa kustannuksia”* (Mikkonen ym. 2009. s.161).

Kuviossa 4.3 on esitetty RCM-mallin logiikka ennakoivien kunnossapitotoimien valinnasta.



Kuvio 4.3 Ennakoivien toimenpiteiden valintaprosessi.

Kuvion 4.3 ensisijaisena vaihtoehtona pidetään kuntoon perustuvaa kunnossapitoa. Kuntoon perustuva kunnossapito on teknisesti toteutettavissa, mikäli selvät vian oireet on mahdollista havaita ennen vikaantumista, P-F -jakso on melko vakio, kohteen valvonta on käytännöllistä pienemmin jaksoin kuin P-F -jakso sekä netto P-F -jakso on riittävän pitkä. P-F -käyrä on esitetty kuvassa 4.2 sivulla 23. (Mikkonen ym. 2009 s.160).

### 4.3 Vika- ja vaikutusanalyysi

Laitteiden luotettavuustekniikan analysointiin on olemassa useita eri menetelmiä. Tässä työssä käytin yksinkertaistettua vika- ja vaikutusanalyysia, joka kohdistuu komponenttiin tai sen suoritukseen VVA-analyysi on liitteessä 2. Taulukko on laadittu kartoittamalla jokaiselle pumpun komponentille mahdolliset me-

kaaniset vikaantumistavat. Jokaiselle vialle on määritelty sen aiheuttama seuraus ja miten vika voidaan havaita. Viimeiseen sarakkeeseen on kirjattu mahdolliset ennakoivat ja korjaavat toimenpide-ehdotukset joilla vikaantumista voidaan hallita.

VVA-analyysillä tunnistetaan yksittäiset komponenttivyat ja niiden vaikutus laitteen toimintaan. VVA-analyysin tarkoituksena on tunnistaa sellaisia vikoja, joilla on huomattava vaikutus laitteen suorituskykyyn. Lisäksi VVA-analyysillä selvitetään mitä seurauksia tietyillä vioilla on. Seurausten avulla voidaan määrittää tapa, jolla vikaantuminen voidaan havaita. VVA-analyysin avulla voidaan tehdä varsinainen kunnossapitosuunnitelma. Toimenpide-ehdotukset on jaettu kahden luokkaan, ennakoiviin ja korjaaviin toimenpiteisiin:

- Ennakoivat toimenpiteet käsittävät toimenpiteitä joita tehdään ennen kuin vika ehtii ilmetä ja joiden tarkoituksena on estää laitteen joutuminen epäkuuntoon. Toimenpiteet sisältävät jaksotetun kunnossapidon ja kuntoon perustuvan kunnossapidon. Jaksotetun kunnossapidon toiminnot jaetaan määräaikaiseen huoltoon ja määräaikaiseen osien vaihtoon.
- Korjaavat toimenpiteet ovat toimintoja tilanteessa jossa tehokasta ennakoivaa toimenpidettä ei voida määrittää. Näitä toimenpiteitä ovat säännölliset tarkastukset, uudelleensuunnittelu ja korjaava kunnossapito.

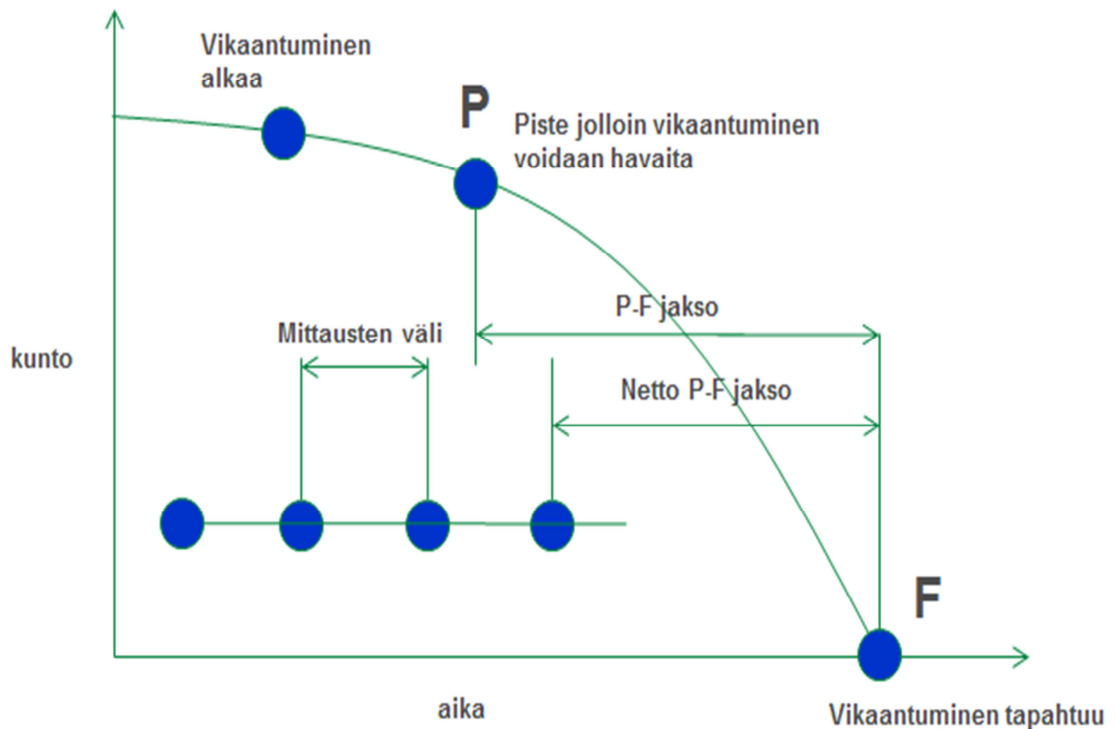
(Mikkonen ym. 2009 s.160; VTT 2011.)

Pystypumppujen tapauksessa suurin osa havaituista vioista kuitenkin vaatii pumpun purkamisen, joten koko pumpun huoltaminen samalla on järkevää. Vikaantumisten havaitsemiseen merkittävimmät menetelmät ovat värähtelymittaukset, visuaalinen kunnan tarkkailu sekä järjestelmässä näkyvä vajaatoiminta. Vikaantumismallien ja vikojen seurausten selvityksen jälkeen voidaan luoda kunnossapito-ohjelma joka pitää laitoksen mahdollisimman tehokkaasti kunnossa.

#### 4.4 Kunnonvalvonta

Koneiden ja laitteiden kunnonvalvonta on muodostunut yhdeksi tärkeimmistä tekijöistä teollisuuden kunnossapidossa. Yleisin kunnonvalvonnan menetelmä on värähtelytasojen mittaus ja seuranta. Kunnonvalvonnan keskeinen periaate on tarkkailla kohteen toimintaa. Kohteesta mitataan joko jatkuvasti tai määrävälillä kunnonvalvonnallisia tietoja. Monet yritykset tiedostavat kunnonvalvonnan merkittäväksi keinoksi vaikuttaa kannattavuuteen. Kunnonvalvonnan avulla saavutetaan lukuisia hyötyjä, joita esimerkiksi ovat tuotettavuuden kasvu, kunnossapidon suunnitelmallisuus, seisokkiaikojen entistä parempi hyödyntäminen, suunnittelemattomien seisokkien väheneminen sekä koneiden pidentynyt elinikä.

