

# KUNNOSSAPITOSTRATEGIAN VALINTA KEMIN JÄTE- VEDENPUHDISTAMOLLE

Pekka Paavola

Opinnäytetyö  
Teknologiaosaamisen johtaminen  
Insinööri (Ylempi AMK)

2021

Teknologiaosaamisen johtaminen  
Insinööri (Ylempi AMK)

---

|                                |  |       |      |
|--------------------------------|--|-------|------|
| <b>Tekijä</b>                  | Pekka Paavola  | Vuosi | 2021 |
| <b>Ohjaajat</b>                | Outi Hyry-Honka<br>Aslak Siimes<br>Leena Parkkila<br>Jani Sipola |       |      |
| <b>Toimeksiantaja</b>          | Kemin Energia ja Vesi Oy   |       |      |
| <b>Työn nimi</b>               | Kunnossapitojärjestelmän valinta Kemin jätevedenpuhdistamolle    |       |      |
| <b>Sivu- ja liitesivumäärä</b> | 65 + 4   |       |      |

---

Opinnäytetyö tehtiin Kemin kaupungin jätevedenpuhdistamolle. Sen tavoitteena oli kehittää ja luoda selkeä ja toimiva kunnossapitostrategia jätevedenpuhdistamon henkilökunnan käyttöön. Uudella strategialla tavoitteellaan muun muassa kustannustehokkuutta, osaamisen optimointia ja huoltohistorian ylläpitoa.

Tavoitteen saavuttamiseksi opinnäytetyön tietoperusteisessa osassa tutustuttiin yleisesti prosessiteollisuuden kunnossapitoon sekä neljään tunnettuun kunnossapitostrategiaan ja niiden työkaluihin.

Opinnäytetyön kokeellisessa vaiheessa teetettiin henkilökunnan kanssa työpaja, jossa sovittiin lopulliset tavoitteet uudelle kunnossapitostrategialle. Työpajan viimeisenä vaiheena luotiin uusi kunnossapitostrategia. Strategia luotiin vertailemalla tietoperusteisen osuuden kunnossapitostrategioiden parhaita puolia työn tavoitteet huomioon ottaen.

Opinnäytetyön pohdinta osuudessa käytiin läpi valitun strategian tuloksia haasteineen ja niiden vaikutusta päivittäiseen kunnossapitotyöskentelyyn Kemin jätevedenpuhdistamolla.

Avainsanat

Kunnossapitostrategia, jätevedenpuhdistamo, RCM, TPM, kriittisyysluokittelu

Technology competence management  
Master of Engineering

---

|                          |  |      |      |
|--------------------------|--|------|------|
| <b>Author</b>            | Pekka Paavola  | Year | 2021 |
| <b>Supervisors</b>       | Outi Hyry-Honka<br>Aslak Siimes<br>Leena Parkkila<br>Jani Sipola     |      |      |
| <b>Commissioned by</b>   | Kemi Energy and Water Ltd  |      |      |
| <b>Subject of thesis</b> | Selection of Maintenance Strategy to Kemi Wastewater Treatment Plant |      |      |
| <b>Number of pages</b>   | 65 + 4   |      |      |

---

Thesis work was made as a case study for Kemi city wastewater treatment plant. Target of the thesis was to develop and organize a clear and active maintenance strategy for the wastewater treatment plant to utilize. New strategy is aiming among other things on cost effectiveness, optimizing employee competence and maintaining statistics of maintenance history.

Knowledge based part of the thesis examines maintenance process in general and the four commonly known maintenance strategies as well as the instruments available for each maintenance strategy.

Experimental part of the thesis consists of conducting a workshop together with the personnel of wastewater treatment plant. Aim of the workshop is to agree on the final objective for the maintenance strategy. Final stage of the workshop is to generate new maintenance strategy. The knowledge based section is comparing the best features of each four commonly known maintenance strategies. Strategy is created after the comparison and by taking the objectives of the work it-self into consideration.

Conclusion part of the thesis reviews the results as well as possible challenges of the chosen maintenance strategy and the effects the chosen strategy has on daily maintenance work at the Kemi wastewater treatment plant.

Key words                      Maintenance strategy, wastewater treatment plant, RCM, TPM, risk analysis

## SISÄLLYS

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | JOHDANTO .....   | 6  |
| 1.1   | Aiheen esittely .....  | 6  |
| 1.2   | Tutkimus- ja kehitystyön tausta, tavoitteet, haasteet ja rajaukset ..... | 6  |
| 2     | PROSESSITEOLLISUUDEN KUNNOSSAPITO.....                                   | 8  |
| 2.1   | Kunnossapito käsitteenä.....   | 8  |
| 2.2   | Kunnossapitolajit.....   | 10 |
| 3     | EHKÄISEVÄ JA KORJAAVA KUNNOSSAPITO .....                                 | 13 |
| 3.1   | Ehkäisevä kunnossapito .....   | 13 |
| 3.1.1 | Kunnonvalvonta ja sen menetelmät .....                                   | 14 |
| 3.2   | Korjaava kunnossapito.....   | 16 |
| 4     | RISKIENHALLINTA .....  | 18 |
| 4.1   | Riskienhallintaprosessi .....  | 18 |
| 5     | KUNNOSSAPITOSTRATEGIAT.....  | 22 |
| 5.1   | Yleistä .....  | 22 |
| 5.2   | Luotettavuuskeskeinen kunnossapito - RCM.....                            | 22 |
| 5.2.1 | Prosessi .....   | 23 |
| 5.2.2 | Kriittisyysluokittelu .....  | 24 |
| 5.2.3 | Kriittisyysluokittelu PSK 6800 standardin mukaisesti .....               | 24 |
| 5.2.4 | Painoarvojen määrittäminen.....  | 26 |
| 5.2.5 | Laitteiden kriittisyys .....   | 27 |
| 5.2.6 | Painoarvotekijät.....  | 28 |
| 5.2.7 | Kriittisyysluokittelu teko .....   | 31 |
| 5.3   | Tuottava kunnossapito - TPM.....   | 32 |
| 5.4   | Tuotanto-omaisuuden hallinta - Asset Management.....                     | 34 |
| 5.5   | Laatujohtaminen - Six Sigma .....  | 37 |
| 6     | KEMIN JÄTEVEDENPUHDISTAMO .....  | 40 |
| 6.1   | Yleistä .....  | 40 |
| 6.2   | Laitoksen esittely .....   | 40 |
| 6.3   | Prosessin ohjaus ja kaukovalvonta .....                                  | 41 |
| 7     | KEMIN JÄTEVEDENPUHDISTAMON NYKYTILA.....                                 | 44 |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 7.1 | Suurimmat kunnossapidolliset haasteet puhdistamalla..... | 45 |
| 8   | KUNNOSSAPIDON MUUTOS TYÖPAJAN AVULLA .....               | 46 |
| 8.1 | Vertailun vaiheet .....                                  | 46 |
| 8.2 | Työpaja .....  | 46 |
| 8.3 | RCM-mallin hyödyt .....                                  | 48 |
| 8.4 | TPM-mallin hyödyt .....                                  | 49 |
| 8.5 | Asset Managementin hyödyt.....                           | 50 |
| 8.6 | Six Sigman hyödyt .....                                  | 51 |
| 8.7 | Hyötyjen yhteenveto .....                                | 51 |
| 9   | LOPULLISEN STRATEGIAN VALINTA.....                       | 53 |
| 9.1 | Kriittiset laitteet .....                                | 53 |
| 9.2 | Kriittisyysluokittelu .....                              | 53 |
| 9.3 | Kriittisyysluokittelun tulokset .....                    | 56 |
| 9.4 | Ennakkohuolto ja jaksotettu huolto .....                 | 57 |
| 9.5 | Jatkuva kunnonseuranta.....                              | 58 |
| 9.6 | Pitstop-huollot ja kunnonseuranta.....                   | 59 |
| 10  | POHDINTA .....   | 60 |
|     | LÄHTEET.....   | 62 |

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Aiheen esittely

Tässä opinnäytetyössä pyritään tutkimaan nykyaikaisia prosessiteollisuuden kunnossapitostrategioita ja kehittämään tutkimusten tietojen avulla toimiva kunnossapitostrategia Kemin jätevedenpuhdistamolle. Opinnäytetyön aiheen valinta perustuu tarpeeseen nostaa Kemin jätevedenpuhdistamon kunnossapidon tila nykyaikaiseen ja kustannustehokkaaseen kunnossapitoon. Aihe on hyvin ajankohtainen, sillä käyttömenot ja kunnossapitokustannukset ovat olleet kasvussa eikä niitä saada käännettyä laskuun ilman selvää strategian muutosta. Henkilös- töresurssit ovat vuosien saatossa myös pienentyneet, joten töiden järjestelyllä ja henkilöstön osaamisen oikeantapaisilla huomioilla saadaan resurssit kohdistet- tua oikein.

Kunnossapitostrategialla tarkoitetaan, että laitoksella on käytössään keinot, joi- den avulla saavutetaan kunnossapidon tavoitteet. Strategiassa on huomioitu mm. henkilöstön osaaminen, korjauskustannukset, toimintaympäristö ja työkalut. Näillä tavoitellaan laitteiston käyttövarmuuden parantamista, ennakkosovittuja huoltoaikatauluja, huoltohistorian ylläpitoa ja turhien korjauskustannusten mini- moimista.

Kemin Peurasaaren jätevedenpuhdistamo on vihitty käyttöön vuoden 1982 tam- mikuussa ja on rakeenteellisesti jo hyvin vanha. Kunnossapidon merkitys on viime vuosina lisääntynyt juuri laitoksen ikääntymisen takia. Jätevedenpuhdist- moilla laitteiden kunnossapito on hyvin tärkeää. Laitosta ei voida ajaa alas, jos jokin tärkeä putki tai pumppu hajoaa. Jätevedenpuhdistusprosessi on pidettävä käynnissä koko ajan ja sen on toimittava lupaehtojen mukaisesti.

### 1.2 Tutkimus- ja kehitystyön tausta, tavoitteet, haasteet ja rajaukset

Kemin jätevedenpuhdistamon kunnossapidon suurin ongelma on ollut, että kun- nossapito on ollut vuosien saatossa lähinnä niin sanotusti korjaavaa kunnossapi- toa eli laitteita on korjattu sitä mukaan, kun niitä on hajonnut. Korjausten histo- riatietoaja ei ole myöskään pidetty yllä, vaan ne ovat olleet työntekijöiden muistin

varassa. Laitteiden käyttö- ja huolto-ohjeet ovat olleet sekaisin ja niitä on ollut vaikea löytää. Samoin suunnittelukuviin tehdyt muutokset ovat jääneet tekemättä. Edellä mainittujen syiden vuoksi tarve strategiselle muutokselle on suuri.

Muutoksen saavuttamiseksi opinnäytetyössä tutkitaan ja vertaillaan tämän päivän kunnossapidon trendeinä toimivia kunnossapitostrategioita. Valitut kunnossapitostrategiat ovat luotettavuuskeskeisen kunnossapidon RCM-malli ja tuottavan kunnossapidon TPM-malli. Kaksi muuta tutkimuksen kunnossapitostrategiaa ovat Asset Management ja Six Sigma.

Kehitystyön haasteena voidaan pitää käytössä olevien koneiden ja laitteiden nykykunnan arviointia ja niiden huolto-ohjelmien päivittämistä. Haasteena voidaan pitää myös henkilöstön mahdollista negatiivista suhtautumista uusiin kunnossapidon toimintatapoihin. Nykyaikaisen tietoteknisen kunnossapitojärjestelmän puuttuminen lisää hankaluuksia toteuttaa ja ylläpitää ajan tasalla oleva laitekantaa ja huoltohistoriaa. Tavoitteena on, että kunnossapitojärjestelmä saataisiin opinnäytetyön aikana jätevedenpuhdistamolle.

Opinnäytetyö on kaksi vaiheinen. Alun tietoperusteisessa osiossa kerrotaan yleisesti kunnossapidosta, kunnossapitostrategioista, kunnossapidon eri käsitteistä ja riskien hallinnasta. Lopuksi esitellään jätevedenpuhdistamo ja kerrotaan käytössä olevasta kunnossapidosta ja sen tilasta. Jälkimmäisessä kokeellisessa osassa, keskitytään luomaan oma kunnossapitostrategia.

Strategian luonnissa käytetään apuna työpajaa, joka järjestetään henkilökunnan kesken. Työpajassa käydään läpi opinnäytetyön tavoitteita ja annetaan osallistujille mahdollisuus vaikuttaa niihin. Tämän jälkeen tehdään yhteenveto, jonka pohjana käytetään tietoperusteisessa osuudessa esille tuotujen strategioiden parhaiten soveltuvia osa-alueita. Työssä keskitytään pelkästään teollisuuden kunnossapitoon. Jätevedenpuhdistusprosessi ja sen eri vaiheet on rajattu pois.

## 2 PROSESSITEOLLISUUDEN KUNNOSSAPITO

### 2.1 Kunnossapito käsitteenä

Kunnossapito on hyvin laaja käsite. Yleisesti se tunnetaan toimintana, jossa käyttöomaisuutta pyritään pitämään kunnossa tai vastaavasti palauttamaan kuntoon. (Pintelon & Parodi-Herz 2008, 22.) Hyvällä kunnossapidolla taataan häiriötön ja turvallinen prosessi.

Kunnossapidon merkitys on muuttunut vuosien saatossa. Teollistumisen lähdettyä käyntiin 1900-luvun alkupuolella kunnossapito käsitti tunnetusti vain laitteiden korjausta niiden rikkoonnutta. Hyvin harvassa oli ne paikat, jossa suoritettiin laitteiden ja koneiden rasvausta ja puhdistusta. Jos sen aikaisesta kunnossapidosta hakee yhtäläisyyksiä tämän päivän kunnossapidon kanssa, niin laitteet yritettiin saada korjattua yhtä nopeasti kuin tänäkin päivänä. (Laine 2010, 105.)

Kun 1900-lukua tultiin eteenpäin, niin työvoiman riippuvuus koneisiin kasvoi. Pikkuhiljaa pyrittiin ennaltaehkäisemään laiterikkoja ja näin alkoi syntyä suunniteltua kunnossapitoa määräaikaishuoltoineen. Alkuvuosina laitteille tehtiin kuitenkin määräaikaishuoltoja turhan tiuhaan, jolloin myös asennusvirheiden määrä kasvoi. Tämä johti kunnossapitokustannuksien nousuun. Tästä viisastuneena kunnossapidossa alettiin kiinnittää huomiota kustannusten seurantaan ja laitteiden elinkaaren maksimointiin. (Moubray 1997, 2–5.)

1900-luvun puolen välin jälkeen kunnossapito alkoi kehittyä entistä suuremmin harppauksin. Koneiden luotettavuus ja käytettävyys tulivat entistä tärkeimmiksi ja alettiin myös kiinnittää huomiota turvallisuuteen ja ympäristöön. Tietotekniikan ja automaation tullessa mukaan 1970–1980-luvulla alkoi kehittyä myös kunnonvalvonta. (Moubray 1997, 2–5.)

Kunnossapito on perinteisesti ymmärretty olevan vain vikojen korjausta ja iso kustannuserä, mutta nykyisin tämä käsitys on laajentunut olevan käyttöomaisuuden tuottokyvyn ylläpitämistä, säätämistä ja säilyttämistä. Prosessiteollisuuden laitos on hankkinut koneen tekemään jotain haluttua tehtävää. Kunnossapitäjiltä odotetaan, että he varmistavat kyseiset odotukset. ”. (Järviö, Piispa, Parantainen



& Åström 2007, 12). Määritelmän mukaan ”kunnossapitoon kuuluvat myös seuraavat asiat: laitteen toiminnan ylläpitäminen, laitteen käytön turvallisuus, laitteen laaduntuottokyky, laitteen elinjakson hallinta, oikeiden käyttöolosuhteiden noudattaminen, palauttaminen alkuperäiseen kuntoon, koneen modernisointi, suunnitteluheikkouksien korjaaminen sekä käyttö- ja kunnossapitotaitojen kehittäminen”. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 13.)

Tämän päivän kunnossapidossa pyritään ennaltaehkäisemään rikkoontumisia. Laitteiden ja koneiden kuntoa tutkitaan niiden käynnin aikana erilaisilla kunnonvalvontalaitteilla ja lisäksi niiden huoltovälit suunnitellaan siten, että laitteiden huoltopysähdyksistä aiheuttamat haitat jäävät eri tuotantolaitoksilla mahdollisimman pieniksi. Kaiken kaikkiaan pyritään siihen, että yllättäviä konerikkoja ei tulisi, jolloin tuotanto pysyy tasalaatuisena ja kustannustehokkaana.

Tulevaisuudessa kunnossapito tulee nojamaan entistä enemmän analytiikkaan ja tiedonkeräämiseen. Mobiililaitteet ja internet mahdollistavat prosessin seurannan reaaliaikaisesti myös etänä, jolloin pystytään nopeammin reagoimaan poikkeamiin ja näin estämään mahdolliset tulevat vauriot. (Promaint 2016.)

Kunnossapidolle on kansainvälisiä määritelmiä, kuten Euroopan unionin SFS-EN 13306 asettama standardi. Ne määrittelevät sen tason, jolla kaikkialla Euroopan unionissa on toimittava. SFS-EN 13306:2017 standardi määrittelee kunnossapidon merkitystä seuraavasti: ”Kunnossapito pitää sisällään kaikki kohteen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon” (SFS-EN 13306:2017, 5). Kunnossapito on käsityksenä samanlainen eri teollisuuden alojen ja muiden toimialojen välillä. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 15–16.)