Kunnonvalvonnan tavoitteena on määrittää laitteelle jäljellä oleva luotettava käyttöaika. Vaurioitumisen ennustamisesta on hyötyä etenkin hitaasti etenevien vikaantumisten kohdalla. Esimerkiksi alkava laakerivaurio voidaan havaita varhain, jolloin elinikäennustuksen avulla voidaan suunnitella tarvittava huoltoseisokki hyvissä ajoin. Näin ollen suunnittelemattomien seisokkien määrä vähenee ja saavutetaan kustannussäästöjä. Kuvassa 4.2 P-F -käyrässä esimerkki laitteen vikaantumisen havaitsemisesta.



Kuva 4.2 P-F -käyrä ja siihen liittyviä käsitteitä

P-F käyrällä kuvataan laitteen kunnan heikentymistä. Kuvassa on piste, jossa laitteen vikaantuminen alkaa, eli jokin tapahtuma on alkanut heikentää sen kuntoa. Piste P kuvaa kohtaa, jolloin alkava vikaantuminen voidaan havaita kunnonvalvonnan menetelmin. Pisteessä F laite vikaantuu ja menettää toimintakykynsä. Kuvassa on myös yksittäiset kunnonvalvontamittaukset, joita suoritetaan säännöllisin väliajoin. Netto- P-F -jakso tarkoittaa aikaa, joka vian havaitsemisesta on siihen kunnes laite vikaantuu. Tämän ajan tulee olla riittävän suuri, jotta valvonta on järkevää. Kuntoon perustuvan kunnossapidon toteutus on toteutuskelpoista, mikäli selvät vian oireet löydetään ennen vikaantumista, P-F -jakso on melko vakio, kohteen valvonta on käytännöllistä jaksoin, jotka ovat pienempiä kuin P-F -jakso sekä netto- P-F -jakso on tarpeeksi pitkä vian seurausten poistamiseksi. (Mikkonen ym. 2009.)

Kunnonvalvonta voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen eli valvontaan, diagnosointiin ja prognosointiin. Valvonnan avulla pyritään havaitsemaan alkavat vikaantumiset mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, jolloin kunnossapitoa saadaan suunnitelmallisemmaksi. Valvontaa toteutetaan yleisesti kunnonvalvontajärjestelmien avulla. Prosessimittaukset sekä kuntokartoitukset toimivat hyvin valvonnan tukena.



Diagnosointi pohjautuu yleensä kunnonvalvonnan mittaustulosten analysointiin sekä laitteen aikaisempiin käyttökokemuksiin. Diagnosoinnin avulla etsitään laitteen mittaustulosten muutosten aiheuttajaa. Muutoksen voi aiheuttaa prosessitila tai vikaantuminen. Valvonta- ja diagnosointivaiheet kattavat suuren osan nykyisin toteutettavasta kunnossapidosta. Kunnonvalvonnasta puhuttaessa tarkoitetaan näitä kahta vaihetta.

Prognosoinnissa eli elinikäennustuksessa arvioidaan laitteen jäljellä olevaa käyttöaika. Prognosissa ennustetaan kuinka nopeasti diagnosointivaiheessa havaittu vika aiheuttaa laiterikon. Prognosointi toteutetaan esimerkiksi prosessisuureiden, kunnonvalvonnan mittauksien ja laitteen historiatietojen avulla. (Promaint 2011.)

## **5 VESILAITOKSEN KUNNOSSAPIDON NYKYTILA**

Vesilaitoksen laitteiston käynninaikaisesta kunnossapidosta vastaa laitospäällikö Jukka Roiha, joka työskentelee kunnossapitomestari Tuomo Lintukankaan alaisuudessa. Laitospäällikö suorittaa yleisen rasvauskierroksen kahden viikon välein. Rasvauskierros kattaa kaikki rasvavoideltavat laakerit. Samalla laitteille suoritetaan aistinvarainen kunnonvalvonta. Kriittisimpien laitteiden värähtelytasot mitataan kuukauden välein. Värähtelymittaukset suorittaa erillinen kunnonvalvontaryhmä. Liitteessä 3 on kaikki vesilaitoksen värähtelymittauksen piirissä olevat laitteet. SAP:n ja todellisuudessa suoritettavien määräaikaishuoltotöiden eroavaisuudet on esitetty liitteessä 8. Todellisuudessa suoritettavien töiden tiedot on kerätty haastattelemalla laitospäällikö Jukka Roihaa.

## 5.1 Raaka-, mikro- ja makrovesipumppujen määräaikaishuolto

Pumppujen kunnossapidettävyyden, määräaikaistyöt ja huoltohistorian selvitin SAP:sta löytyvien tietojen avulla sekä haastatteleamalla kunnossapitotyönjohtaja Tuomo Lintukangasta ja laitospäälliköksi Jukka Roihaa. Haastattelussa esitetyt kysymykset liitteessä 6. Varaosien ja huoltojen tiedot sain SAP:sta ja haastatteleamalla keskuskorjaamon työnjohtaja Matti Nevalaista. Pumput ovat rakenteeltaan hyvin samanlaisia, joten niiden huollot ovat hyvin samankaltaisia.

Huolloissa vaihdetaan vierintälaakerit sekä niiden rasvat tai öljyt. Myös liukulaakerit vaihdetaan uusiin. Pumpun akselille tehdään tunkeumanesteellä särötarkastus ja tarvittaessa akseli pinnoitetaan termisellä ruiskutuksella. Vaihtoehtoinen keino on laserpinnoitus, jota harvemmin käytetään, koska kustannukset ovat suuret suhteessa saavutettuihin etuihin. Pesä, juoksupyörä ja johtosiivistö tarkastetaan visuaalisesti. Juoksupyörät ovat haponkestävää terästä, joten ne voidaan tarvittaessa korjata hitsaamalla ja koneistamalla. Koneistuksen jälkeen juoksupyörä pinnoitetaan sivelemällä keraamista pinnoitetta korroosion estämiseksi. Juoksupyörä tasapainotetaan dynaamisesti kunnostuksen jälkeen. Johtosiivistö on valmistettu pronssista. Korjausmenetelmiä on vaikea löytää, mikäli siivistö on päässyt pahasti kulumaan. Korjaus suoritetaan kemiallisen metallin avulla ja lopuksi johtosiivistö pinnoitetaan keraamisella pinnoitteella korroosion estämiseksi. Johtosiivistön kanssa tulee olemaan tulevaisuudessa ongelmia, koska uusia osia ei ole eikä valmistajalla ole edes valumallia. Pesän tarvittavat korjaukset suoritetaan hitsaamalla tai pinnoittamalla keraamisella pinnoitteella. Imukartiolle suoritetaan visuaalinen tarkastus. Lopuksi pumppu puhdistetaan ja maalataan korroosion estämiseksi. Liitteessä 7 on kuvia huoltoon lähtevästä makrovesipumpusta. (Nevalainen, 2011.)