Standardi PSK 6201 puolestaan määrittää ennaltaehkäisevää kunnossapitoa seuraavasti: ”kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurioituminen”. Sen päällimmäisenä tarkoituksena on pienentää koneiden vikaantumisen todennäköisyyttä sekä vähentää koneen tai jonkin komponentin toimintakyvyn huonontumista. Ehkäisevä kunnossapito voi perustua aikataulutettuihin, jatkuviin

tai sitten tarpeen vaatiessa tehtäviin toimenpiteisiin. Ehkäisevä kunnossapito käsittää muun muassa seuraavia tehtäviä:

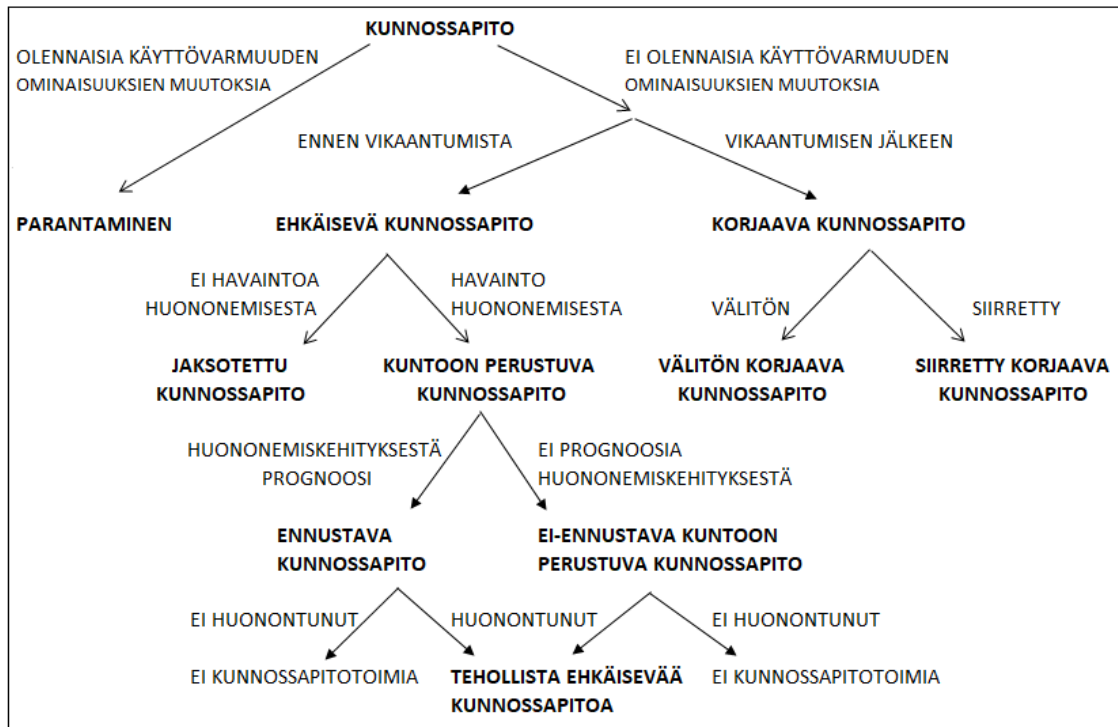
- tarkastukset
- kunnonvalvonta
- testaukset ja toimintakunnon toteamiset
- käynninvalvonta
- vikaantumistietojen analysointi
- määräystenmukaisuuden toteaminen. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 50; Järviö 2006, 66.)

Kohteiden suorituskyvyn tai parametrien aktiivisen seuraamisen perusteella pysyttään suunnittelemaan ja aikatauluttamaan tarpeellisia toimenpiteitä suoritustason ylläpitämiseksi halutun tason yläpuolella, jolloin korjaavan kunnossapidon osuus laskee. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 50; Järviö 2006, 66.)

## 2.2 Kunnossapitolajit

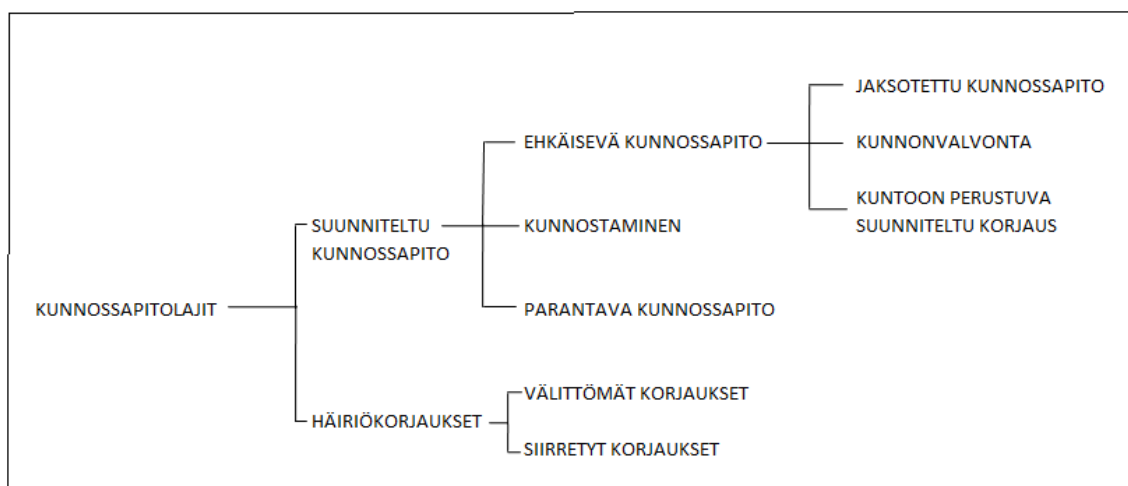
Kunnossapitolajit muodostavat tehokkaan ja turvallisen kunnossapidon johtamisen. Lajit toimivat kunnossapidon perustana ja niillä on tärkeä merkitys kunnossapidon toteuttamisessa ja sen analysoinnissa toiminnan aikana. Kustannusten ja tehtyjen toimintojen suhdetta sekä toteutumista voidaan tarkastella eri kunnossapitolajien mukaan. Kunnossapitotoiminnalle voidaan asettaa tavoitteita ja seurata niiden onnistumista kunnossapitolajeihin perustuvilla tunnusluvuilla. Kunnossapito voidaan jaotella suunniteltuihin eli proaktiivisiin kunnossapitotehtäviin ja suunnittelemattomiin eli reaktiivisiin kunnossapitotehtäviin. (Järviö & Lehtiö, 2012, 46.)

SFS-EN 13306 standardissa on määritelty kunnossapito jaoteltavaksi eri kunnossapitolajeihin. Jaottelu määräytyy sen mukaan, kuinka vika on havaittu, ja vaikuttaako se laitteiston toimintaan. Kuviossa 1. on esitetty kunnossapitolajit SFS-EN 13306 mukaisesti.



Kuvio 1. Kunnossapitolajit (SFS-EN 13306:2017, 22)

Standardi PSK 7501 jaottelee kunnossapitolajit sen mukaan, että onko kunnossapito suunniteltua vai onko kunnossapidosta häiriötä tuotannolle. Kuviossa 2. on esitetty tarkemmin standardin PSK 7501 jakautuminen.



Kuvio 2. Kunnossapidonlajit (PSK standardi 7501, 2010)

PSK standardissa 7501 häiriökorjauksella tarkoitetaan vikaantuneen kohteen palauttamista toimintakuntoon ja käyttöturvallisuudeltaan alkuperäiseen tilaansa. Häiriökorjaus voi olla joko välitön tai siirretty. Välitön korjaus tehdään välittömästi vian havaitsemisen jälkeen, jotta toimintakunto saadaan palautettua tai rajoitettua viasta johtuvia seurauksia hyväksytylle tasolle. Mikäli korjausta ei suoriteta heti vian havaitsemisen jälkeen, vaan siirretään tehtäväksi organisaation tai tuotannon tilan sen salliessa, kyseessä on siirretty häiriökorjaus. (Mikkonen 2009, 97.)

Suunniteltu kunnossapito jaetaan ehkäisevään ja parantavaan kunnossapitoon, sekä kunnostamiseen. Parantavalla kunnossapidolla tarkoitetaan kohteen kehittämistä luotettavuuden ja/tai kunnossapidettävyyden osalta muuttamatta sen toimintoa. Kunnostamiseen kuuluu vaurioituneen ja pois käytöstä otetun tai kuluneen kohteen palauttaminen käyttökuntoon. Ehkäisevän kunnossapidon tarkoitus on ylläpitää kohteen käyttöominaisuudet ja estää kohteen rikkoontuminen ennakoon. (Mikkonen 2009, 97.)

### 3 EHKÄISEVÄ JA KORJAAVA KUNNOSSAPITO

#### 3.1 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevällä kunnossapidolla pyritään arvioimaan tai vähentämään tuotantolaitteen heikentymistä tai vikaantumisen todennäköisyyttä ennakkoon. (SFS-EN 13306:2017, 13). Näin pystytään estämään esimerkiksi syntyvä tuotantokatkos tai ympäristön turmeltuminen. Mahdollisesti vikaantuva koneen osa tai komponentti vaihdetaan uuteen ennen kuin se ehtii rikkoontua. Ehkäisevä kunnossapito jaetaan jaksoitettuun eli määräajoin tehtäviin toimiin ja kuntoon perustuvaan kunnossapitoon. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 49–50.)

Mittausten ja tarkastusten lisäksi ehkäisevään kunnossapitoon sisältyvät muun muassa laitteiden määräysten mukaisuuden ja toimintakunnon toteaminen, käynninvalvonta sekä vikaantumistietojen analysointi. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 50.)

Ehkäisevä kunnossapito voidaan käsittää terminä myös väärin. Esimerkiksi monet yritykset ja teollisuuslaitokset pyrkivät reagoimaan vikaantumisiin ja rikkoihin nopeasti. Tämä voi antaa käsityksen, että kyseessä olisi ehkäisevä kunnossapito. Todellisuudessa reagoiva kunnossapito on kallis ja resursseja sitova kunnossapidon malli. (Smith & Hinchcliffe 2004, 19–20.)

Ehkäisevän kunnossapidon toimivuus perustuu etukäteen suunniteltuihin huolto-osisokkeihin. Huoltojen aikataulut tulee olla kaikille huoltoon osallistuville selvät ja tarvittavat varaosat toimitetaan huoltokohteen luokse ennen pysäytystä.

Ehkäisevä kunnossapito helpottaa ja tehostaa kunnossapitohenkilöstön työskentelyä. Esimerkiksi kunnonvalvonnassa havaittu laakerivikainen pumppu voidaan vaihtaa suunnitellusti sopivassa huoltokatkossa ja näin ollen vältetään yllättävän laiterikkoantumisen tuomat ongelmat. Suunnitelmallisuus lisää myös henkilöstön tehokkuutta. Jos strategiana on vaihtoehtoisesti korjaava kunnossapito, voi toimenpiteitä harvoin suunnitella etukäteen. Tällöin tuotantokatkokset voivat olla pitempiä, ympäristö- ja turvallisuusriskit suurempia. Ehkäisevää kunnossapitoa

kannattaa siis suorittaa, jos tuotantokatkoksesta aiheutuvat taloudelliset menetykset tai vahingot ovat suurempia kuin itse kunnossapitokustannukset. (Järviö & Piispa & Parantainen & Åström 2007, 73.)

Jaksotettu huolto on ehkäisevän kunnossapidon toimenpide, laitteiden käyttömäärään tai aikaan. Huolto pitää sisällään yleensä laitteiden puhdistuksen ja voitelun sekä kuluvien osien vaihdon ja säätämisen. (Swanson 2001, 238; Mikkonen 2009, 97.)

### 3.1.1 Kunnonvalvonta ja sen menetelmät

Kuntoon perustuva kunnossapito on tärkeä osa ehkäisevää kunnossapitoa ja sen olennaisena osana toimii kunnonvalvonta. Standardi PSK 6201 mukaan kunnonvalvonnalla määritetään laitteen toimintakunnon nykytila erilaisilla mittausvälineillä, aisteilla sekä erilaisilla tarkastuksilla. (PSK 6201 2011, 23.)

Kunnonvalvonnan avulla pyritään havaitsemaan laitteen alkava vikaantumisen hyvissä ajoin, jotta korjaaminen voidaan tehdä suunnitellusti ennen komponentin rikkoutumista. Laitteiden komponentit ja niiden vikaantumismekanismit määrittävät kunnonvalvontatekniikat, menetelmät ja mitattavat suureet, joita kunnonvalvonnassa tulisi käyttää. (Mikkonen 2009, 162.)

Onnistunut kunnonvalvonta perustuu tarkkaan suunnitteluun. Ensimmäiseksi tulisi määrittää laitoksen koneiden kriittisyys ja niiden kunnonvalvonnan tarve, jonka jälkeen voidaan selvittää konekohtaisesti soveltuvat valvontamenetelmät. Tämän jälkeen arvioidaan valvontamenetelmien tekninen toteutettavuus ja valitaan kunnonvalvonnan piiriin kohteet, joiden valvonnan toteuttaminen on taloudellisesti järkevää. Valituille kohteille tehdään kunnonvalvontasuunnitelma, jossa määritetään seuraavat asiat:

- käytettävät menetelmät ja niiden raja-arvot
- mittausten välit
- käytettävät mittausjärjestelmät
- mittaamisen käytännön järjestelyt

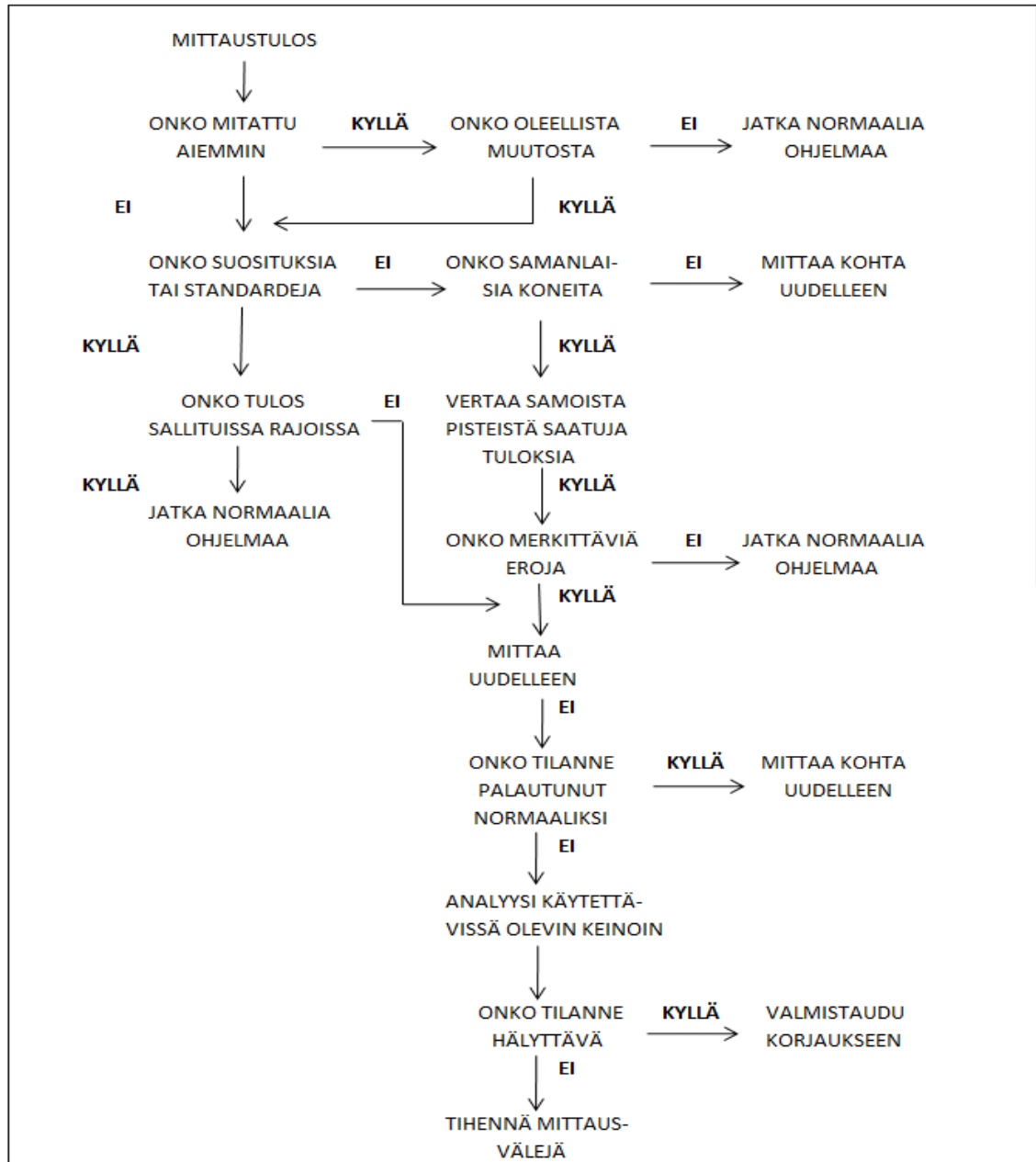
- mittaustulosten raportointi, dokumentointi ja seuranta. (Mikkonen 2009, 162.)

Kunnonvalvonnan yhtenä tärkeänä menetelmänä toimii mittaava kunnossapito. Se on kehitetty ihmisen aistinvaraisen kunnonvalvonnan avuksi. Se soveltuu parhaiten hitaasti kehittyvien vikojen, kuten kulumavaurioiden, havaitsemiseen ja analysointiin. (Rossi 1993, 30.)

Rossin mukaan mittaavan kunnonvalvonnan menetelmät tulevat olla luotettavia ja niiden tulosten tulee antaa riittävästi tietoa. Mittaus ei saa olla liian monimutkainen ja ne eivät saa olla mittaajasta riippuvaisia. Tulosten tulee olla yksiselitteisiä ja helposti dokumentoitavissa. (Rossi 1993, 30.)

Mittaavan kunnonvalvonnan mittausmenetelmät riippuvat mittauksen kohteesta. Värähtelymittauksia käytetään pyörivien koneiden ja laitteiden mittauksessa. Öljy- ja voiteluaineita voidaan seurata eri menetelmin. Lämpötilamittauksilla voidaan seurata esimerkiksi laakereiden lämpötiloja. Raja-arvoille voidaan asettaa myös raja-arvoja. Saavuttaessa asetetut raja-arvot voidaan seuraavassa huolto-oseisokissa varautua paremmin korjaamaan vikaantuva kohde. Automaatiosta saadaan myös raja-arvojen trendit, joiden avulla pystytään arvioimaan paremmin kohteiden käyttöikä. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä & Urpalainen 2013, 203.) Putkien vahvuuksia ja korroosion aiheuttamia kulumia mitataan NDT-menetelmiin kuuluvilla ultra- ja röntgenmittauslaitteilla.

Kahden tai useamman mittausmenetelmän yhtäaikainen käyttö varmistaa mittauksen luotettavuutta. Tyypillinen yhdistelmä on värähtelymittausten ja öljyanalyysin käyttö. Vikojen tunnistaminen helpottuu, jos analysoidaan myös aikaisempia mittaustuloksia. Ihanteellisessa tapauksessa voidaan tutkia vikojen aiheuttamia mittaustulosten muutoksia. Tällaisen tiedon puuttuessa on järkevintä turvautua kirjallisuudessa esitettyihin kuvion 3 mukaisiin vianhakutaulukoihin ja laitevalmistajan suosituksiin sekä standardeihin. (Rossi 1993, 30.)



KUVIO 3. Kunnonseurantamittauksen toimenpiteet (mukailien Rossi 1993, 31).

### 3.2 Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito on yksi vanhimmista ja yleisimmistä käytössä olevista kunnossapidon lajeista. Korjaavassa kunnossapidossa saatetaan vikaantunut laite takaisin käyttökuntoon. Korjaavan kunnossapidon muotoja ovat välitön ja siirretty korjaaminen. Välittömässä korjaamisessa vikaantunutta laitetta ryhdytään heti korjaamaan. Nämä laitteet ovat yleensä tuotantoprosessin käynnin kan-



nalta välttämättömiä ja ne tulee saada korjattua niin pian kuin mahdollista. Siirretyssä korjaamisessa laitteen korjaaminen käyttökuntoon heti ei ole niin pakollista. Laitteen korjaaminen voidaan tehdä esimerkiksi suunnitellun korjausseinokin aikana. Tällöin työ ehditään esivalmistella hyvin. (PSK 6201 2011, 23.)

Korjaavaa kunnossapitoa pidetään usein hyvin kalliina korjausmuotona, koska laite voi hajota hetkenä, jolloin korjausmiehiä ei ole nopeasti saatavilla. Rikkoonnut laite voi ajaa myös ison tuotantolaitoksen alas aiheuttaen suuret tuotantomenetykset. Yllättävän laiterikon vuoksi korjaaminen voi kestää kauan, koska hajoamisen juurisyy on hajoamisen hetkellä usein epäselvä. Tällöin laitteen korjaamiseen voi mennä kauan ja laitteen aiheuttamien vaurioiden laajuus voi olla epäselvä. Nykyään kunnossapidon kehityttyä korjaava kunnossapito on vähentynyt ennakkohuollon ja jaksotetun huollon ansiosta.

Korjaava kunnossapito on hyvä keino määrittää kohteen elinaika huoltovälien pituutta tarkastelemalla. Korjaavaa kunnossapitoa tarvitaan yllättävissä häiriötilanteissa ja suunnitelluissa kunnostustöissä. Häiriötilanteessa määritellään häiriön syy ja paikallistetaan mahdollinen vika. Vian tunnistamisen ja paikallistamisen jälkeen se korjataan ja palautetaan laite taas toimintakuntoon. (Järviö & Lehtiö 2012, 51.)

## 4 RISKIENHALLINTA

### 4.1 Riskienhallintaprosessi

Riskienhallinnalla on koordinoitu toiminta, jolla luodaan organisaation haluamia arvoja tai ylläpidetään niitä. Hyvä riskienhallinta parantaa motivaatiota ja se tukee jatkuvaa kehitystä ja tavoitteiden saavuttamista. SFS-EN 31010 standardi määrittelee riskienhallinnan tavoitteet seuraavasti: ”sen nimenomaisen järjestelmän tai prosessin tavoitteet, jonka riski on määrä arvioida, olisi määriteltävä, ja jos se on käytännöllistä, dokumentoitava. Tämä helpottaa riskin tunnistamista sen seurausten ymmärtämistä”. (SFS-ISO 31000:2018, 7; SFS-EN 31010 2019, 11.)

Riskienhallinta on osa yrityksen johtamista ja usein yrityksen riskit kohdistuvat toiminnallisiin muutoksiin ja tavoitteisiin, joilla pyritään turvaamaan päivittäinen tieto ja taloudellinen toiminta. Riskien hallinta on onnistunut, kun sen tekoon on osallistunut kaikki työntekijät. Näin pystytään minimoimaan riskit ja niistä aiheutuvat vahingot. (Viitala & Jylhä 2014, 340–341.)

Riskienhallinnan puuttuminen tai epäonnistuminen voi aiheuttaa huonoja lopputuloksia. Riskien kohdalla toimintatavat voivat olla väärä tai sitten riskejä ei ole tunnistettu lainkaan. Riskien hallinnan epäonnistuminen heijastuu organisaatioon tehottomuutena, väärinä toimintamalleina tai kesken jääneinä projekteina. (Hopkin 2017, 5.)

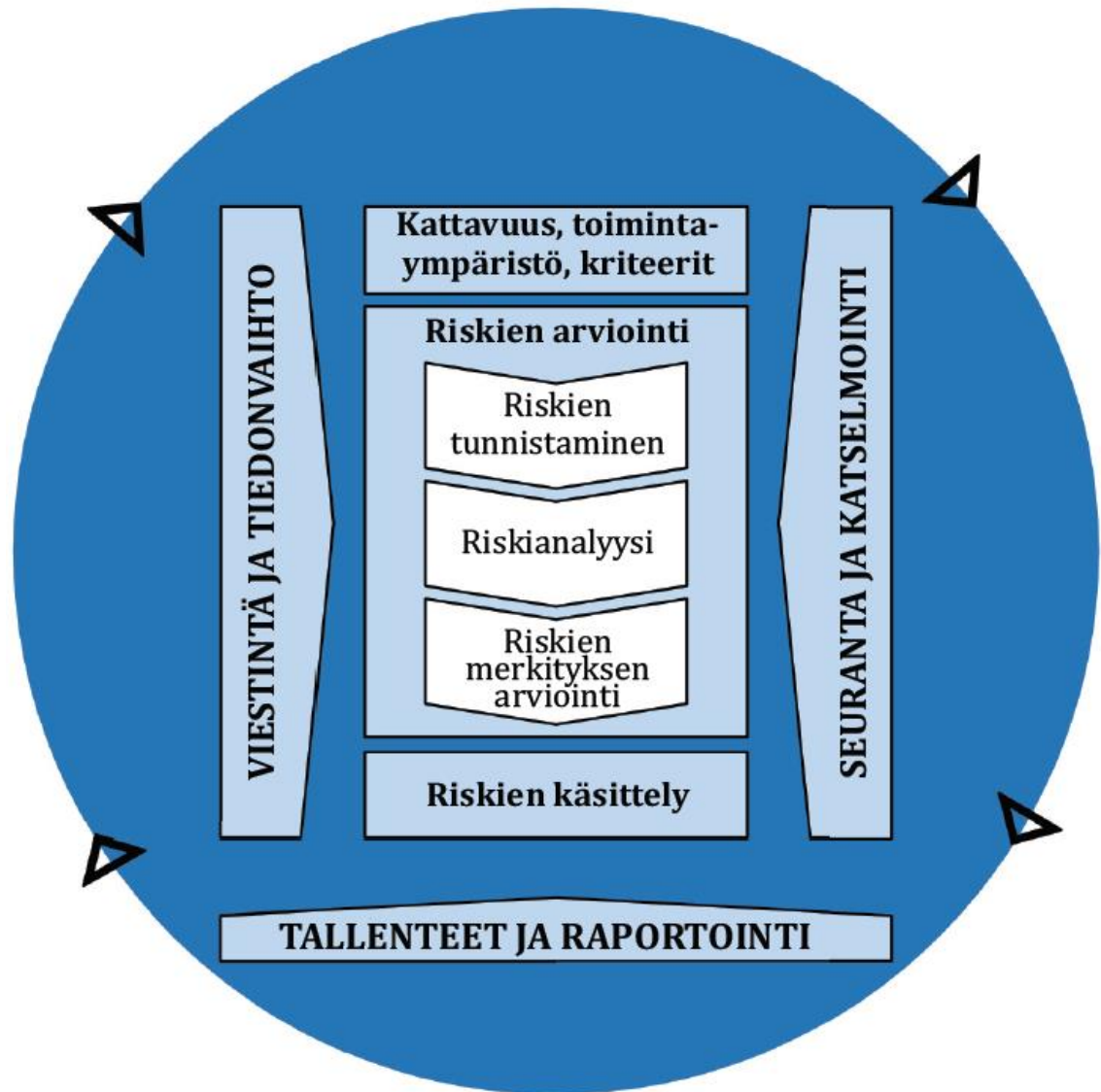
SFS-ISO 31000:n mukaan riskien arviointi on kokonaisprosessi ja se koostuu kolmesta päävaiheesta, joita ovat; riskien tunnistaminen, riskianalyysi ja riskin merkityksen arviointi. Riskien arvioinnilla pyritään löytämään merkittävimmät riskit työpaikan kannalta. Riskien arviointi auttaa parantamaan päätöksentekoon liittyvien lähtötekijöiden määrittelyä ja sitä kautta se auttaa organisaation strategian luomisessa ja kehittämisessä. (Hopkin 2012, 139.) Riskienhallintaprosessin sisältämät toiminnot on kuvattu kuviossa 4.

Riskienhallintaprosessin ensimmäisenä vaiheena on viestintä ja tiedonvaihto. Kyseessä on tärkeä vaihe, jossa organisaation eri näkökannat ja toimintamallit tulevat esille. Vaihe antaa lisätietoja riskeistä ja auttaa ymmärtämään riskejä parem-

min. Vaiheella tavoitellaan ISO 31000 standardin mukaan myös sitä, että saadaan kaikki mahdollinen asiantuntemus riskien hallinnan eri vaiheisiin. (SFS-ISO 31000 2018, 5.)

Riskien tunnistamisessa pyritään havaitsemaan ja kuvaamaan riskit. Se toimii omana prosessina, joka lähtee liikkeelle tunnistamalla riskin lähteet, tapahtumat, syyt ja seuraukset. Tärkeintä olisi, että organisaatiossa olisi ajankohtainen asiantuntemus. (SFS-FI ISO 31000 2018, 16.)

Kaikissa organisaatioissa ja niiden toiminnoissa on riskejä, joita pyritään hallitsemaan ja pääsemään niihin kiinni riskienhallinnan keinoin. Se tapahtuu tunnistamalla ja analysoimalla riskejä sekä tarvittaessa vaikuttamalla riskeihin. (SFS-ISO 31000 2018, 6.) Riskinarviointia käytetään yleisesti myös kunnossapidon suunnittelemisessa, sillä analyysin tulosten perusteella voidaan parantaa kunnossapidon tehokkuutta ohjaamalla ja ajoittamalla kunnossapidon resurssit ja toiminnot merkittävimpien riskien pienentämiseksi. Luotettavuuskeskeisen kunnossapidon toimintamalli RCM käyttääkin riskinarviointia kunnossapitomenetelmien määrittämiseksi. (Backlund & Hannu 2002, 78.)



Kuvio 4. Riskienhallintaprosessi (SFS-ISO 31000 2018, 14.)

Riskien tunnistamisen jälkeen tulee riskianalyysi, joka on pohjimmiltaan syiden ja seurausten, riskilähteiden ja todennäköisyyksien tarkastelua. Se on lähtökohta riskin merkityksen arvioinnille ja päätöksille, että tarvitseeko riskejä käsitellä ja mitkä ovat sopivimmat keinot. Analyysissä pyritään huomaamaan kaikki eri vaihtoehdot, jotka myötävaikuttavat riskin todennäköisyyteen ja seurausten laajuuteen. Analyysissä tulee ottaa huomioon seuraavat seikat:

- Tapahtumien ja seurausten todennäköisyys, luonne ja suuruus
- Monimutkaisuus ja liittymäkohdat
- Aikaan liittyvät tekijät ja vaihtelu

- Nykyisten hallintakeinojen vaikuttavuus
- Herkkyys- ja luottamustasot. (ISO 31000:20018, 17.)

Riskin todennäköisyyttä arvioidessa tulee riskille asettaa arvot, minkä välillä riski on mahdollista tapahtua. Arvojen ääripäissä ei ole kyse enää riskistä, sillä toisessa ääripäässä riski tapahtuu varmasti ja toisessa sitä ei tapahdu. Toimintaympäristön laajuus ja prosessin monimutkaisuus vaikeuttavat riskin arvioimista. (Kuusela & Ollikainen 2005, 27–29.)

Analyysiä varten on kehitetty paljon erilaisia työkaluja, jotka ovat suunniteltu erilaisiin käyttötarkoituksiin. Työkalun valinta kohdistuu yleensä sen mukaan mitä minkälaisia palveluja yritys tuottaa. Kaikissa työkaluissa päämääränä on saada tietää suurimmat riskit ennakkoon ja estää näin niiden synty. Esimerkiksi teollisuudessa luotettavuuskeskeinen kunnossapito käyttää vika- ja vaikutusanalyysiä VVA:ta analysoimalla kriittisiä laitteita. (Järvio 2006, 127.) Jos halutaan analysoida yrityksen toimintaympäristöä kuten henkilöstöä tai yrityksen tulevaisuutta, niin SWOT-analyysi on sopivin. Analyysin nimi tulee sanoista strengths, weaknesses, opportunities ja threats. Suomennettuna yritys voi löytää analyysillä toimintaympäristön vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat. (Koskinen 2006, 36.)

Ennen riskien käsittelyä valitaan ja arvioidaan riskit ja vaihtoehdot niiden toteuttamiseen. Valinnassa huomioidaan niiden kustannusvaikutukset, työmäärä tai onko toteutustavan huonoja puolia enemmän kuin lopullisia hyötyjä. Arviointiin vaikuttaa myös riskienottohalukkuus, joka vaihtelee yritysten välillä. Hyvästä esisuunnittelusta huolimatta, käsittely voi tuottaa positiivisten tulosten rinnalle negatiivisia tuloksia. (SFS-ISO 31000 2018, 18–19.)

## 5 KUNNOSSAPITOSTRATEGIAT

### 5.1 Yleistä

Kunnossapitostrategia tiivistää yrityksen päivittäisen kunnossapitotoiminnan. Kunnossapitostrategian valinnassa tulee ottaa huomioon käytössä olevat resurssit kuten laitteisto, - budjetti- ja henkilöstöresurssit. Nämä resurssit yleensä määräävät miten kunnossapitostrategioita pystytään hyödyntämään ja sitä kautta saadaan visio omasta kunnossapidon mallista. Usein myös yritysten teollisuuden ala on määräävänä tekijänä, kun valitaan strategiaa. Esimerkiksi prosessiteollisuudessa laitteistot ovat käynnissä koko ajan, jonka vuoksi strategia painottuu suunniteltuun kunnossapitoon tai jos resurssit ovat huonot, niin strategian toimintamallina voi olla jopa korjaavaa kunnossapitoa. Myös yrityksen liiketoiminnan tavoitteet ohjaavat kunnossapidon strategisia valintoja. (Mikkonen 2009, 103.)

### 5.2 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito - RCM

RCM luotettavuuskeskeinen kunnossapito tulee englannin kielen sanoista Reliability Centred Maintenance. Kyseinen kunnossapidon malli on kehitetty 1960-luvun loppupuolella siviili-ilmailun tarpeisiin, josta se on levinnyt moniin eri teollisuuden aloille. RCM-strategian avulla pystytään rakentamaan yritykselle ehkäisevän kunnossapidon ohjelma, joka perustuu laitteiston ja rakenteiden käyttötöiminnan turvallisuuden, käytettävyyden ja taloudellisuuden paranemiseen. (Järviö 2000, 20.)

Pääajatus luotettavuuskeskeisessä kunnossapidossa on kohdistaa kunnossapito laitteisiin, jotka ovat kriittisimmät tuotannon kannalta. Menetelmässä otetaan huomioon tuotantomenetysten lisäksi laitteet, joiden toiminta on kriittistä ympäristön, talouden, laadun ja turvallisuuden kannalta. Laitteiden määrittelyssä käytetään apuna vikahistoriaa ja korjaustiheyttä. (Järviö, 2004, 212.) Muita tärkeitä asioita on saavuttaa hyvä valmistautuminen kunnossapitotoimenpiteisiin. Tämä saavutetaan kouluttamalla henkilökuntaa ennakoivaan kunnossapitoon ja kunnan valvontaan. (Järviö 2006, 125.)