## 5.2 Raaka, mikro- ja makrovesipumppujen kunnonvalvonta

Kunnonvalvonnan lähtökohtana pidetään sitä, että tarkastus- ja mittaustuloksista saadaan selville luotettava reaaliaikainen tieto koneen sen hetkisestä kunnosta. Lisäksi kunnon kehitystä on voitava ennakoida riittävällä tarkkuudella. (Mikkonen ym. 2009 s.163)

Pumppujen kunnonvalvonnan nykytilan selvitin haastattelemalla laitospäälliköksi Ari J. Heikkistä. Nykyisin pumppuille suoritetaan värähtelymittaus kolmesta pisteestä kerran kuukaudessa. Piste 1 on sähkömoottorin yläpäänlaakeri. Piste 2 on sähkömoottorin alapäänlaakeri. Piste 3 on pumpun vierintälaakeri. Värähtelymittausten perusteella arvioidaan laitteen nykykuntoa. Pumppu on noin seitsemän metriä pitkä. Pituuden takia yläpään mittauksilla ei saada luotettavaa tietoa liukulaakerien ja juoksupyörän kunnosta.

Nykyisen kunnonvalvonnan taso ei yllä edelliseen määrittelyyn. Esimerkiksi raakavesipumppu numero 1:n imukartio oli tipahtanut, liukulaakerit olivat loppuun kuluneet ja juoksupyörä hangannut pesään. Värähtelymittauksista ei huomattu mitään kovinkaan poikkeavaa. Pyörimistäajuuden kolmikerran kohdalla oli pieni värähtelytason nousu, mutta amplitudin suuruus oli niin pieni, että siitä ei voitu tehdä mitään ratkaisevia johtopäätöksiä. Tason nousu saattaa johtua liukulaakerien kulumisen aiheuttamasta välyksestä. Tällöin akseli tai juoksupyörä hankautuu pintaa vasten satunnaisesti. (Heikkinen 2011.)

## 5.3 Raakavesipumput

Vesilaitoksessa on viisi raakavesipumppua. Raakavesipumput 1 ja 2 ovat malliltaan keskipakopumppuja P-X80X ja raakavesipumput 3, 4 ja 5 ovat malliltaan keskipakopumppuja P-X60V. Pumput ovat Ahlström Karhula Oy:n, nykyisen Sulzer Pumps Finland Oy:n valmistamia. Taulukossa 1 on esitetty kunkin pumpun teknisiä tietoja. (SAP-käyttöjärjestelmä 2011.)

Taulukko 5.1 Raakavesipumppujen teknisiä tietoja.

Pump- pu nro	Laite Numero	Malli	Valmis- tus vuosi	Nosto- korkeus [m]	Tuotto [l/s]	Pyörimis- nopeus [1/min]	Pesän materi- aali	Juoksu- pyörän materiaali
1	KAU1-P- 001338	P-X80X	1969	31	1333,3	740	GRS 20	RG 5
2	KAU1-P- 001033	P-X80X	1963	31	1917	735	VALU- RAUTA	HAPONK.
3	KAU1-P- 001034	P-X60V	1964	31	1000	990	-	10CNMO 260.5
4	KAU1-P- 001035	P-X60V	1963	31	1000	990	-	10CNMO 260.5
5	KAU1-P- 010091	P-X60V	2008	34	1000	993	-	-

### Nykykunnan kuvaus

Pumppujen nykykunto on hyvä, vaikka pumput 1 - 4 on valmistettu 1960-luvulla. Pumppu numero 5 on Kaukaan Voiman pumppu, joka on valmistettu vuonna 2008. Kunnossapidettävyyden olosuhteet ovat kohtalaisen huonot. Pumput sijaitsevat kallioluolassa noin 25 metrin syvyydessä.



Kuva 5.1 Kallioluolassa sijaitsevat raakavesipumput.

Tilaa pumppujen purkamiselle on hyvin vähän. Pumppuja purettaessa on käytettävä kahta eri nosturia. Nostojen turvallisuuteen on kiinnitettävä hyvin paljon huomiota. Kuvassa näkyy vain noin kolmasosa pumpuista. Pumpun varsinainen runko jatkuu lattian alapuolelle noin seitsemän metriä, aina raakavesialtaaseen asti.

Mikäli yksi pumpuista rikkoutuisi, niin neljän pumpun tuottama vesimäärä riittäisi talvisin takaamaan Kaukaan tehtaiden toimintojen ylläpitämisen. Kesällä raakaveden lämpötilan ollessa korkeampi jäähdytykseen tarvitaan enemmän vettä kuin talvella. Jos pumppu rikkoutuisi kesällä, veden kulutusta jouduttaisiin vähentämään tilanteen mukaan. Esimerkiksi veden kulutusta pitäisi rajoittaa vähentämällä tuotantoa.

Mahdollisia vajaatoimintoja pumpuille voivat aiheuttaa laakerivauriot, sähkömoottorin vauriot sekä erilaiset pumppujen ohjaukseen liittyvät sähköviat. Aina on myös olemassa riski pumpun hajoamisesta, mitä ei voi ennakoida. Talvella on olemassa myös vesipulan vaara. Kettinkisaareissa olevien välppien jäätyminen voi aiheuttaa tukoksen, jolloin vettä ei saada pumpattua kalliotunnelia pitkin imualtaaseen. Laakerin vaurioituessa akseliin voi syntyä säröjä tai kulumaa jotka aiheuttavat lisäkustannuksia. Vesipulan varalta pumpun akselien kumilaakereihin syötetään voiteluvettä voiteluvesipumpulla. Voiteluveden virtausta mitataan virtauskytkimellä. Lisäksi järjestelmään tulee hälytys, mikäli raakavesisäiliön pinta laskee alle minimin.

Laitosmiehet suorittavat vierintälaakereiden värähtelymittaukset kerran kuukaudessa värähtelymittauslaitteella. Pumpun yläpäässä olevien laakerien öljyt vaihdetaan kerran vuodessa, vesiseisokin aikana. Muita huoltotoimenpiteitä pumpuille ei paikan päällä suoriteta. Pumpuille tehdään täydellinen huolto noin kuuden vuoden sykleissä. Pumput huolletaan yksi kerrallaan talvisin. Pumppu puretaan kolmeen osaan ja nostetaan nosturien avulla pois kallioluolasta. Pumppu kuljetetaan kuorma-autolla korjaamolle. Pumpun huolto kestää kolmesta neljään viikkoon sen mukaan miten paljon korjaustöitä pumpulle joudutaan tekemään. (Lintukangas 2011; Roiha 2011)

## 5.4 Makrovesipumput

Makrovesipumppuja on kuusi kappaletta. Pumppujen toiminta on käsitelty tarkemmin kemiallisesti puhdistetun veden valmistuksen yhteydessä. Pumput ovat Ahlström Karhula Oy:n, nykyisen Sulzer Pumps Finland Oy:n valmistamia. Taulukossa 5.2 on esitetty pumppujen teknisiä tietoja. (SAP-käyttöjärjestelmä 2011.)

Taulukko 5.2 Makrovesipumppujen teknisiä tietoja.

Pumppu nro	Laite numero	Malli	Valmistus vuosi	Nostokorkeus [m]	Tuotto [l/s]	Pyörimisnopeus [1/min]	Pesän materiaali	Juoksu pyörän materiaali
1	KAU1-P-005302	P-V50X	1963	37	666,6	990	-	RG5
2	KAU1-P-001038	P-V50X	1963	37	666,6	990	-	RG5
3	KAU1-P-001036	P-X60V	1963	37	1000	990	-	10CNMO260.5
4	KAU1-P-001340	P-X80Y	1969	37	1333,3	740	GRS 20	H-TERÄS
5	KAU1-P-001339	P-X80Y	1969	37	1333,3	740	GRS 20	RG 5/ PINNOITTET
6	KAU1-P-010090	APP 61-600	2008	40	1600	940		

### Nykykunnan kuvaus

Makrovesipumppujen yleiskunto on hyvä ja toiminta on normaalia pumppujen iästä huolimatta. Pumput sijaitsevat sisätiloissa vesilaitoksessa, joten toimintaolosuhteet ovat hyvät. Kuvassa 5.2 näkyy makrovesipumppujen 1 – 5 rivistö sekä taaimmaisena molemmat mikrovesipumput.



Kuva 5.2 Makrovesipumppujen sähkömoottorit sekä aukko josta vierintälaakerien värähtelymittaukset suoritetaan.

Yhden pumpun pysähtyminen aiheuttaa puutosta makrovedestä ja tilanteen mukaan tehtaiden toimintoja joudutaan rajoittamaan. Talvella vaikutukset ovat vähäisempiä, koska jäähdytykseen tarvitaan vähemmän vettä. Mahdollisen pumpun rikkoutumisen tai vajaatoiminnan voi aiheuttaa laakerivauriot, sähkömoottorin vauriot sekä sähköviat ohjauksessa ja vesipula. Ennalta arvaamattomien hajoamisten vaara on kuitenkin aina olemassa. Laakerivaurion yhteydessä on riski akselin vaurioitumiseen. Vesipulan varalta säiliöpintaraja pysäyttää pumpput estääkseen pumppujen käynnin kuivana, mikäli pinta laskee alle 30 %. Pumppujen käynninaikaisista huolloista vastaavat laitospäälliköt. Laakereiden rasvaus suoritetaan kaksi kertaa kuukaudessa pumpuille yksi ja kaksi. Pumppujen 3, 4 ja 5 laakerit ovat öljyvoideltuja. Jokaisen pumpun värähtelytasot mitataan kerran kuukaudessa.



Mikäli pumppujen toiminta on normaalia, niin täydellinen huolto suoritetaan talvisin noin 5 - 8 vuoden tarkkuudella. Pumput nostetaan siltanosturin avulla lavetille ja kuljetetaan korjaamolle. Pumput huolletaan talvisin yksi kerrallaan, jotta varmistetaan makroveden riittävyys. (Lintukangas 2011; Roiha 2011.)

## 5.5 Mikrovesipumput

Mikrovesipumppuja on kaksi kappaletta ja ne ovat Ahlström Karhula Oy:n, nykyisen Sulzer Pumps Finland Oy:n valmistamia keskipakopumppuja. Malliltaan pumput ovat P-R35S. Taulukossa 5.3 on esitetty teknisiä tietoja pumpuista. (SAP-käyttöjärjestelmä 2011.)

Taulukko 5.3 Mikrovesipumppujen teknisiä tietoja.

Pumppu nro	Laite numero	Malli	Valmistus vuosi	Nostokorkeus [m]	Tuotto [l/s]	Pyörinnopeus [1/min]	Pesän materiaali	Juoksu pyörän materiaali
1	KAU1-P-001039	P-R35S	1963	37,5	416,6	1490	-	s324
2	KAU1-P-001040	P-R35S	1963	37,5	416,6	1490	-	RG5/pinnoitteet

### Nykykunnan kuvaus

Pumppujen yleiskunto on hyvä. Pumppu numero 2 tärisee käynnin aikana. Täri-  
nän aiheuttaja on ilmeisesti moottori. (Roiha 2011.)

Pumput sijaitsevat vesilaitoksen sisällä vierekkäin samassa rivissä kuin makrovesipumput, kuten kuvassa 5.2 näkyy. Toimintaympäristön olosuhteet ovat hyvät ja näin ollen ne eivät vaikuta pumppujen toimintaan.

Pumpun vajaatoiminnan tai rikkoutumisen aiheuttaman vesipulan välttämiseksi paperitehtaalle ohjataan makrovettä lisänä. Mahdollisia vikoja jotka aiheuttavat pumpun pysähtymisen, ovat laakerivauriot, sähköviat, sähkömoottorin vauriot ja vesipula. Mikäli molemmat pumput pysähtyisivät kokonaan, paperitehtaalle johdettaisiin makrovettä mikroveden sijaan.

Viistokuulalaakereiden rasvaus kahden viikon välein on ainoa määräaikaishuoltotyö, joka pumpuille suoritetaan käynnin aikana. Pumppujen värähtelytasot mitataan kerran kuukaudessa. Pumppujen täydellinen huolto suoritetaan talvisin 5 - 8 vuoden välein. Yhden pumpun huolto kestää noin kaksi viikkoa. (Lintukan-  
gas 2011; Roiha 2011.)