### 5.2.1 Prosessi

RCM-prosessissa kaikki lähtee liikkeelle laitteiden kriittisyysarviointista, jossa selvitetään tuotantolaitoksen kriittisimmät laitteet tuotantoon, laatuun, ympäristöön ja kustannuksiin liittyen. Jokaiselle osa-alueelle ja laitteille valitaan oma ryhmä, jotka koulutetaan RCM:n käyttöön. Ryhmän valinta perustuu myös parhaan käytössä olevan tiedon määrään, jolloin osa-alueiden ryhmiin valitaan ne, joilla on eniten kohteesta tietoa. Joukossa tulisi olla mukana esimerkiksi laitosties, tuotantohenkilö ja työnjohtaja. Tärkeintä olisi, että ryhmässä olisi kunnossapitotoimien ohella tietoa kohteiden kustannusvaikutuksista ja korjausten erikoisvaatimuksista. Kriittisten laitteiden valinnan jälkeen niille aloitetaan monijaksoinen analyysi, jossa selvitetään mm. vikaantumismallit, vikaantumisen vaikutukset ja vikaantumisen syyt ja seuraukset. Näiden jälkeen selvitetään ennakoivat toimenpiteet ja korjaavat toimenpiteet. Näin varmistetaan oikeanlainen suorittaminen, johon kuuluu aikataulutettu huolto-ohjelma ja kunnonvalvonta jne. (Järviö 2006, 124–127.)

Alla olevat kysymykset ovat hyvä huomioida, kun RCM-prosessia lähdetään käynnistämään:

- Mitkä ovat laitteiden toiminnot kyseisissä tehtävissä ja tiloissa missä niitä käytetään
- Mitä tapahtuu laitteen rikkoonnuttua ja sen jälkeen
- Mikä on juurisyy laitteen toimimattomuudelle
- Mitä vahinkoa aiheutuu, kun laite rikkoontuu
- Mitä ennaltaehkäiseviä toimenpiteitä voidaan suorittaa, jotta laite ei rikkoonnu
- Mitkä ovat toimenpiteet, jos ennaltaehkäiseviä keinoja ei ole. (Järviö 2006, 127.)

Yllä oleviin kysymyksiin (Järviö 2006, 127) voidaan hakea vastausta monijaksoista vika- ja vaikutusanalyysiä käyttämällä. VVA-analyysin voi laajentaa vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysiksi VVKA:ksi. Kriittisyysluokittelu käsitellään tarkemmin omana kappaleena. VVA on työkalu, jolla pyritään ymmärtämään laitteiston kokonaistoiminta. Käsitellään laitteiden vikaantumistaajuus ja kaikki mahdolliset syyt vioille. Laitteiden vian tunnistamiskeinot kirjataan ylös ja myös vian vaikutukset muihin laitteisiin, tuotantoon tai ympäristöön. Näin saadaan priorisoitua tärkeimmät kohteet kunnossapidolle. (Laine 2010, 127.) Carlsonin mukaan vika- ja vaikutusanalyysi on suunniteltu seuraavasti:

- Auttaa tunnistamaan ja ymmärtämään potentiaaliset viat ja niistä aiheutuvat seuraukset tuotteessa tai prosessissa
- Auttaa priorisoimaan korjaavat toimenpiteet laitteiden vikatilojen riskisyyden perusteella
- Auttaa minimoimaan vakavimpien riskien todennäköisyyttä. (Carlson 2012, 21.)

### 5.2.2 Kriittisyysluokittelu

Kriittisyysluokittelu arvioidaan laitteiden tärkeyttä määritetyille prosessille. Kriittisyysluokittelulle on useita eri standardeja, joista useimmat ovat tehty kunnossapitolähtöisesti, jotta niillä on voitu optimoida kunnossapidon eri toimintoja. Kaikilla standardeilla on lähtökohtaisesti samat lähtötavoitteet, kun kriittisyysluokittelua lähdetään tekemään. Laitteiden ja koneiden kriittisyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat: turvallisuus, kustannukset, ympäristö ja tuotannon menetykset. Pääsääntö on kuitenkin, että kriittisyysluokittelulla pystytään tunnistamaan laitteet ja koneet, joiden vikaantuessaan nostavat kunnossapidon kustannuksia ja tuotannon menetyksiä yrityksille. Toinen iso tärkeä kysymys, että kuinka usein laitevikoja ilmaantuu ja millaiset seuraukset niistä on yrityksille. (Smith & Mobley, 2008, 69.)

### 5.2.3 Kriittisyysluokittelu PSK 6800 standardin mukaisesti

Monella Suomalaisella yrityksellä on käytössä kotimainen kriittisyysluokittelu PSK-6800 Standardi. Menettelyssä arvioidaan laitteiden kriittisyyttä seuraavien



eri näkökulmien kautta: taloudellinen vaikutus, henkilöturvallisuus ja ympäristövaikutus, joista taloudellisella vaikutuksella on suurin painoarvo. (PSK 6800, 2008, 1.)

”Kriittisyys on ominaisuus, jolla kuvaillaan kohteen riskin suuruutta. Kohde on kriittinen, jos siihen liittyvä riski (henkilöiden loukkaantumiseen, merkittäviin ai-neellisiin vahinkoihin ja tuotannon menetykseen tai muihin ei hyväksyttäviin seu-rauksiin liittyvä riski) ei ole hyväksyttävällä tasolla”. (PSK 6800, 2008, 2.)

”Kriittisyysluokittelu on käytössä kunnossapitosuunnitelman alkutietojen keräys-vaiheessa. Menetelmää voidaan käyttää myös esimerkiksi hankintojen tukena. PSK 6800 -standardin kriittisyyskartoitusprosessi etenee seuraavasti:

1. Määritetään tarkastelun laajuus
2. Määritetään tuotannon menetyksen painoarvo  $W_p$
3. Arvioidaan sopivatko standardin taulukossa 1 annetut muut painoarvot so-vellettavalle teollisuuden toimialalle. Tarvittaessa standardissa annettuja painoarvoja muutetaan
4. Listataan liitteenä 2 olevaan standardin taulukkolaskentaohjelmaan tar-kasteltavat laitteet
5. Valitaan tarkasteltaville laitteille taulukosta 1 käytettävät kertoimet
6. Excel-taulukko laskee laitteiden kriittisyysindeksin (K) ja sen osaindeksit ( $K_s$ ,  $K_e$ ,  $K_p$ ,  $K_q$  ja  $K_r$ ) käyttäen hyväksi annettuja parametreja
7. Kriittisyysluokittelu tehdään lajittelemalla laitteet kriittisyysindeksin K mu-kaiseen järjestykseen”. (PSK 6800, 2008, 3.)

Kriittisyysarvioinnissa ensimmäisenä määritetään ne osa-alueet, jotka halutaan kriittisyysarviointiin mukaan. Näin voidaan rajata arviointi koskemaan vain tiettyjä osastoja koko laitoksen sijaan. Seuraavassa vaiheessa aloitetaan eri painoarvo-jen määrittäminen, joiden avulla laitteiden kriittisyysindeksi K saadaan laskettua. (Mik-konen 2009, 148). Painoarvojen määrittämisen jälkeen arvioinnissa mukana olevat laitteet syötetään Exceliin ja ne pisteytetään PSK 6800 standardin kertoimien

avulla. Pisteytyksen jälkeen standardin ohjelma laskee laitteiden K-indeksin, jolla voidaan suorittaa kriittisyysindeksi.

#### 5.2.4 Painoarvojen määrittäminen

”Painoarvojen määrittäminen alkaa tuotannon menetyksen painoarvon  $W_p$  määrittämisellä. Menetelmää käytetään ensisijaisesti tuotantoprosessin kriittisyyden tarkasteluun, jolloin oletetaan, että käyttöhyödykeprosessit kuten höyryn, paineilman ja sähkön tuotannot toimivat”. (PSK 6800 2008, 4.)

”Painoarvot kuvaavat laitoksen prosessitekniikan toimintojen keskinäistä riippuvuutta. Painoarvokerroimia käytetään laitteen tuotannon menetyksen painoarvon  $W_p$  laskemiseen. Painoarvokerroimet ositetaan prosessihierarkian mukaan siten, että koko laitoksen kannalta kriittinen laite saa painoarvon 100 %”. (PSK 6800 2008, 4.)

Kuvassa 1. on esitetty laitoksen prosessihierarkian vaikutus painoarvokerroimiin  $P_1 \dots P_4$ . Kuvassa  $P_1$  kuvaa tuotantoyksikön painoarvokerrointa,  $P_2$  kuvaa tuotantolinjan painoarvokerrointa,  $P_3$  kuvaa prosessin painoarvokerrointa ja  $P_4$  kuvaa osaprosessin painoarvokerrointa. (PSK 6800 2008, 4–5.)

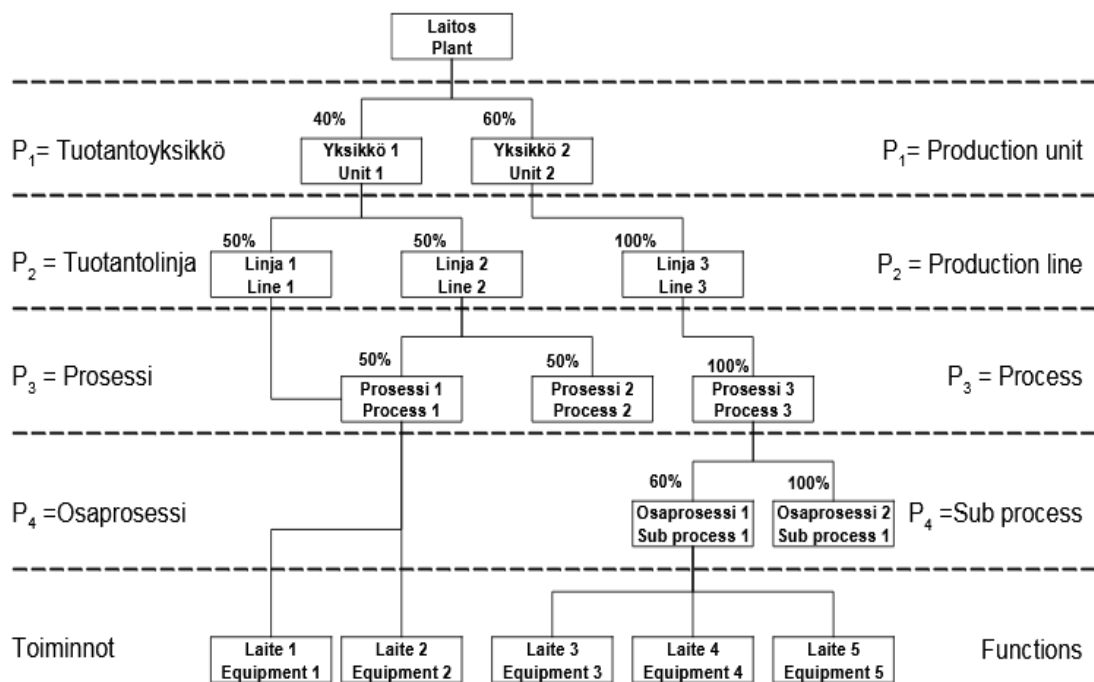
Tuotantoyksikön painoarvokerroin  $P_1$  on suhteellinen osuus koko laitoksen tuotoksesta. Tuotantoyksiköiden painoarvokerroimien summa on 100 %. Esimerkiksi mikäli laitos käsittää vain yhden tuotantoyksiköitä, niin sen painoarvokerroin on 100 %. Kun tuotantoyksiköitä on enemmän, niin kerroin jakautuu tuotannon menetyksen mukaan. Kahden identtisen laitoksen painoarvo jaetaan tasan eli 50 %. (PSK 6800 2008, 5.)

Tuotantolinjan painoarvokerroin  $P_2$  on sen suhteellinen osuus koko tuotantoyksikön tuotoksesta. Painoarvokerroimia määritettäessä tuotoksena käytetään joko tuotannon määrää, arvoa tai siitä saatavaa tuottoa. Tuotantolinjojen painoarvokerroimien summa on 100 %. (PSK 6800 2008, 5.)

$P_3$  kerroin on aina 100 % jos prosessin toimimattomuus pysäyttää tuotantolinjan. Mikäli osaprosessin  $P_4$  toimimattomuus pysäyttää prosessin tai tuotantolinjan,

niin sen painoarvokerroin on 100 %. ”Osaprosessit voivat olla prosessissa kytkeytyinä joko rinnan tai sarjaan. Sarjaan kytkettyjen osaprosessien painoarvokerroimet ovat keskenään samat”. Tuotannon menetyksen painoarvokerroin  $W_p$  voidaan laskea, kun painoarvokerroimet ovat määritellyt. Painoarvo lasketaan kaavan 1. mukaan: (PSK 6800 2008, 6).

$$W_p = P_4 \times P_3 \times P_2 \times P_1 \quad (1)$$



Kuva 1. Tuotannon vaikutuskertoimet (PSK 6800 2008, 5)

### 5.2.5 Laitteiden kriittisyys

Laitetason kriittisyys katsotaan, kun painoarvot ja tuotannon menetykset ovat määritellyt. ”Laitetason kriittisyyteen vaikuttavat turvallisuus- ja ympäristötekijät sekä tuotantovaikutukset sekä korjaus- ja seurauskustannukset”. Laitteiden kriittisyyden tekijät ovat kuvattu taulukossa 1. Taulukon lukuarvot ovat ohjeellisia (PSK 6800 2008, 7).

Taulukko 1. Laitetason kriittisyyden tekijät (PSK 6800 2008, 7.)

| Kohde                                 | Painoarvo [W]                               | Vikaantumisväli [p]  | Kerroin [M]  | Valintakriteeri               |
|---------------------------------------|---|--|--|-------------------------------|
| Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset | Turvallisuusriskit<br>$W_s = 30$            | 1 = Pitkä vikaantumisväli esimerkiksi yli 5 vuotta<br>2 = Pitkähkö vikaantumisväli esimerkiksi 2 – 5 vuotta<br>4 = Lyhyehkö vikaantumisväli esimerkiksi 0,5 – 2 vuotta<br>8 = Lyhyt vikaantumisväli esimerkiksi 0 – 0,5 vuotta | $M_s = 0$  | Ei turvallisuusriskiä         |
|                                       |   |  | $M_s = 2$  | Vähäinen turvallisuusriski    |
|                                       |   |  | $M_s = 4$  | Kohtalainen turvallisuusriski |
|                                       |   |  | $M_s = 8$  | Merkittävä turvallisuusriski  |
|                                       |   |  | $M_s = 16$   | Vakava turvallisuusriski      |
|                                       | Ympäristöriskit<br>$W_e = 20$               |  | $M_e = 0$  | Ei ympäristöriskiä            |
|                                       |   |  | $M_e = 2$  | Vähäinen ympäristöriski       |
|                                       |   |  | $M_e = 4$  | Kohtalainen ympäristöriski    |
|                                       |   |  | $M_e = 8$  | Merkittävä ympäristöriski     |
|                                       |   |  | $M_e = 16$   | Vakava ympäristöriski         |
| Tuotantovaikutukset                   | Tuotannon menetytys<br>$W_p = 0...100$      | $M_p = 0$  | Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle   |                               |
|                                       |   | $M_p = 1$  | Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (esimerkiksi $\leq 3$ h)   |                               |
|                                       |   | $M_p = 2$  | Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (esimerkiksi $\leq 10$ h)   |                               |
|                                       |   | $M_p = 3$  | Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi (esimerkiksi 10 - 24 h)                                      |                               |
|                                       | Laatukustannus<br>$W_q = 30$                | $M_p = 4$  | Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi (esimerkiksi $>24$ h)   |                               |
|                                       |   | $M_q = 0$  | Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia.  |                               |
|                                       |   | $M_q = 1$  | Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 1$ h)   |                               |
|                                       |   | $M_q = 2$  | Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 3$ h) |                               |
|                                       |   | $M_q = 3$  | Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 3-8 h)        |                               |
|                                       |   | $M_q = 4$  | Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $>8$ h)     |                               |
| Korjaus- tai seurauskustannukset      | Korjaus- tai seurauskustannus<br>$W_r = 20$ | $M_r = 0$  | Korjauskustannuksilla tai seurauskustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin.  |                               |
|                                       |   | $M_r = 1$  | Vähäiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 2$ h)                |                               |
|                                       |   | $M_r = 2$  | Keskinkertaiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 10$ h)      |                               |
|                                       |   | $M_r = 3$  | Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 10-24 h)                    |                               |
|                                       |   | $M_r = 4$  | Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $>24$ h)                  |                               |

Taulukosta voidaan kolmen pääkohteen lisäksi havaita viisi painoarvoa ja vikaantumisväli. Laitetason kriittisyyden määrittämisen jälkeen mukana olevat laitteet syötetään standardin mukaiseen Excel-taulukkoon, jolloin ne saavat pisteytyksen. Taulukko laskee kriittisyysindeksin K, kaavan 2. mukaisesti: (PSK 6800 2008, 7).

$$K = p \times (W_s \times M_s + W_e \times M_e + W_p \times M_p + W_q \times M_q + W_r \times M_r) \quad (2)$$

### 5.2.6 Painoarvotekijät

Standardin mukaisia laitteiden painoarvotekijöitä on viisi, joista ensimmäinen on turvallisuusriski. Turvallisuusriskillä tarkoitetaan henkilön terveyteen kohdistuvaa

vaaraa. Turvallisuusriskin kerroin on eksponentiaalisesti kasvava ja sen suuruutta voidaan määrittää standardin mukaan seuraavasti (PSK 6800 2008, 9):

### **Kerroin 0**

Ei turvallisuusriskiä

Laitteen vikaantuminen ei aiheuta loukkaantumisen- tai terveysturvaa.