## **6 RAAKAVESIPUTKISTON KUNTOKARTOITUS**

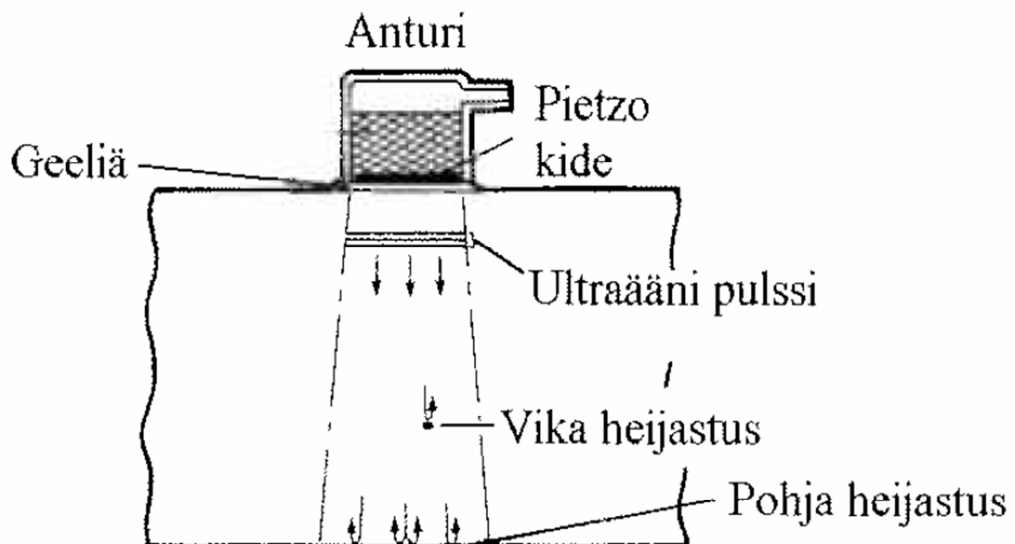
Raakavesiputkiston merkitys koko tehdasalueen toiminnalle on hyvin suuri. Mikäli putkisto rikkoutuisi, tuotanto Kaukaan tehdasalueella pysähtyisi. Taloudelliset menetykset nousisivat näin ollen hyvin suuriksi.

Raakavesipumpuilta raakavesisäiliöön johtavat putket on valmistettu haponkestävästä teräksestä. Putkiston nimellismitat ovat NS 1000 ja NS 900. Putkiston alkuperäinen paksuus ei selvinnyt, koska dokumentteja ei ollut. Putkistolle suunnittelupaineeksi on määritetty kymmenen baaria. DN 900 -putkiston seinämäpaksuudet alkavat 6,3 millimetristä. Tästä voisi päätellä, että putkiston alkuperäinen seinämän paksuus olisi 6,3 millimetriä, mutta putkia voidaan valmistaa myös ohuemmalla seinämällä, etenkin tässä tapauksessa koska paine on niin alhainen. (Rautaruukin tekninen tuki. Puhelinhaastattelu 19.5.2011)

## 6.2 Kuntokartoituksen toteutus

Putkistolle on tehty tunkeumanestetarkastus vuonna 2008. Putkiston kunto täytti viranomaisvaatimukset. Tutkimuksen avulla voidaan havaita mahdolliset säröt tai murtumat putkistossa. Tuloksista ei kuitenkaan ilmene putkiston todellista paksuutta.

Tässä työssä suoritettiin osittain NS 900 -raakavesiputkiston paksuuden mittaaminen. Paksuuden mittaus suoritettiin kannettavalla ultraääniluotaimella. Ultraääniluotaus on menetelmä, joka perustuu materiaaliin lähetetyn ultraäänen heijastumiseen kaikista epäjatkuvuuskohdista. Kuvassa 6.1 on esitetty anturin rakenne.



Kuvassa 6.1 on ultraääniluotauksen periaate. (Mikkonen ym. 2009.)

Ultraäänianturin lähettämä pulssi etenee materiaalin sisällä mekaanisena värähtelynä ja heijastuu takaisin anturiin, joka toimii myös mikrofonina. Anturin ja mitattavan materiaalin välissä käytetään geeliä väliaineena, joka välittää värähtelypulssin. Kuvassa on esitetty ultraääniluotauksen toimintaperiaate. Ultraäänimittauksen avulla voidaan havaita materiaalissa olevia valmistusvikoja, materiaalivikoja, halkeamia tai huokosia. Ultraääni soveltuu myös ainepaksuuden määrittämiseen. Menetelmällä voidaan saavuttaa 0,01 millimetrin tarkkuus, mitausalueen ollessa yhdestä kahteensataan millimetriin. Ultraääniluotaimia on kahdentyyppisiä: kulma- ja normaaliluotaimia. Normaaliluotaimella pystytään

mittamaan kerrostumia tehokkaasti, kun taas kulmaluotain soveltuu halkeamien ja hitsisaumojen mittaamiseen. (Mikkonen ym. 2009.)

### **6.3 Kuntokartoituksen tulokset**

Mittasin NS 900 -raakavesiputkiston paksuuden noin 15 eri kohdasta ja kaikki mittaustulokset olivat 0,3 millimetrin sisällä toisistaan. Mittaustuloksia voidaan pitää luotettavina vaikka poikkeamaa hieman onkin. Poikkeama muodostuu todennäköisesti mitattavan pinnan ruosteisuudesta. Liitteessä 4 on merkitty kohdat, joista mittaus suoritettiin. Keskimääräinen seinämän paksuus kyseisen putkiston alkupään suoralla osuudella on 5,2 millimetriä ja mutkakohdassa 6 millimetriä. Hissikuiluun nousevaa putkiosuutta eikä NS1000 putkea mitattu lainkaan, koska niiden mittaamiseen tarvittavia telineitä ei aikarajojen puitteissa ehditty tehdä. NS 900 -putken mittaustulokset osoittavat mielestäni sen, että putkiston seinämänpaksuus ei heikkene veden virtauksen vaikutuksesta juurikaan. NS 900 -putkiston kannakkeet ovat päässeet vuosien saatossa erittäin huonoon kuntoon, kuten kuva 6.2 osoittaa. Osasyynä kannakkeiden heikentymiseen on kallioluolaan tihkuva vesi. Kuva 6.3.



Kuva 6.2 NS 800 -putkiston kannake, joka on päässyt kosteuden vaikutuksesta ruostumaan erittäin pahasti.



Kuva 6.3 Kallioluolaan tihkuva vesi tippuu suoraan raakavesiputkiston päälle aiheuttaen kannakkeiden syöpymisen.

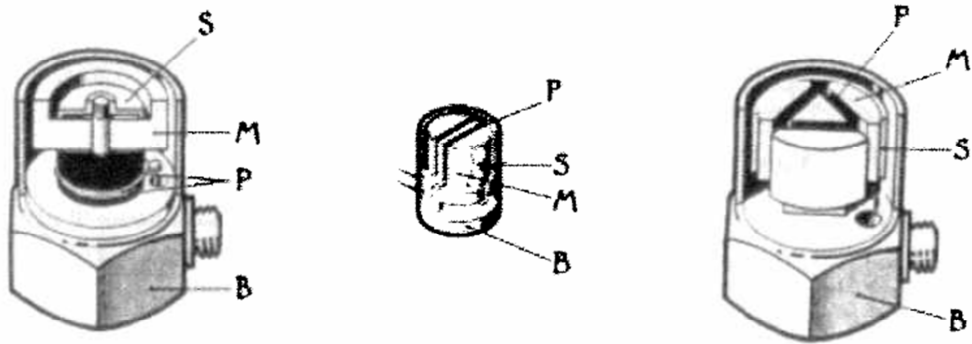
Nykyiset kannakkeet on valmistettu rakenneteräksestä ja pintakäsitelty maa-laamalla. Nykyiset kannakkeet eivät ole kovinkaan turvallisia ja tuskin kantavat kuormaa laisinkaan. Kannakkeet tulisi suunnitella uudelleen ja materiaalivalinnan tulisi olla sellainen, joka kestää kyseisissä olosuhteissa. Sopiva materiaali tähän on ruostumaton teräs. Putkiston kannakkeiden uusinta vaatii telineet raakavesiputkiston ympärille. Tällöin on viisasta suorittaa putkistolle laajamittainen paksuuden mittausta sekä tunkeumanestetarkastus.