### **Kerroin 2**

Vähäinen turvallisuusriski

"Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa lievän loukkaantumisen tai sairastumisen".

### **Kerroin 4**

Kohtalainen turvallisuusriski

"Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa vakavan sairastumisen tai loukkaantumisen, josta jää pysyvä haitta".

### **Kerroin 8**

Merkittävä turvallisuusriski

"Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa yhden tai useamman kuolonuhrin".

### **Kerroin 16**

Vakava turvallisuusriski

"Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa yhden tai useamman kuolonuhrin ja vakavan vaaratilanteen tehtaan ympäristössä".

Laitteen kriittisyysindeksi  $K_s$  määritetään kaavan 3. mukaan:

$$K_s = p \times (W_s \times M_s) \quad (3)$$

”Standardin toinen painoarvo on ympäristöriski. Ympäristöriskillä tarkoitetaan laitosalueelle tai sen ulkopuolelle kohdistuvaa ympäristön saastumisen mahdollisuutta. Kerroin on eksponentiaalisesti kasvava ja riskin suuruutta voidaan arvioida seuraavasti”: (PSK 6800 2008, 10.)

### **Kerroin 0**

Ei ympäristöriskiä

”Laitteen vikaantuminen ei aiheuta ympäristön saastumisen vaaraa”.

### **Kerroin 2**

Vähäinen ympäristöriski

”Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa ympäristön likaantumista laitosalueella”.

### **Kerroin 4**

Kohtalainen ympäristöriski

”Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa paikallista laitosalueen saastumista”.

### **Kerroin 8**

Merkittävä ympäristöriski

”Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa laitosalueen ja lähiympäristön saastumista”.

### **Kerroin 16**

Vakava ympäristöriski

”Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa saastumista laitosalueella ja laajalla alueella sen ympäristössä, jonka korjaaminen vaatii suuria taloudellisia panostuksia ja palautuminen voi kestää useita vuosia”.

Laitteen kriittisyysindeksi  $K_e$  määritetään kaavan 4. mukaan:

$$K_e = p \times (W_e \times M_e) \quad (4)$$

Kolmantena painoarvona on tuotannon menetys, jolla tarkoitetaan menetettyä tuotantoaikaa, joka on aiheutunut suunnittelemattomasta seisokista. Tuotantomenetynksen painoarvokerroin lasketaan standardin kappaleessa 3.1.3.1 esitetyn kaavan 1. mukaisesti. (PSK 6800 2008, 10.)

Laitteen kriittisyysindeksi  $K_p$  määritetään kaavan 5. mukaan:

$$K_p = p \times (W_p \times M_p) \quad (5)$$

Neljäs painoarvo standardissa on laatuksennukset. "Laatuksennuksilla tarkoitetaan tässä standardissa kustannuksia, jotka aiheutuvat ylimääräisistä toimenpiteistä, joilla saatetaan tuotteen laatu alkuperäisesti suunnitellulle tasolle tai tuote joudutaan myymään laaturvirheen takia halvemmalla. Kerroin kasvaa suhteessa menetettyyn laitoksen tuotantoaikaan." (PSK 6800 2008, 11.)

Laitteen kriittisyysindeksi  $K_q$  määritetään kaavan 6. mukaan:

$$K_q = p \times (W_q \times M_q) \quad (6)$$

Viides ja viimeinen painoarvo on korjaus- tai seurauskustannukset. "Korjauskustannuksia syntyy laitteen vikaantumisen yhteydessä ja seurauskustannuksia silloin, kun laitteen vikaantuminen johtaa laitteen vaurioitumiseen tai jonkin toisen laitteen vikaantumiseen. Kerroin kasvaa suhteessa menetettyyn laitoksen tuotantoaikaan". (PSK 6800 2008, 11.)

Laitteen kriittisyysindeksi  $K_r$  määritetään kaavan 7. mukaan:

$$K_r = p \times (W_r \times M_r) \quad (7)$$

### 5.2.7 Kriittisyysluokittelu teko

Laitetasojen kriittisyysluokittelun jälkeen edetään taulukon 2. mukaisesti kriittisyysluokittelun tekoon eli lajitellaan laitteet kriittisyysindeksin  $K$  mukaiseen järjestykseen. Kun laitteiden kriittisyys on arvioitu, niin siirrytään viimeiseen vaiheeseen, jossa määritetään raja-arvo. Laitteet, jotka ylittävät tämän kriittisyyden raja-arvon, niin niille tehdään tarkempi tarkastusväli. Taulukossa 2 on standardin mukainen esimerkki paperitehtaan vedenpuhdistamon kriittisyysluokittelusta. (PSK 6800 2008, 13.)

Taulukko 2. Kriittisyysluokittelu (PSK 6800 2008, 13).

|                         |  | Laitos Paperiteollisuus |                       | Kriittisyysluokittelun kohde Vedenpuhdistamo |                             | Tekijät                                   |                          | Versio             |                           | Päiväys |     | Kriittisyyden raja-arvo |     | 400 |   |   |
|-------------------------|--|-------------------------|-----------------------|--|-----------------------------|---|--------------------------|--------------------|---------------------------|---------|-----|-------------------------|-----|-----|---|---|
|                         |  | 3.3.2008                |                       | Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp     |                             | 100                                       |                          |                    |                           |         |     |                         |     |     |   |   |
| Toimintopaikan tunniste | Toimintopaikan nimitys                   | Vikaantumisväli (1...8) | Turvallisuus (0...16) | Ympäristö 0...16                             | Tuotannonmenetykset (0...4) | Lopputuotteen laatu- ja kustannus (0...4) | Korjauskustannus (0...4) | Kriittisyysindeksi | Kriittisyyden osaindeksit |         |     |                         |     |     |   |   |
|                         |  | Painoarvot W →          | 30                    | 20   | 100                         | 30  | 20                       |                    | K                         | Ks      | Ke  | Kp                      | Kq  | Kr  |   |   |
| KO-6878                 | LIETEKOURUN KAAVIN SELKEYTYSALLAS 1      | 2                       | 2                     | 8  | 4                           | 2   | 3                        | 1480               | 120                       | 320     | 800 | 120                     | 120 | 0   | 0 | 0 |
| KO-6687                 | AVR-ANNOSTELURUUVI                       | 3                       | 4                     | 4  | 0                           | 0   | 0                        | 600                | 120                       | 240     | 0   | 0                       | 0   | 0   | 0 | 0 |
| PU-6100                 | DISPERSIOILMAKOMPRESSORI                 | 3                       | 2                     | 4  | 0                           | 0   | 0                        | 420                | 60                        | 240     | 0   | 0                       | 0   | 0   | 0 | 0 |
| PU-6220                 | RIKKIHAPPON ANNOSTELUPUMP. 2. FLOT.      | 2                       | 4                     | 2  | 0                           | 0   | 0                        | 320                | 240                       | 80      | 0   | 0                       | 0   | 0   | 0 | 0 |
| PU-6110                 | RIKKIHAPPON ANNOSTELUPUMP. 1. FLOT.      | 2                       | 2                     | 2  | 0                           | 0   | 0                        | 200                | 120                       | 80      | 0   | 0                       | 0   | 0   | 0 | 0 |
| PU-6585                 | FLOKKAUSALLAS 2 SEKOITIN 2               | 2                       | 2                     | 2  | 0                           | 0   | 0                        | 200                | 120                       | 80      | 0   | 0                       | 0   | 0   | 0 | 0 |
| PU-6385                 | FLOTAATIOALLAS 2 KAAVIN                  | 1                       | 2                     | 2  | 0                           | 0   | 0                        | 100                | 60                        | 40      | 0   | 0                       | 0   | 0   | 0 | 0 |
| PU-6988                 | SYÖTTÖPUMPPAAMON TYHJENNYSPUMPPU         | 2                       | 2                     | 0  | 0                           | 0   | 0                        | 120                | 120                       | 0       | 0   | 0                       | 0   | 0   | 0 | 0 |
| SE-6121                 | KANAALIN TYHJENNYSPUMPPU                 | 2                       | 2                     | 0  | 0                           | 0   | 0                        | 120                | 120                       | 0       | 0   | 0                       | 0   | 0   | 0 | 0 |
| SE-6003                 | AVR-LIETTOSÄILIÖN SEKOITIN               | 2                       | 2                     | 4  | 0                           | 0   | 0                        | 280                | 120                       | 160     | 0   | 0                       | 0   | 0   | 0 | 0 |
| SE-6002                 | FLOTAATION LIETESÄILIÖN SEKOITIN         | 2                       | 2                     | 2  | 0                           | 0   | 0                        | 200                | 120                       | 80      | 0   | 0                       | 0   | 0   | 0 | 0 |
| SE-6754                 | POLYMEERIN LIUOTUSSÄ. SEKOITIN,FLOTAATIO | 2                       | 2                     | 4  | 0                           | 0   | 0                        | 280                | 120                       | 160     | 0   | 0                       | 0   | 0   | 0 | 0 |
| KO-6001                 | KANAALIN TYHJENNYSPUMPPU                 | 2                       | 2                     | 0  | 0                           | 0   | 0                        | 120                | 120                       | 0       | 0   | 0                       | 0   | 0   | 0 | 0 |
| KO-6023                 | FLOTAATIOALLAS 2 KAAVIN                  | 1                       | 0                     | 2  | 0                           | 0   | 0                        | 40                 | 0                         | 40      | 0   | 0                       | 0   | 0   | 0 | 0 |
| KO-6253                 | KIERTOESIPUMPPU                          | 2                       | 0                     | 0  | 0                           | 0   | 0                        | 0                  | 0                         | 0       | 0   | 0                       | 0   | 0   | 0 | 0 |

### 5.3 Tuottava kunnossapito - TPM

TPM eli tuottava kunnossapito tulee sanoista Total Productive Maintenance. TPM on Japanilaisen Seiici Nakajiman johdolla 1970-luvun Japanissa Toyotan autoteollisuudelle kehittämä kunnossapidon strategia, jolla Toyota on noussut viime vuosikymmeninä yhdeksi johtavaksi autonvalmistajaksi. (Järviö & Lehtiö 2012, 145, Laine 2010, 9–10.)

TPM:n ideana on maksimoida laitteiston ja koneistojen käyttöolosuhteet ja ylläpitää niitä optimikunnossa. Nykyään TPM:stä käytetään myös nimeä Lean-TPM ja TPS. (Laine 2010, 9.) Yleisesti puhutaan, että täydellisen TPM-mallin soveltaminen vaatii seuraavat viisi osatekijää:

1. TPM tähtää laitteiston kokonaistehokkuuden maksimointiin.
2. TPM määrittää perusteellisen kunnossapitojärjestelmän laitteiston koko elinkaaren ajaksi.
3. TPM on käyttöönotettu monilla osastoilla kuten suunnittelussa, tuotannossa ja kunnossapidossa.



4. TPM koskettaa joka ikistä henkilöä ylimmästä johdosta lattiatasolle saakka.
5. TPM perustuu kunnossapitotoiminnan edistämiseen motivoivan johtamisen ja itseohjautuvan pienryhmätoiminnan avulla. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 111.)

TPM lähtee liikkeelle päämäärätietoisella strategialla ja kunnossapitomallin luonnilla, joka kattaa laitteen eliniän. TPM ei ole mikään lyhyen aikavälin strategia vaan sen saavuttamien kustannussäästöjen näkemiseen voi mennä useampi vuosi. Nopeuteen vaikuttaa organisaation resurssit, joten malli on käytössä yleensä niissä paikassa missä resurssit ovat pienemmät. Vääränlainen suhtautuminen ja kevytmielisyys voivat pilata hankkeen helposti. Tämän takia mallin onnistumisen vuoksi on hyvin tärkeää, että kaikki työntekijät ovat saaneet tietoisuuden ja koulutuksen ohjelmaan. Heidät täytyy saada vakuuttumaan, että kyseessä on toimiva kunnossapitostrategia. Ilman kaikkien positiivista panostusta ja hyvää asennetta homma vaikeutuu. (Järviö & Lehtiö 2004, 93; Järviö & Lehtiö 2007, 121.)

Tuottavan kunnossapidon strategian lähestyminen voidaan aloittaa neljällä vaiheella. Nämä vaiheet ovat suunnittelu, mittaus, kunnostus ja huippukunto. (Järviö & Lehtiö 2012, 114.)

Ensimmäisessä suunnitteluvaiheessa keskitytään luomaan kunnossapidolle organisaatio, joka ottaa vastuun henkilöstön jaosta. He valitsevat avainhenkilöt ja määrittävät resurssit sekä erilaiset mittarit. Lisäksi suunnitteluvaiheeseen kuuluu kunnossapidon budjetin, kustannuslaskennan, raportoinnin ja eri toimintatapojen suunnittelu. (Järviö & Lehtiö 2012, 114.)

Mittausvaiheessa tarkastellaan laitteiden eriarvoisuutta, kriittisyyttä ja toimintavarmuutta. Tarkastelu voidaan tehdä osastoittain, jossa verrataan laitteiden korjaushistoriaa ja toimintavarmuutta. Varsinkin jos huomataan, että identtisten laitteiden käyttöiät eroavat osastojen kesken, on tarkastelu suotavaa. Mittausvaiheessa voidaan hyödyntää RCM:n ja Asset Management- menetelmien vaiheita. (Järviö & Lehtiö 2007, 87–88; Järviö & Lehtiö 2012, 115.)

Kunnostusvaihe suoritetaan mittausvaiheen tulosten perusteella. Laitteille ja koneilla tehdään tarkastuksia ja kunnossapitoa sekä kunnonseurantaa. Vaiheen aikana pyritään itseohjautuvaan toimintamalliin, jossa koneiden ja laitteiden rutiniomaiset korjaus- ja kunnonvalvonta toimenpiteet siirretään käyttäjäkunnossapidolle, kun taas isommat korjaukset ja niiden suunnittelut jäävät kunnossapidon esimiehille. Toimenpiteiden ja tulosten perusteella tehdään kunnossapito -ja käyttöohjeet. Kunnostusvaiheessa käytetään työkaluna yleisesti Lean-johtamisfilosofian 5S-mallia, joka koostuu viidestä vaiheesta. 5S-mallissa pyritään tehostamaan työntekemistä siistimällä työympäristöä ja työvaiheita. 5S-lyhenne on perujaan Japanin kielestä seiri, seiton, seiso, seiketsu, ja shitsuke. Ne ovat käännetty Suomen kielelle lajittelu, järjestys, siivous, ohjeistus ja sitoutuminen. (Järviö & Lehtiö 2012, 115–118; Laine 2010, 81.)

Viimeiseen vaiheeseen tullaan, kun kolmas vaihe on saatu suoritettua onnistuneesti. Huippukunto vaiheessa hiotaan laitteet huippukuntoon ja niistä otetaan irti maksimaalinen teho. Aiemmissä vaiheissa käytyt mittarit, kunnossapito-ohjeet, työroolit ja kunnonvalvonta ovat viritetty myös huippuunsa. Kunnossapidon rooli jää tässä vaiheessa vähemmälle olettaen, että herkätkä vikaantumiset tai muut häiriöt ovat karsittu pois. (Järviö & Lehtiö 2012, 119.)

#### 5.4 Tuotanto-omaisuuden hallinta - Asset Management

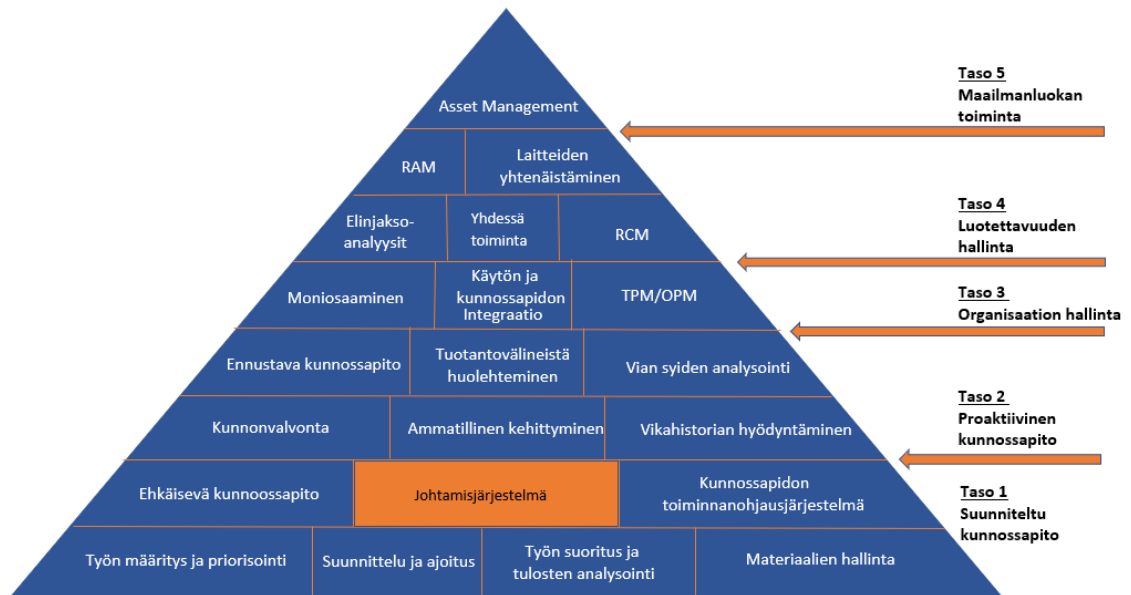
Asset Management eli tuotanto-omaisuuden hallinta, on kokonaisvaltainen toimintamalli kunnossapidon johtamiselle. Tavoitteena Asset Managementillä on saavuttaa henkilöstö tavoittelemaan organisaation tuotantotavoitteiden saavuttamista mahdollisimman halvalla. Toisin sanoen tuotantolaitteista pyritään saamaan irti paras mahdollinen arvo. Tämä tapahtuu optimoimalla tuotanto-omaisuus, samalla huomioiden ympäristötavoitteet ja muut lainalaisuudet. Tuotanto-omaisuuden hallinnassa pyritään hoitamaan tuotantolaitteiden toimintaa siten, että liiketoiminnalliset tavoitteet saavutetaan kustannukset minimoiden. Tuotantojärjestelmiin sitoutuneen pääoman merkitys yrityksen liiketoiminnallisten tavoitteiden saavuttamiseen vaihtelee toimialoittain. Tähän vaikuttavat mm. ansaintalogiikka, alan menestystekijät, teknologian kehitys sekä markkinoiden käyttäytyminen. (Mikkonen 2009, 87.)

Tuotanto-omaisuuden hallintaan liittyy ainakin neljä osatavoitetta, jotka ovat tuotantokapasiteetin kehittäminen, tuotanto-omaisuudenhoitaminen, ympäristö -ja työturvallisuus sekä logistiikan hallinta. Tähän työhön liittyy oleellisesti tuotanto-omaisuuden hoitaminen, jossa yhdistyy laitteiston oikea käyttötapa, vikaantumisen hallinta ja ehkäisy, huolto, sekä kunnossapito ja korjaaminen. Tuotanto-omaisuuden eli tuotannon laitteiston hoitaminen tulee suorittaa niin, että yrityksen liiketoiminnan tavoitteet saavutetaan mahdollisimman pienin kustannuksin. (Järviö & Lehtiö 2012, 14–15, 19.)

Tuotanto-omaisuuden hallintaan erikoistunut Strategic Asset Management Inc on kehittänyt pyramidin, jolla on havainnollistettu tuotanto-omaisuuden hoitamisen viisi eri kehitysvaihetta. (kuvio 5).

1. Kunnossapidon tekeminen oikein
2. Proaktiivinen kunnossapito
3. Käynnissäpito yhdessä tuotannon kanssa
4. Käyttövarmuuden hallinta
5. Tuotanto-omaisuuden hallinta (Strategic Asset Management Inc. (2020)).

Pyramidissa tavoitteena on edetä pyramidin pohjalta kohti huippua. Jotta huipulle pääsee, niin alempien tavoitteiden tulee täytyä. Kaikkien viiden tason hallinnalla ja toteuttamalla tavoitellaan kokonaisvaltaista kunnossapidettävän omaisuuden hallintaa. Strategian eteneminen kohti huippua vaatii ensimmäisessä vaiheessa hyviä johtajia. Jos strategiaa käyttävällä yrityksellä ei ole päteviä ja asialleen paneutuvia johtajia, niin vaarana on, ettei strategia etene. Johtajien tulee saada henkilöstö sitoutumaan tähän strategiamuutokseen. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 94.)



Kuvio 5. Kunnossapidon pyramidi (Mukaiillen Strategic Asset Management Inc. 2020.)

Pyramidin ensimmäinen taso sisältää suunnitelmallisen toiminnan tehtävät ja hallinnan menetelmät. Korjaava kunnossapito vaihdetaan suunniteltuun, vikatietojen keräämien aloitetaan ja kunnossapitojärjestelmä otetaan käyttöön. Vaiheen tavoitteena on, että 80 % töistä olisi suunniteltuja ja aikataulutettuja. Tämän jälkeen voidaan siirtyä seuraavaan vaiheeseen. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 94.)

Toisella tasolla tavoite on siirtyä ennakoivaan toimintaan, johon kuuluu vikaantumisten syiden analysointi sekä vikahistoriatietojen hyödyntäminen kunnossapitojärjestelmän käytön myötä. Kunnossapidon mittareita seurataan ja ne ohjaavat toimintaa ja auttavat tavoitteiden saavuttamisessa. Kunnonvalvonnan menetelmiä pyritään hyödyntämään. Toiminta kokonaisuudessaan on analyttistä ja järjestelmäsidoista. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 94.)

Kolmannella tasolla kunnossapidon ja tuotannon roolit yhdistyvät ja niiden merkitys kasvaa koko ydintoiminnassa. Kunnossapitotyöntekijöiden ja tuotannon työntekijöiden osaamista yhdistetään ja heitä koulutetaan moniosaajiksi. Käytössä on yksilöä tukeva ja ohjaava johtamiskulttuuri. Henkilöstön osaaminen on

korkealla tasolla ja moniosaamisen kulttuuri on yksikölle ominaista. Vaiheen toiminnossa edetään TPM-strategian mukaisesti. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 94.)

Neljännellä tasolla prosessin epäluotettavuuden hallinnasta siirrytään luotettavuuden hallintaan. Tärkeänä edellytyksenä on löytää tuotannon pullonkaulat ja päästä niistä eroon. Tämän vuoksi neljäs vaihe vaatii prosessin ja laitteiden kehittämistä, jotta saavutetaan luotettava prosessi. Apuna käytetään elinjaksoanalyysia ja RCM-strategian prosessia. Tavoitteena on saavuttaa yli 95 % luotettavuustaso. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 95.)

Viimeisellä tasolla luotettavuus on saavutettu ja tuotantokapasiteetti on optimoitu vastaamaan kysyntää. Käytettävyys ja toimintateho ovat korkealla tasolla sekä henkilöstön yhteistyö on jatkuvaa ja kehittävää. (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 95.)

## 5.5 Laatujohtaminen - Six Sigma

Six Sigma on nykypäivän yksi johtavista laatujohtamisen työkaluista. Se perustuu tilastolliseen toimintatapaan ja se koostuu joukosta menetelmiä ja käytäntöjä, joissa parannetaan prosessia. Sigman lähtökohtana on keskittyä prosessin vaihtelun minimoimiseen. Vaihtelut aiheuttavat aina virheitä ja tätä kautta tulee menetyksiä. Virheiden minimointi tuottaa parempaa laatua ja prosessi on paremmin hallittavissa. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2020.)

Six Sigmaa käyttävällä yrityksellä on yleensä lähtökohtana asiakkaan laadun parantaminen. Asiakkaat haluavat jatkuvasti parempaa laatua ja heidän vaatimustasonsa ja tarpeensa nousevat koko ajan. Six Sigmassa ei haeta ratkaisuja välttämättä pienillä muutoksilla vaan niiden sijaan tehdään isoja muutoksia prosesseihin. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2020.)

Kun lähdetään tekemään Six Sigma projektia, niin alussa valitaan organisaatio, johon kuuluu paljon henkilöstöä. Samoin kuin RCM strategiassa henkilöt otetaan mukaan projektiin ja heille valitaan vastuut ja tehtävät. Six Sigmassa verrattuna RCM:ään henkilöt eivät valikoidu tietyn kohteen tai laitteen osaamisen perusteella vaan projektissa tarvitaan asiantuntijoita ja johtajia. Koulutukset menevät

sen mukaan millainen rooli henkilöllä on. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 68–69.)

Six Sigman käyttöönotossa ei ole olemassa yhtä ainoaa oikeaa tapaa. Jokainen yritys ja organisaatio ovat erilaisia ja kohdattavat ongelmat vaihtelevat. Six Sigman käyttöönotonsyyt voidaan jakaa kolmeen yleisimpään syyhyn. Ensimmäinen syy on, että yritys on jäämässä jälkeen markkinoilta tai yritys on menettämässä rahaa tai asiakkaita. Tällaisessa tilanteessa koko organisaation tulee muuttua. Pitää päästä eroon vanhoista tavoista ja toiminnoista. Organisaatiot tarvitsevat täysimittaisen muutoksen. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 57–58.)

Toinen syy on strateginen parannus. Strateginen parannus voidaan rajoittaa yhteen tai kahteen kriittiseen liiketoiminnan tarpeeseen. Siinä tiimien avulla tähdätään osoittamaan tärkeimpiä mahdollisuuksia tai heikkouksia. Monesti käy niin, että aluksi toimet kohdennetaan yhteen strategiseen kohteeseen ja myöhemmin toimet laajennetaan koko organisaatioon. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 57–58.)






Kolmas lähestymistapa on ongelmanratkaisu. Tämän kaltainen lähestymistapa tähtää olemassa olevan ongelman ratkaisuun ja siihen voidaan käyttää Six Sigma työkaluja. Ongelman ratkaisu tyyppinen lähestymistapa sopii hyvin yrityksille, jotka haluavat hyödyntää Six Sigma-menetelmää ilman suuria muutoksia organisaatiossa. Ongelmana on, että tämän tyyppisessä lähestymistavassa vain harva organisaatiossa sitoutuu siihen. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 57–58.)

Six Sigma käyttää prosessissaan paljon erilaisia työkaluja. Yksi käytetyimmistä Six Sigma prosessin läpivientiin käytetyistä työkaluista on DMAIC. Se on ongelmanratkaisumenetelmä, joka tuo järjestelmällisen tavan ratkaista ongelmia ja kehittää ratkaisun niihin. Menetelmässä ongelma ratkaistaan tilastollisesti. Ongelman asettamisen jälkeen se ratkaistaan tilastotekniikkaa käyttäen. (George, Rowlands & Kastle 2004, 56.)

Lyhenne DMAIC tulee englanninkielisistä sanoista define, measure, analyze, improve ja control eli määritä, mittaa, analysoi, paranna ja ohjaa. Menetelmässä siirrytään vaiheesta seuraavaan, kun edellinen vaihe on saatu valmiiksi.

DMAIC –malli ei toimi ainoastaan prosessin kehittämisessä, vaan myös prosessin suunnittelussa ja uudelleensuunnittelussa. Taulukko 3. antaa yleiskuvan, kuinka DMAIC:in käyttö eroaa prosessin kehittämisessä ja suunnittelussa toisistaan. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2020.)

Taulukko 3. DMAIC-malli (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2020)

| <b>PROSESSIN PARANNUS LEAN SIX SIGMALLA</b>  |  |  |
|--|--|--|
|  | <b>Prosessin parannus</b>  | <b>Prosessin suunnittelu/ uudelleen suunnittelu</b>  |
| <br><b>1. MÄÄRITTELY</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tunnista ongelma</li> <li>• Määrittele vaatimukset</li> <li>• Aseta tavoite</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tunnista onko suppeat vai laajat ongelmat</li> <li>• Määrittele tavoite/muutos visio</li> <li>• Selkeytä ongelman laajuus ja asiakasvaatimukset</li> </ul>  |
| <br><b>2. MITTAUS</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kelpuuta ongelma/prosessi</li> <li>• Viimeistele ongelma/tavoite</li> <li>• Mittaa avainkohdat/inputit</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mittaa vaatimusten suorituskyky</li> <li>• Kerää prosessin hyötysuhteen määrittämiseksi tarvittavaa dataa</li> </ul>  |
| <br><b>3. ANALYSOINTI</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luo syy-seuraus hypoteesi</li> <li>• Tunnista keskeiset ydinsyyt</li> <li>• Kelpuuta hypoteesit</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tunnista "paras käytäntö"</li> <li>• Arvioi prosessisuunnitelmaa               <ul style="list-style-type: none"> <li>– arvon/ei-arvon lisäys</li> <li>– pullonkaulat/katkokset</li> <li>– vaihtoehtoiset "polut"</li> </ul> </li> <li>• Viimeistele vaatimuksia</li> </ul> |
| <br><b>4. PARANNUS</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luo idea, kuinka ydinsyyt poistetaan</li> <li>• Testaa ratkaisu</li> <li>• Standardisoi ratkaisu</li> <li>• Mittaa tulos</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suunnittele uusi prosessi               <ul style="list-style-type: none"> <li>– haasteelliset oletukset</li> <li>– käytä luovuutta</li> <li>– virtausperiaate</li> </ul> </li> <li>• Toteuta uusi prosessi, rakenteet ja systeemit</li> </ul>                              |
| <br><b>5. OHJAUS</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luo standardimittaukset ylläpitämään suorituskykyä</li> <li>• Korjaa ongelmat, jos niitä syntyy</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luo mittaukset ja katselmoi ylläpitääksesi suorituskyvyn</li> <li>• Korjaa ongelmat, jos niitä syntyy</li> </ul>  |

## 6 KEMIN JÄTEVEDENPUHDISTAMO

### 6.1 Yleistä

Kemin jätevedenpuhdistamon rakentamisen taustalla on 1960-luvulla säädetty vesihuoltolaki ja vesistöjen heikko tilanne. Puhdistamoja oli vain suurimmissa kaupungeissa ja niiden rakentaminen eteni kohti pienempiä kaupunkeja ja taajamia.

Jätevedenpuhdistamon omistaa tänä päivänä Kemin Energia ja Vesi Oy. Vuoteen 2016 omistajana toimi Kemin Vesi Oy. Kemin Energia ja Veden päätehtävänä on sähkön siirto, kaukolämmön tuotanto ja jakelu sekä talousveden jakelu ja jätevesien viemärointi ja puhdistus.

### 6.2 Laitoksen esittely

Kemin jätevedenpuhdistamo sijaitsee Peurasaaren kaupunginosassa perämeren rannassa. Sen suunnittelu aloitettiin 1970-luvun lopulla yhdessä. Pääsuunnittelijana toimi Suomalainen perusyhtymä yhdessä Neuvostoliittolaisen Giprokomunvodokanalin kanssa. Kemin Peurasaaren jätevedenpuhdistamo valmistui ja otettiin käyttöön v. 1982. Puhdistamo rakennettiin puhdistamaan jätevedet tasolle biologinen hapenkulutus BOD7 < 25 mg/l ja kokonais fosfori Kok. P < 1,5 mg/l ja puhdistusteholle 80 %. Rakentamisessa käytettiin sen ajan parasta tekniikkaa. Puhdistamon henkilökuntaan kuuluu käyttöinsinööri, joka toimii puhdistamon vastaavana hoitajana, kaksi käyttöpäivystäjää ja kunnossapitoasentaja.

Laitos on perinteinen biologis-kemiallinen rinnakkaissaostuslaitos. Puhdistusprosessi sisältää välppäyksen, hiekanerotuksen, esiselkeytyksen, biologisen ilmasuosan ja jälkiselkeytyksen. Laitoksella poistetaan fosforia lisäämällä ferrisulfaattia esiselkeytykseen menevään jäteveeteen. Puhdistamon esiselkeytyks ja biologinen prosessivaihe koostuvat kolmesta rinnakkaisesta linjasta. Syntyvät lietteet sakeutetaan ja lingotaan linkokuivaimella. Laitoksen virtauskaavio on esitetty liitteessä 1.



Puhdistamon nykyinen ympäristölupa on vuodelta 2006, jolloin jätevesien puhdistusteho ja mereen johdettavien pitoisuuksien raja-arvoiksi tuli biologinen hapenkulutus BOD7 < 15 mg/l ja kokonais fosfori Kok. P < 0,8 mg/l ja puhdistusteholle 90 %. Nämä tulokset tulee saavuttaa neljäsos vuosikeskiarvoina. Vuonna 2017 Lapin ELY-keskus antamassaan lausunnossa ilmoitti, että jätevedenpuhdistamon tulee hakea tarkastusta ympäristöluvan lupaehtoihin vuoden 2018 aikana. Kemin Energia ja Vesi Oy, jätti hakemuksen marraskuussa 2018 ja se on edelleen käsittelyssä aluehallintoviraston Oulun toimipisteessä.

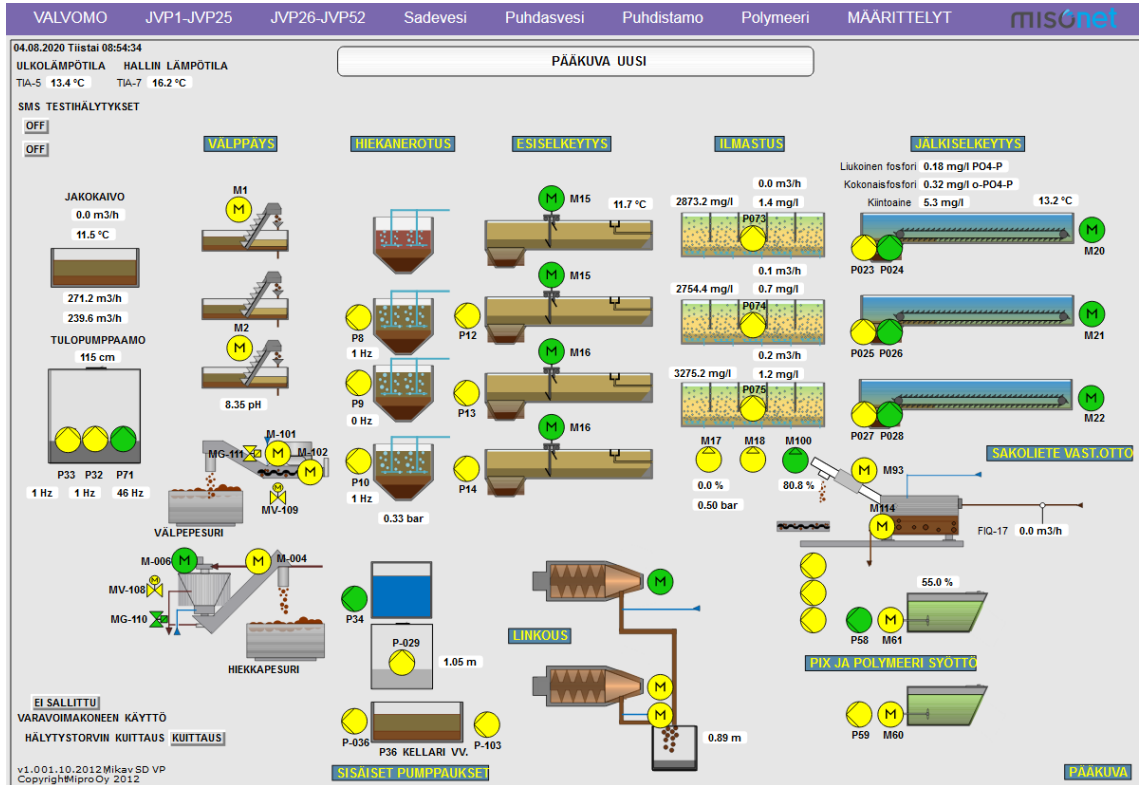
Puhdistamon keskimääräinen mitoitusvirtaama on 630 m<sup>3</sup>/h, mutta se pystyy ottamaan jopa 1800 m<sup>3</sup>/h väliaikaisesti. Viemäriverkostoon on liittynyt noin 25000 asukasta, joista 3200 asukasta on Simon kunnan asukkaita. Simo kunnan jätevedet liitettiin Kemin Veden viemäriverkostoon vuonna 2010.