## **7 PUMPPUJEN KUNNOSSAPITO TULEVAISUUDESSA**

### **7.1 Kunnonvalvonta**

Nykyisistä kunnonvalvonnan mittauspisteistä saadaan luotettavaa tietoa sähkömoottorin laakereista sekä vierintälaakerista. Tässä luvussa on esitetty kunnonvalvontaan parannusehdotus. Tietoja on hankittu sellutehtaan kunnonvalvojia haastatteleamalla sekä Oy SKF Ab:lta.

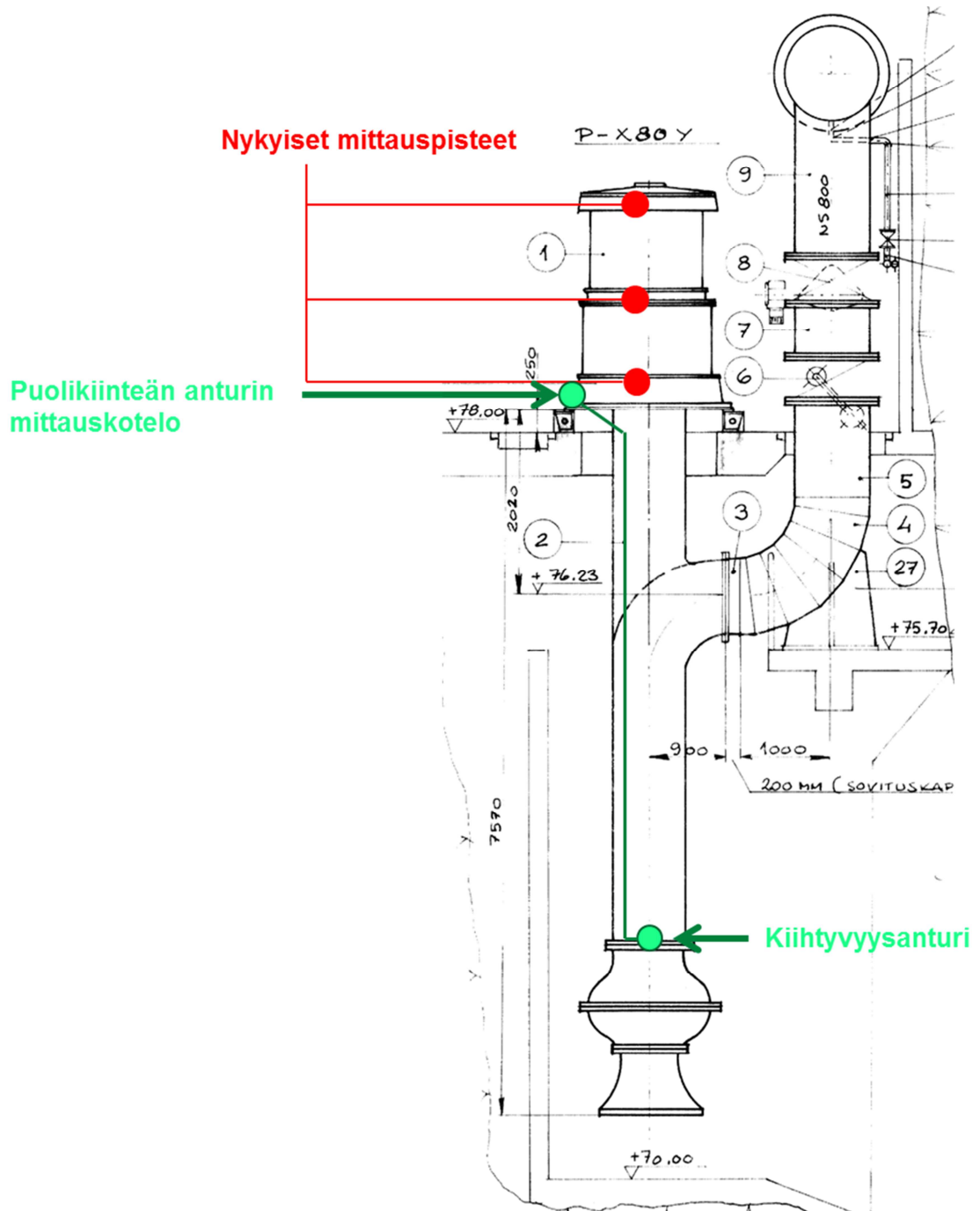
Nykyisen kunnonvalvonnan parantamiseksi raaka-, mikro- ja makrovesipumpuihin on mahdollista asentaa puolikiinteä värähtelyvalvontajärjestelmä. Mittausjärjestelmä sisältää kiihtyvyyssanturin, kaapelin sekä mittauskotelon. Kiihtyvyyssanturin toimintaperiaate on seuraavanlainen. Mitattavaan kohteeseen kiinnitetty anturi liikkuu kohteen mukana. Tällöin anturissa olevaan seismiseen massaansa kohdistuu voima, joka on verrannollinen kiihtyvyyteen. Tällöin piezoelementtiin muodostuu voimaan verrannollinen varaus. Varaus johdetaan anturin rungossa olevaan ulostuloliittimeen, josta se johdetaan mittauskoteloon jolloin mittaus voidaan suorittaa kannettavan mittalaitteen avulla. Kiihtyvyyssanturit voidaan jakaa rakenteen mukaan kahteen eri luokkaan: puristusherkkiin ja leikkausherkkiin. Kuvassa 7.1 on molempien anturien rakenne ja pääkomponentit.



Kuva 7.1 Kuvan kaksi vasemmanpuolista anturia ovat leikkaukselle herkkiä tyyppisiä ja oikeanpuoleinen anturi on puristukselle herkkä tyyppi. M on seisminen massa, P on pietsosähköinen elementti, B on pohja ja S on jousi. (Mikkonen ym. 2009, s.450.)

Mittausjärjestelmän asentaminen on yksinkertaista ja voidaan toteuttaa pumpujen huoltojen yhteydessä. Pumpun pesään tehdään kartioporaus ja kierre. Kiihtyvyyssanturi kiinnitetään pumppuun ruuvien avulla. Kiihtyvyyssanturista johdetaan kaapeli puolikiinteään anturin mittauskoteloon. Mittauskotelo sijoitetaan tasolle +78.00 siten, että värähtelymittaus voidaan suorittaa nykyisen mittauskierroksen yhteydessä. Kuvassa 10 on havainnollistettu anturin mittausjärjestelmän sijoitusta pumppuun. Kiihtyvyyssanturin tarkkaa kiinnityskohtaa tässä työssä ei ole esitetty. Suunnittelijoiden sekä kunnonvalvojien tulee yhteistyössä varmistaa paikka, johon anturi voidaan kiinnittää.