Jätevedenpuhdistamon piiriin kuuluu myös kaikki jätevesi- ja sadevesipumppaamot. Jätevedenpumppaamoita on yhteensä 51 kpl ja sadevesipumppaamoita on yhteensä 9 kpl. Jätevesipumppaamot ovat jaettu pohjoiseen ja eteläiseen alueeseen. Pohjoisen alueen jätevedet päättyvät mansikkanokalla sijaitsevaan pääpumppaamon, josta ne siirretään pumppaamalla jätevedenpuhdistamolle. Eteläisen puolen jätevedet tulevat puhdistamon pihalla olevaan tulopumppaamoon, josta ne pumpataan puhdistamolle. Sadevesipumppaamot omistavat hulevesiviemäroinnistä vastaava Kemin kaupunki, mutta huoltosopimus kuuluu Kemin Energia ja Vesi Oy:lle.

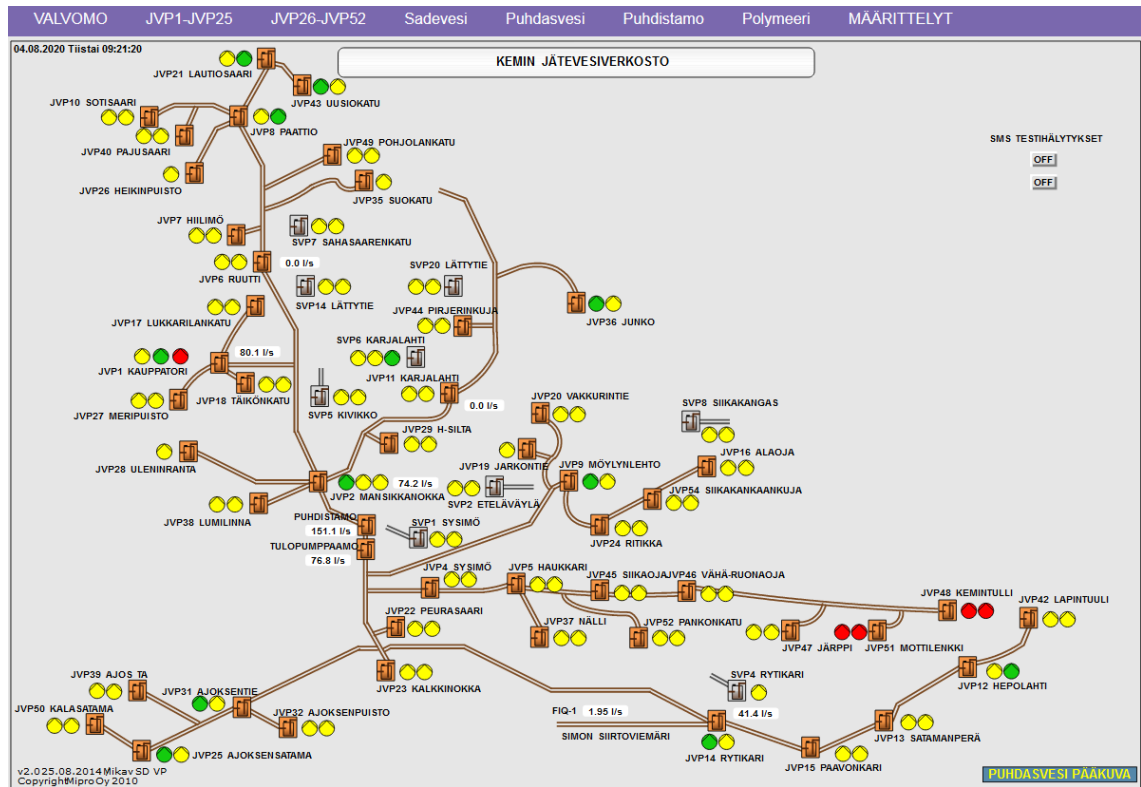
### 6.3 Prosessin ohjaus ja kaukovalvonta

Jätevedenpuhdistamoa ja pumppaamoita ohjataan Mipro Oy:n toimittamalla misonet-automaatiojärjestelmällä (kuva 2 & 3). Logiikkana toimii Schneider Electricin laitteet. Pumppaamot kuuluvat kaukovalvonnan piiriin ja se on toteutettu radioverkkoperiaatteella. Hälytykset tulevat misonet-järjestelmän lisäksi gsm-moodeemin kautta misonet-järjestelmään määritettyihin puhelinnumeroihin. Työntekijöiden puhelinnumeroihin tekstiviesteinä tulevat hälytykset ovat luokiteltu A-luokan hälytyksiksi. A-luokan hälytyksiin on luokiteltu kaikkein kriittisimmät puhdis-

tamon ja pumppaamoiden laitteet ja toiminnot. Virkatyöajan ulkopuolella hälytykset tulevat päivystäjälle, joka hälyttää puhdistamon henkilökunnan tarpeen mukaan paikalle.



Kuva 2. Misonet automaatiojärjestelmän puhdistamon pääkuva.



## 7 KEMIN JÄTEVEDENPUHDISTAMON NYKYTILA

Kemin jätevedenpuhdistamolla on ollut ennen opinnäytetyön aloitusta käytössä lähes kokonaan korjaava kunnossapito. Kunnossapitoa on tehty silloin kun on ollut tarvetta. Usein nämä ovat olleet siirrettyjä, koska puhdistamon toiminnan kannalta kriittisiä laitteita on suhteellisen vähän. Sen suurempaa kunnossapidon strategiaa tai kunnossapitojärjestelmää ei ole ollut. Kunnossapitotöiden dokumentointi on hoidettu paperivihkosilla ja vuoden päivät excel-taulukolla. Usein korjaushistoria on kuitenkin puuttunut ja se on ollut täysin työntekijöiden muistin varassa. Henkilöstön vaihtuvuus vuosituhannen alussa vei mukanaan myös tietoa laitteiden korjaushistoriasta.

Laitteistot alkavat olla vanhoja varsinkin jätevedenpumppaamoilla. Jätevedenpuhdistamolla suoritettiin vuosina 2012–2013 kattava saneeraus, jossa uusittiin prosessin kannalta tärkeimmät laitteet, ilmanvaihtojärjestelmä rakennettiin ja esiselkeytys uusittiin laitteistojen osalta. Samalla tehtiin mittava sähkö-, instrumentointi- ja automaatio saneeraus.

Jätevesipumppaamoiden tila on puolestaan paljon heikompi. Ensimmäiset jätevesipumppaamot ovat otettu käyttöön jo 1970, jolloin ne pumppasivat jätevedet suoraan mereen. Kyseisiä pumppaamoja löytyy vielä alkuperäisessä kokoonpanossa ja niissä on ollut paljon vikoja viime vuosina. Jätevesipumput ja ovat hajooneet ja sähkökeskuksissa on ollut ongelmia. Korjauksen ajaksi jätevedet on jouduttu ohjaamaan käsittelemättöminä suoraan mereen.

Kunnossapito on ollut jätevedenpuhdistamolla iso kustannuserä. Suurin osa kustannuksista johtuu jätevesipumppaamoihin liittyvistä korjauksista. Suurten korjauskustannusten vuoksi esimerkiksi, investointien määrärahat ovat jääneet pieniksi ja pitkän ajan investointisuunnitelmaa ei ole ollut. Investointien vähäisyys vanhentaa tekniikkaa. Jatkuvat suunnittelematomaiset laiterikot puolestaan heikentävät muun muassa työmotivaatiota, työturvallisuutta ja tahraavat jopa yhtiön nimeä, kun jätevesiä joudutaan ohjaamaan käsittelemättöminä mereen.

Korjaus- ja huoltohistoria on hyvin tärkeä osa suunniteltua kunnossapitoa ja sen puuttuminen hankaloittaa sitä. Suunniteltuun kunnossapitoon pohjautuva ehkäi-

sevä kunnossapito on hyvin tärkeää laitteiston eliniän ja toiminnan maksimoinnissa. Varsinkin pienemmillä prosessilaitoksilla, joilla on vähän henkilökuntaa ja taloudelliset voimavarat vähäisemmät kuin globaaleilla prosessilaitoksilla.

Laitoksen mekaanisesta kunnossapidosta ja asennuksista vastaa kaksi taustapäivystäjää. Suunnittelusta ja töiden valvonnasta vastaa käyttöinsinööri. Sähkötoista hoitaa kunnossapitoasentaja. Muut kunnossapitotoimet on ostettu ostopalveluina lähialueilta.

### 7.1 Suurimmat kunnossapidolliset haasteet puhdistamalla

Kunnossapidollisesti haastavimmat laitteet ovat jätevesipumput, joista enemmistö on uppovesipumppuja. Niitä on yhteensä toista sataa ja pienet henkilöstöresurssit ovat vaikuttaneet siihen, ettei niitä omin voimin ehditä huoltamaan ja korjaamaan, niin hyvin kuin haluttaisiin. Suurimmat syyt pumppujen hajoamiselle on, että niiden moottoritilaan pääsee kosteus. Puhdistamalla ja jätevesipumppaamoilla on lisäksi vanhoja putkistoja ja venttiileitä, jotka voivat olla lopun edellä. Etenkin putkistot ovat myös monin paikoin huonossa kunnossa ja varsinkin niiden seinämät t-haarojen ja käyrien osalta voivat olla ohuet. Putkistojen tuennat ovat monissa pumppaamoissa puutteelliset ja osin ruostuneet. Pumppujen käynnistys aiheuttaa putkien heilahtamisen ja silloin hitsausseamat ovat lujilla. Venttiilit ovat lähes kaikki manuaalisesti toimivia ja suurin osa niistä on ollut vuosia samoissa asennoissa. Tämä on johtanut siihen, että ne ovat ruostuneet jumiin eikä niitä voi tarpeen tullen aukaista tai sulkea.

Jatkuva toimiset on-line mittauslaitteet vaativat myös jaksottaista puhdistusta, jotta prosessiohjaaminen pysyy hallittuna, eivätkä väärin näyttävät mittarit pääse ohjaamaan prosessia huonompaan suuntaan. Jätevedenpuhdistusprosessin päästyä huonoksi, voi sen oikaisemiseen mennä monta pahimmillaan viikkoja.

Jätevedenpuhdistamalla on myös niin sanotusti, spesiaalilaitteita, joita ei omalla henkilökunnalla voi korjata. Näitä laitteita ovat esimerkiksi, turbokompressori ja lietelinko. Näiden laitteiden toimittajien kanssa on tärkeää saada aikaiseksi huoltosopimus, jotta laitteiden kunnot ovat tiedossa ja ne eivät pääse hajoamaan yllättäen.

## 8 KUNNOSSAPIDON MUUTOS TYÖPAJAN AVULLA

### 8.1 Vertailun vaiheet

Ensimmäisenä työvaiheena tarkastellaan tietoperusteisessa osiossa käytyjen kunnossapitostrategioiden parhaimpia puolia ja hyötyjä, joita voisi soveltaa Kemmin jätevedenpuhdistamolle. Seuraavana työvaiheena määritetään uudet kunnossapitolinjaukset, jotka toimivat kunnossapitostrategian pohjana. Tämän jälkeen toteutetaan päälinjausten mukainen kunnossapito-ohjelma. Toteutus tapahtuu eri osa-alueiden tärkeysjärjestyksessä, laitoksen häiriöttömän toimivuuden ja henkilöstön osaamisen sekä resurssien kannalta. Vertailussa ovat mukana puhdistamon henkilökunta ja se on suoritettu työpajana, opinnäytetyön tavoitteet huomioon ottaen.

### 8.2 Työpaja

Työpajat ovat tunnetusti tehokas ja hyvä työskentelymuoto, jossa koko henkilökunta saadaan mukaan ideoimaan parannuskohteita ja toimintatapoja tulevaisuuden suunnitelmiin. Työpajassa saadaan avattua erilaisia näkökantoja menetelmiin ja ne avaavat onnistuessaan myös ihmisten välisiä lukkoja parantaen näin yhteishenkeä. Tämän vuoksi kunnossapitostrategian kehittämisessä käytetään työmuotona työpajaa.

Työpaja järjestettiin kolme kertaa kahden tunnin mittaisina kokouksina jätevedenpuhdistamon henkilökunnan kesken, jossa minä toimin projektinvetäjänä, puhemiehenä ja sihteerinä sekä henkilökunnan kolme työntekijää toimivat asiantuntijoina. Oma roolini oli hyvin tärkeä. Työpajan ryhmä on pidettävä motivoituneena ja opinnäytetyön tavoitteet on pidettävä koko ajan mielessä. Kokouksissa on pidettävä huoli siitä, että kaikki saavat tuotua omat ajatukset esille. Mitään suurempaa järjestelmällistä dokumentointia työpajassa ei tehty vaan puhe oli vapaata, josta ajatuksia poimittiin paperille plussa ja miinus luettelona.

Työpajan ensimmäisessä osassa esiteltiin opinnäytetyön tavoitteet, syyt tavoitteille ja niiden merkitys jätevedenpuhdistamon tulevaisuuden kunnossapitotyöskentelyyn. Tämän jälkeen käytiin keskusteluja tavoitteiden saavuttamisesta.

Ovatko ne realistisia ja riittäviä? Sitoutuuko henkilökunta? Henkilökuntaa pyydettiin miettimään tavoitteita ja käymään läpi omia näkemyksiään ja mielipiteitä rauhassa ja niiden läpikäynti jätettiin seuraavaan kokoukseen. Työpajan vaiheet ovat kuvattu kuviossa 6.

|                     |  |
|---------------------|--|
| 1. Aloitus          | Työn tavoitteiden esittäminen<br>Syyt tavoitteille<br>Motivointi                   |
| 2. Ajatusten vaihto | Osallistujien mielipiteet<br>Hyvät ja huonot puolet<br>Inspirointi ja sitoutuminen |
| 3. Prosessi         | Hyötyjen tarkastelu<br>Strategian teko<br>Benchmarking                             |
| 4. Yhteenveto       | Tulosten kirjaaminen   |
| 5. Päätös           | Strategian esittely ja käyttöönotto  |

Kuvio 6. Työpajan vaiheet

Toisessa kokouksessa työntekijöillä oli mahdollisuus avata ajatuksiaan tavoitteista. Keskustelua käytiin läpi myös benchmarking tyylillä. Henkilökunnan pitkä työkokemus ja vierailut muilla jätevedenpuhdistamoilla ovat lisänneet heidän näkemyksiään hyvistä ja huonoista kunnossapidon toimintamalleista. Kokouksessa nostettiin esille tavoitteiden hyvät ja huonot puolet. Hyvien puolien yhteenvetona oli halu päästä eroon yllättävistä ja stressaavista laiterikoista. Perinteistä muutosvastaa rintaa oli myös näkyvissä ja huonoja puoliakin löytyi. Näistä esille nousi huoltotöiden ulkoistaminen huoltosopimusten myötä. Myös mahdollisten tietoteknisten järjestelmien käyttöönotto vieroksutti. Huoltosopimusten osalta nousi esille jätevesipumppaamoiden huoltokierroksen mahdollinen siirto urakoitsijalle. Kierros on totuttu tekemään omana työnä, mutta kaikki olivat kuitenkin yhtä mieltä siitä, että esimerkiksi huoltokierrosten kirjaaminen, dokumentointi ja raportointi

on ollut puutteellista. Keskustelu sujui hyvässä hengessä ja työn tavoitteet hyväksyttiin. Alla on lueteltu kaikki henkilökunnan tuomat hyvät ja huonot puolet, jotka ne näkevät opinnäytetyön päätavoitteessa eli uudessa kunnossapitostrategiassa:

- + Ehkäisevä kunnossapito
- + Laitteiden huoltohistoria
- + Selkeät työaikataulut
- + Kriittisten laitteiden luokittelu
- + Selkeämpi työnkuva
- + Nykyaikaiset työkalut
- + Yhdessä tekeminen
- Huoltosopimukset
- Toimintakulttuurin muuttuminen
- Kustannusten tarkempi seuraaminen

Kolmantena vaiheena tehdään yhteenveto, joka aloitetaan käymällä tietoperusteisen osan kunnossapitostrategioita läpi. Tarkoituksena on pohtia ja vertailla strategioiden toimintamallien sopivuutta jätevedenpuhdistamolle opinnäytetyöhön asetettujen tavoitteiden osalta. Toimintamallien hyviä puolia käyttäen ja soveltaen päätetään työpaja lopullisen kunnossapitostrategian esittelyyn ja käyttöön-ottoon.