Kuva 7.2 Puolikiinteän anturin sijoitus.

Varsinainen värähtelytason mittaaminen tapahtuu kannettavalla värähtelymittalaitteella, samalla tavalla kuin nykyisistä mittauspisteistä. Uuden mittapisteen avulla voidaan havaita pumpun alapäässä tapahtuvat värähtelyt selvemmin kuin nykyisin. Esimerkiksi liukulaakerin kulumisesta aiheutuva juoksupyörän hankaaminen pesään on mahdollista suurempina värähtelytason nousuina. Uuden mittapisteen asennuksen jälkeen mittakierroksia tulisi tehdä tiheämmin kuin ker-

ran kuukaudessa, jotta huolletun pumpun värähtelytasoista saataisiin värähtelymittaukseen lähtöarvoja. Mittauskierrokset tulisi suorittaa esimerkiksi viikon välein.

Lisävaihtoehtona on kokonaistasolähettimen lisääminen värähtelymittausjärjestelmään. Tällöin mittautieto siirretään standardivirtaviestinä (4 - 20 mA) laitoksen automaatiojärjestelmään. Mittaustulos näytetään kokonaistasotrendinä valvontajärjestelmän näytöllä. Myös hälytyskäsitteily on mahdollista toteuttaa automaatiojärjestelmän toimesta. Siirrettävä tunnusluku voidaan valita värähtelynopeuden kokonaistason, kiihtyvyyksmittauksen tai verhoikämittauksen arvoista. SKF:n suositus kyseisiin kohteisiin on puolikiinteä anturi ja mittauskotelo, koska kokonaistasolähettimen hyödyt suhteessa kustannuksiin ovat pienet. (Sulo 2011)

## **7.2 Varaosien saatavuus**

Selvitin varaosien saatavuuden pumppujen valmistajalta. Vierintälaakerien, akselien, holkkien, tiivisteiden sekä liukulaakereiden saatavuus varaosina on hyvä. Valettavien osien kuten rungon, pesän sekä johtosiivistön osalta tilanne on hieman huonompi. Liitteessä 5 on valmistajan valumallien saatavuudet.

*”Jokaisen osan alle on laitettu löydetty tieto osan valumallin saatavuudesta. Jos osasta ei ole löytynyt valumallitietoa, mutta järjestelmästä löytyi sille nimitys, pitää saatavuus tarkistaa tapauskohtaisesti. Jos osalle ei löytynyt edes nimitystä, on suurella todennäköisyydellä mahdollista, ettei valumallia ole olemassa.”* (Laakkonen 2011).

Valettujen osien toimitusaika on 20 viikkoa tilauksesta. Tämä tarkoittaa sitä, että jos pumppua huollettaessa huomataan valuosan olevan korjauskelvoton, huoltoaika kasvaa todella pitkäksi. Tulevaisuudessa huoltojen yhteydessä tulee kiinnittää suurta huomiota valuosien kuntoon sekä niiden korjattavuuteen. Mikäli valetut osat ovat hyvin kuluneita tai niiden korjaaminen hitsaamalla ei enää onnistu, tulee pumppujen uusintaa harkita. Etenkin, jos kyseessä on osa, josta ei ole valumallia saatavilla.

### 7.3 Pumppujen määräaikaishuollot

Pumppujen huollot suoritetaan noin viiden tai kuuden vuoden sykleissä. Pumppujen huoltosyklejä ei voida tihentää, koska pumppuja voidaan huoltaa vain talvisin yksi kerrallaan. SAP:sta saatavien tietojen perusteella öljyvoideltavien vierintälaakerien voiteluväli tällä hetkellä on vuosi. Rasvavoideltavien vierintälaakereiden jälkivoiteluväli on kolme kuukautta. Voiteluainevaihtoehtoja sekä voiteluaineen vaihtovälejä selvitin Neste Oil Oy:ltä sekä Sulzer Oy:ltä.

Voiteluaineena nykyisin on Neste Hydraulil paine 46. Kyseinen voiteluaine on hydraulioöljyä ja lisäaineiden ansiosta sitä voidaan käyttää myös laakerisovelluksissa. Pumppujen käyttökokemusten, laitevalmistajan ja voiteluainevalmistajan arvioiden perusteella öljyjen vaihtovälin pituutta ei kannata pidentää. Vuosittain vaihdettavien öljyvoideltujen laakerien yhteenlaskettu öljytilavuus on vain noin 40 litraa. Säästöt jotka saavutetaan öljynvaihtovälin pidennyksellä eivät ole kovinkaan suuria. Päinvastoin laakerin vikaantuminen öljyn huonosta laadusta aiheuttaa useiden tuntien seisokin pumpulle. Laitevalmistaja suosittelee normaaliolosuhteissa (laakeripesän pintalämpötila alle +80 °C) toimiville rasvavoideltaville laakereille käytettäväksi litium- tai litium-kalsium -pohjaista mineraalirasvaa. Tällä hetkellä käytetään Esso Beacon EP 2 -yleirasvaa, joka on kohteeseen soveltuva rasva. Mittaamieni laakeripesien pintalämpötila oli noin 50 °C. Kuumissa paikoissa Esson rasvoista soveltuva on Esso Unirex N3.

Pyörintänopeuden ollessa alle 1000 kierrosta minuutissa tämän kokoluokan pystypumpuissa jälkivoiteluväli on 4400 tuntia (noin kuusi kuukautta). Pyörintänopeuden ollessa 1500 kierrosta minuutissa jälkivoiteluväli on 2200 tuntia (noin kolme kuukautta). Molemmissa tapauksissa rasvaa lisätään 120 grammaa. Tiedot ovat laitevalmistajan suosituksia. Suositusten mukaan makrovesipumppujen yksi ja kaksi jälkivoiteluväli on 4400 tuntia. Mikrovesipumppujen suositusten mukainen jälkivoiteluväli on 2200 tuntia.

Jälkivoiteluväliksi SAP:iin on merkitty kolme kuukautta ja rasvamääräksi 50 grammaa. Todellisuudessa laakerit rasvataan vesilaitoksen yleisen rasvauskierroksen yhteydessä kahden viikon välein. Tämä kävi ilmi laitosmies Roihan

haastattelusta. Tällöin lisättävän rasvan määrä on suositusten mukaan vain kymmenen grammaa.

*”Rasvausvälinä 2vk on aika tiheä väli, etenkin jos pumpput seisovat osan aikaa. Pumppua voi toki rasvata tiheämmin ja pienemmällä rasvamäärällä per kerta, mutta 2vk välein tarvittava rasvamäärä on erittäin pieni. Helpompi olisi ostaa esimerkiksi automaattisesti tyhjenevät rasvapatruunat, jos näin halutaan menettellä.”* (Kukkurainen 2011.)

Mielestäni SAP:ssa olevia jälkivoiteluvälejä tulisi muuttaa ja ohjeistaa laitoshenkilöille uudet toimintatavat. Näin välttyttäisiin liialliselta rasvaukselta jolla voi olla laakerin käyttöikä heikentävä vaikutus. Kolmen kuukauden välein suoritettava jälkivoitelujakso on aika pitkä. Riskinä saattaa olla se, että laakeripesä ei täyty tasaisesti lisättävästä rasvasta. Laakereiden rasvaus voitaisiin suorittaa esimerkiksi kuukauden välein. Tällöin lisättävän rasvan määrä on noin 40 grammaa. Tiheän jälkivoitelun etuna voidaan pitää laakeripesän tasaista rasvatäyttöä, jolloin rasva ei pääse kovettumaan laakeripesien ulkoreunoille (Roiha 2011).

## 8 POHDINTA

Kunnossapidon merkitys tuotantolaitoksen tuottavuudelle ja tulokselle on hyvin suuri. Mikäli laitteet eivät toimi halutulla tavalla, ei lopputuotteesta saatavaa voittoa voida maksimoida, koska kunnossapidon kustannukset nousevat niin suuriksi.

Opinnäytetyöprosessissa opin paljon vesilaitoksesta sekä veden valmistuksesta. Työn tekemistä hankaloitti ammattiliitto Pron lakko, jonka piiriin kuuluivat UPM-Kymmene Oyj:n toimihenkilöt. Tästä syystä tietojen hankinta ja palaverien sopiminen osoittauti hyvin vaikeaksi.

Työssä saatiin aikaiseksi vesilaitoksen pystypumpuille kunnonvalvonnan parannusehdotus. Parannusehdotuksen avulla voidaan saavuttaa luotettavampia tuloksia värähtelymittauksista. Haastatteluista ilmeni, etteivät kaikki SAP:ssa olevat määräaikaistyöt vastaa todellisuutta. Määräaikaistöitä saatetaan tehdä eri jaksoin kuin käyttöjärjestelmästä ilmenee. Tällaisella menettelyllä on omat riskinsä. Esimerkiksi jos asentaja jää eläkkeelle tai sairastuu, ei tuuraaja tiedä miten laitteita on huollettu, kun järjestelmän tiedot eivät pidä paikkaansa.

Yksi huomioitava asia on pystypumpun valuosien saatavuus. Kaikille valuosille ei ole valumalleja saatavilla. Tämä saattaa muodostua ongelmaksi, mikäli valuosat kuluvat korjauskelvottomiksi. Tästä syystä pystypumppujen uusintaa tulisi harkita tulevaisuudessa. Pumppuja uusimalla voidaan saavuttaa energiasäästöjä ja riski osien saatavuudesta minimoidaan. Lisäksi vanhasta pumpusta voidaan saada hyödyllisiä varaosia toisiin pumppuihin.

## **KUVAT**

Kuva 2.1 Kaukaan tehdasalue, s. 7

Kuva 4.1 Kunnossapidon päätösten ja kustannusten vertailua, s. 18

Kuva 4.2 P-F käyrä ja siihen liittyviä käsitteitä, s.24

Kuva 5.1 Kallioluolassa sijaitsevat raakavesipumput, s.29

Kuva 5.2 Makrovesipumput s.32

Kuva 6.1 Ultraääniluotauksen periaate, s.35

Kuva 6.2 Raakavesiputkiston kannake, s. 37

Kuva 6.3 Kannakkeita syövyttävä vesi, s.38

Kuva 7.1 Ultraäänianturin rakenne, s. 40

Kuva 7.2 Puolikiinteän anturin sijoitus, s.41

## **KUVIOT**

Kuvio 4.1 Kunnossapitolajit SFS-EN 13306 mukaan, s. 14

Kuvio 4.2 Kustannusten jakautuminen kunnossapitolajeittain, s. 19

Kuvio 4.3 Ennakoivien toimenpiteiden valintaprosessi, s. 21

## **TAULUKOT**

Taulukko 5.1 Raakavesipumppujen teknisiä tietoja, s.28

Taulukko 5.2 Makrovesipumppujen teknisiä tietoja, s.31

Taulukko 5.3 Mikrovesipumppujen teknisiä tietoja, s. 33

## LÄHTEET

EDU 2011. Opetushallinto, viitattu 28.4.2011  
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet.html>

Heikkinen, Ari UPM-Kymmene Oyj: Kaukaan sellutehtaan laitosmies. Haastattelu 19.4.2011

Järviö J., 2004 Kunnossapito. Rajamäki: KP-Media Oy

Kukkurainen, Aaro 2011. Sähköposti, viitattu 13.5.2011  
[aaro.kukkuraine@sulzer.com](mailto:aaro.kukkuraine@sulzer.com)

Laakkonen, Veli-Pekka 2011. Sähköposti, viitattu 18.5.2011  
veli-pekka.laakkonen@sulzer.com

Lintukangas, Tuomo UPM-Kymmene Oyj:n Sellutehtaan KP-työnjohtaja. Haastattelu 25.3.2011

Mikkonen H., Miettinen J., Leinonen P., Jantunen E., Voitto K., Riutta E., Sulo P., Komonen K., Lumme E., Kautto J., Heinonen K., Lakka S. & Mäkeläinen R. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki: KP-Media oy

Nevalainen, Matti UPM-Kymmene Oyj:n Keskuskorjaamon työnjohtaja. Haastattelu 2011

Promaint 2011. Viitattu 18.4.2011  
[http://www.promaint.net/menu\\_description.asp?menu\\_id=69&menupath=663,69](http://www.promaint.net/menu_description.asp?menu_id=69&menupath=663,69)

Roiha, Jukka UPM-Kymmene Oyj:n Kaukaan sellutehtaan laitosmies. Haastattelu 25.3.2011

SAP-käyttäjärjestelmä, UPM-Kymmene Oyj. Luettu 1.3.-20.5.2011

Sulo, Petri 2011, sähköposti. Viitattu 20.4.2011  
petri.sulo@skf.com

UPM-Kymmene Oyj, Intranet, Kaukaan tehtaat PowerPoint esitys viitattu  
31.3.2011

<http://intranet.kaukas.upm-kymmene.com/>

UPM-Kymmene Oyj, intranet, UPM-Kymmene PowerPoint esitys, viitattu  
31.3.2011

<http://intranet.kaukas.upm-kymmene.com/>

UPM-Kymmen Oyj, intranet, vesilaitoksen käyttöohje, viitattu 2011

[http://i05tech/web/22/27/KL008003/KL008003\\_001.htm](http://i05tech/web/22/27/KL008003/KL008003_001.htm)

VTT 2011. Riskianalyysit. Viitattu 13.5. 2011

<http://virtual.vtt.fi/virtual/riskianalyysit/indexb078.html>