### 8.3 RCM-mallin hyödyt

RCM-prosessiin kuuluvan kriittisyysluokittelun yhdessä hyödyntäminen ja tekeminen työnjohtajan ja työntekijöiden kesken luo luottamusta ja kunnioitusta toisten ammattiosaamiseen. Kriittisyysluokittelu on hyvin tärkeä ennaltaehkäisevä



toimenpide, jolla saadaan halutut yllättävät ja stressaavat laiterikot pois. Luokitelulla saadaan myös kaikilta sen hetken paras ja niin sanottu hiljainen tieto esille ja se voidaan jakaa muiden kesken.

RCM-mallin toinen hyöty on, että siinä pyritään minimoimaan korjaava kunnossapito ja välttämään näin isoilta kunnossapitokustannuksilta. Samalla pystytään (Moubray 1997, 310) sanoin kohdentamaan henkilökunnan maksimaalinen panos kunnossapitokohteeseen, kun ne on ennakkoon sovittu. Kunnossapidon osat alueet, joita ei oman henkilökunnan avuin pysty korjaamaan, voidaan mahdollista tietoa hakea etukäteen tai työ tilataan sovitusti ostopalveluna ulkopuolelta.

Kolmas hyöty on, että kaikki henkilökunnasta oppii ymmärtämään mitkä ovat prosessin, terveyden ja ympäristön kannalta kriittisimmät koneet ja laitteet, unohtamatta laitteiden kunnossapidon kustannuksia. Kriittisimmille laitteille tehty ennakkohuolto-ohjelma takaa aikataulutetun kunnossapidon ja päivitetty huolto-ohjeet.

#### 8.4 TPM-mallin hyödyt

Tuottavuuden kunnossapitomallia tarkastellessa huomio keskittyy kunnossapidon kustannuksiin. Mallissa yritetään pitää maksimaalinen tuotantokapasiteetti käynnissä kustannuksista piittaamatta. Herää ajatus, että työntekijät halutaan pitää tyytyväisinä hinnalla millä hyvänsä? Ajatuksen takana on, että työntekijöiden motivaatio pysyy hyvänä. Idea on siinä mielessä hyvä, että laitteet ovat jatkuvasti kunnossa ja puitteet työnteolle hyvät. Lisäksi monen työntekijän unelma työpaikka on sellainen, johon on mukava tulla. Myös vastuuta pienistä korjauksista annetaan työnjohdolta työntekijöille, työnjohtajien keskittyessä isompiin korjaussuunnitelmiin. Tämä ajatusmalli ei kuitenkaan sovi pienille yrityksille, jossa kunnossapitokustannukset on pyrittävä pitämään matalina

Jätevedenpuhdistamolla työntekijät ovat pystyneet vaikuttamaan aina tuleviin kunnossapitotehtäviin. Tämä tuo mielestäni hyvin motivaatiota siihen, että jokainen voi vaikuttaa ja työ pienryhmissä sujuu hyvin ja on palkitsevaa. Tosin monissa työpaikoissa voi olla myös niitä, jotka haluavat, että on selvät ohjeet ja aikataulut työtehtävistä.

TPM-mallissa on paljon hyödyllisiä elementtejä. Motivoiva työjohto ja itseohjautuva työryhmä kuulostavat hienolta. Malli kuitenkin sitoo jokaisen noudattamaan mallia ja voi viedä hyvin kauan aikaa, kun malli tuo kustannussäästöjä. Malli lisää moniosaamista, joka on tänä päivänä hyvin monilla tuotantolaitoksilla käytössä. Ehkä tämä malli onkin suunnattu juuri isommille globaaleille tuotantolaitoksille, jossa pyritään pitämään tuotanto korkealla ja minimoimaan katkokset. Isommissa tuotantolaitoksissa on myös paljon eri osastoja ja sen vuoksi paljon pienryhmiä, jotka pääsevät suunnittelemaan itsenäisesti pieniä korjaustehtäviä. Työntekijöiden kunnossapidon jatkuva seuranta ja laitteiden puhdistukset ovat hyviä asioita pienissä työntekijäryhmissä.

Mitä tästä mallin opeista voisi olla hyötyä jätevedenpuhdistamolle? Jätevedenpuhdistamo ei ole tuotantolaitos. Sillä ei ole paikallista kilpailua ja näin ollen laitteita ei tarvitse pitää käynnissä isoin kustannusmenoin. Jätevedenpuhdistamolla työntekijät ovat aina pystyneet vaikuttamaan tuleviin kunnossapitotehtäviin ja tämä ajatusmalli ei tuo uutta lisäarvoa nykyiseen strategiaan. Myös jokapäiväiset rutiinitehtävät on joutunut jokainen opettelemaan. Ainoastaan sähkötöissä on oma osaaja. Muuten kaikki osaavat samat työ- ja kunnossapitotehtävät.

## 8.5 Asset Managementin hyödyt

Asset Managementin eli tuotanto-omaisuuden hallinnan perusidea ajateltaessa huomaa heti, että se olisi isoille yrityksille kehitetty kunnossapitostrategia, joka vaatii ympärilleen ison organisaation. Tai vaihtoehtoisesti esimerkiksi perheyriksille, jossa on palava halu menestyä yhteisvoimin. Pääajatus, että saadaan haluttu tuotanto- tai laatutavoite mahdollisimman halvalla kuulostaa hyvältä, mutta sitooko se liikaa yrityksen henkilökuntaa?

Erilaiset mittarit, kuten laatu, - ympäristö- ja tuotantomittarit ovat hyviä asioita Asset Managementissa. Niitä seuraamalla ja niissä pysymällä saadaan paljon helpommin haluttu tulos- tai laatutavoite kuin ilman niitä.

Kemin jätevedenpuhdistamolla ympäristötavoitteet ovat tärkeimpiä tavoitteita. Ympäristöluvan mukaiset pitoisuusrajat velvoittavat puhdistamon henkilökuntaa seuraamaan jäteveden laatuun liittyviä mittareita, jotta ympäristöluvan mukaisia päästöraja-arvoja ei ylitetä. Muita hyvin tärkeitä tavoitteita ovat työhyvinvointiin

liittyvät mittarit sekä kustannusmittarit. Asset Managementin prosessissa käytettävää kypsyysmatriisia ei ole tarvetta soveltaa jätevedenpuhdistamon kunnossapitostrategian pohdinnassa.

## 8.6 Six Sigman hyödyt

Six Sigma on mielestäni Asset Managementin tavoin kohdistettu yrityksille, joilla on selkeät tuotannolliset tavoitteet. Yrityksillä voi olla pitkään jatkuneita laatuongelmia tuotteissaan ja niistä johtuvia luotettavuusongelmia asiakkaiden kanssa. Näillä asioilla ei ole vaikutusta jätevedenpuhdistuksessa.

Sen sijaan yksi Six Sigman periaatteista soveltuu hyvin jäteveden puhdistusprosessiin. Jäteveden puhdistuksessa on tärkeää, ettei siinä tehdä isoja muutoksia prosessiin. Jätevedenpuhdistamoissa on myös se eroavaisuus verrattuna muihin prosessilaitoksiin, että samanlaisilla prosessimuutoksilla voi olla erilaiset vaikutukset haluttuun puhdistustulokseen. Toisin sanoen jokainen puhdistamo on omanlaisensa, vaikka se olisi tekniikaltaan täysin samanlainen kuin moni muu vastaava laitos. Tämäkin koskee enemmän prosessin ajamista kuin kunnossapitoa. Kunnossapitoon sitä voisi kuitenkin myös soveltaa.

## 8.7 Hyötyjen yhteenveto

Kaiken kaikkiaan kaikista neljästä vaihtoehdosta, jokaisesta löytyi hyviä ja huonoja puolia. Jätevedenpuhdistamolla ollut korjaava kunnossapito voidaan korvata helposti edellä käsiteltyjen kunnossapitomallien periaatteilla. Alla on lueteltu ne ajatusmallit, joista lähdetään rakentamaan jätevedenpuhdistamon kunnossapitomallia:

- Ennakkohuolto ja jaksotettu huolto. Näiden perustana toimii kriittisyysluokittelu. Lisäksi ohjelmaan otetaan laitetestaukset ja tarkastukset.
- Jatkuva kunnonseuranta kuten kenttäkierrokset
- Pitstop-huollot. Nämä niin sanotut pitstop-huollot tehdään suunnitellusti ennakkohuollossa havaittujen jälkeen.
- Kunnan valvonta kuten putkistojen paksuusmittaukset

- Siirrytään ostopalveluihin suoraan niiden laitteiden ja koneiden osalta, joiden korjaaminen vaatii niin sanottua spesiaaliosaamista.

Jätevedenpuhdistamon kunnossapidon korjaava kunnossapito vaihdetaan kokonaan ennakoivaan kunnossapitoon, jotta korjaava kunnossapito vähentyisi ja yllätyksistä laitteisto- ja putkistorikoista päästäisiin eroon.

## 9 LOPULLISEN STRATEGIAN VALINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena on luoda kunnossapitostrategia opinnäytetyön teoriaosaa hyödyntäen ja työpajaa hyödyntäen. Tarkoituksena ei ole noudattaa selkeästi vain yhtä tiettyä strategiaa. Pienen puhdistamon ja henkilökunnan vähäisyyden vuoksi on syytä pohtia tarkasti eri strategioiden sopivuutta puhdistamon kunnossapidon toimintamalliin unohtamatta henkilökunnan voimavaroja ja heidän osaamistaan.

Ennakoivan kunnossapidon ensimmäisenä vaiheena ovat kriittisten laitteiden kriittisyysluokittelu teoriaosassa esitetyn standardin PSK 6800 mukaisesti ja niiden kunnossapidolliset toimenpiteet. Kartoituksen avulla saadaan selvitettyä eri prosessivaiheiden ja pumppaamoiden tärkeimmät laitteet ja osa-alueet, joilla voi olla merkitystä jätevedenpuhdistamon ja pumppaamoiden toimintaan sekä työntekijöiden ja ympäristön terveyteen. RCM:n vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysiä eli VVA:ta ei suoriteta, koska se on pitkänä prosessina liian raskas pienellä laitokselle ja organisaatiolle. Myös suppeasta laitekannasta ei ole kunnan huoltohistoriaa, johon pohjautua. Tämän vuoksi kriittisyysluokittelu pohjautuu pitkälti kokemusperäiseen tietoon.

### 9.1 Kriittiset laitteet

Kriittiset laitteet kuvaavat jo nimensä puolesta, ne että ovat hyvin tärkeitä laitoksen prosessin kannalta. Suurin osa niistä on myös hyvin kalliita investoida tai korjata. Kriittisten laitteiden vikaannuttua, ne voivat pysäyttää puhdistusprosessin tai voivat olla uhka terveydelle tai ympäristölle. Kriittisiä laitteita tulisi olla aina kaksi kappaletta. Tämä mahdollistaa suunnittelut huollot ja turvaa prosessin ja ympäristön laitteen vikaannuttua. Kyseiset laitteet tulee sijoittaa ehkäisevän kunnossapidon luokkaan, jotta yllättäviä laiterikkoja ei pääsisi tapahtumaan.

### 9.2 Kriittisyysluokittelu

Ennen laitteiden kriittisyysluokittelua, pitää pohtia mitkä laitteet otetaan mukaan ja mitkä rajataan luokittelun ulkopuolelle ja ketkä kaikki ovat luokittelussa mukana. Puhdistamon allasosasto on kolmilinjainen, joten tämän kaltaiset ratkaisut

tuovat turvaa laiterikoille. Puhdistamo pystyy yleensä toimimaan kahdella linjalla, joten yhtä linjaa voi pitää tarvittaessa tyhjänä, jos yllättäviä laiterikkoja pääse syntymään. Poikkeustilanteita ovat keväiden tuomat sulamisvedet ja kovat vesisaatteet, joiden vuoksi kaikkien linjojen on oltava käytössä. Pumppaamoiden osalta jätevesi- ja hulevesipumppaamot voidaan rajata myös kriittisyysluokittelusta pois muiden kuin pääpumppaamoiden osalta. Tällöin luokittelussa keskitytään lähes pelkästään puhdistamon laitekantaan.

Asiassa on hyvä lähteä liikkeelle prosessijärjestyksessä, jolloin laitekanta tulee käytyä läpi loogisessa järjestyksessä. Alla on numerojärjestyksessä lueteltu prosessin vaiheet. Jokaisen vaiheen alla on vielä lueteltu prosessin kannalta tärkeimmät laitteet. Laitteita ei ole lähdetty purkamaan osiin eikä laitteista tehdä tarkempaa varaosaluetteloja. Ajatuksena on, että kaikki laitteiden viat, kuten tukkeentumiset, likaantumiset ja osien hajoaminen kohdistetaan saman laitenimikkeen alle.

#### 1. Tulopumppaamo

- Jätevesipumput P32, P32, P71

#### 2. Välppäämö

- Konevälpät 1 ja 2
- Virtausmittaus tulopumppaamo FIQ-1
- Virtausmittaus mansikkanokka FIQ-2
- Veden lämpötila TIA-1
- Veden pH-anturi
- Välpepesuri

#### 3. Hiekaneroitus

- Hiekkapumput P8, P9, P10
- Hiekkapesuri

#### 4. Kemikaalin syöttö

- Ferrisulfaatin siirtopumppu P59
- Ferrisulfaatin annostelupumppu P60
- Polymeeripumppu P96
- Polymeerin sekoitus- ja annostelusäiliö

#### 5. Esiselkeytys

- Raakalietepumput P12, P13, P14
- Pohjalaahaimet M15, M16, M17, M18

#### 6. Ilmastus

- Yljäämälietepumput P73, P74, P75
- Turbokompressori M100
- Happianturit QIC-1, QIZ-2, QIC-3

#### 7. Jälkiselkeytys

- Palautuslietepumput P24, P25, P26, P27, P28, P29
- Pohjalaahaimet M20, M21, M22

#### 8. Lietteen linkous

- Lietelinko DC20
- Lietelingon anturit:
  - Laakerin lämpötila tulo ja lähtö
  - Tärinä tulo ja lähtö
  - Rummun moottorin virta ja rummun nopeus
  - Momentti

- Erokierrosluku
- Lietepumppu P97
- Lietteän virtausmittaus

Kriittisten ja tärkeimpien laitteiden valintojen jälkeen suoritetaan kriittisluokittelu. Kriittisyysluokittelu tapahtuu teoriaosuudessa esitellyn PSK 6800 standardin pohjalta soveltaen (Liite 2). Laitteiden kartoituksessa on mukana koko jätevedenpuhdistamon henkilökunta.

### 9.3 Kriittisyysluokittelun tulokset

Kriittisyysluokittelu jaettiin kahteen osaan. Ensimmäisessä oli luokittelussa vain jätevesi- ja kemikaalipumput ja toisessa muut laitteet, mittarit ja koneet. Koska jätevedenpuhdistamo on kolmilinjainen, niin tuotannonmenetyksen painoarvona käytettiin lukua 33 % ja kriittisyyden raja-arvona käytettiin rajaa 400.

Jätevesi- ja kemikaalipumppujen osalta kriittisyyden raja-arvon ylitti tulopumppaamon kolme jätevesipumppua ja kaksi kemikaalipumppua. Kaikki tulokset ovat esitetty liitteessä 3.

Pumppujen kriittisyyden yli kriittisyysrajan nostivat vikaantumisväli ja ympäristöriskit. Tulopumppaamon pumppujen vikaannuttua kesken kovien tulovirtaamien joudutaan jätevesiä ohjaamaan ohi pumppaamon suoraan mereen, jolloin se aiheuttaa ympäristölle ja vesistölle haittaa. Erilaiset kiintoaineet kuten rätit ja kivet aiheuttavat pumppuihin myös tukoksia ja tämä voi johtaa myös jätevesien ohjaimiseen mereen. Kemikaalipumppuista ferrisulfaatin siirto- ja annostelupumppujen tiheä vikaantumisväli sekä riski henkilöstö- ja ympäristöturvallisuuteen nostivat ne kriittisiksi laitteiksi.

Toisessa kriittisyysluokittelussa oli mukana jätevesi- ja kemikaalipumput pois lukiin kaikki muut laitteet, koneet ja anturit. Tulokset ovat esitetty liitteessä 4. Tarkastellessa tuloksia, niin kriittisyysrajan yli nousivat lähes kaikki laitteet. Kriittisimmiksi nousivat välpe- ja hiekkapesuri ja ilmastusaltaan happianturit. Suurimpina syinä olivat vikaantumisvälit ja ympäristöriskit.



Kriittisyysluokittelun tuloksia tarkastellessa voi kuitenkin sanoa, että vikaantumisvälin jättämällä pois, tärkein laite jätevedenpuhdistamolla on biologista puhdistusta ylläpitävä turbokompressorin vikaantumisväli on niin pitkä, että sen takia se ei pisteissä noussut kriittisimmäksi. Ilmastuskompressorin syöttää happea pieneliöille. Ilman happea pieneliöiden toiminta heikkenee tai lakkaa kokonaan. Tästä seuraa, että biologinen puhdistusprosessi lakkaa toimimasta ja puhdistamolta pääsee lupaehtojen raja-arvoja ylittäviä pitoisuuksia mereen. Myös prosessin uudelleen käyntiin otto vie aikaa, kun biologisen osuuden mikrobikanta pitää kasvattaa uudelleen.

#### 9.4 Ennakkohuolto ja jaksotettu huolto

Ensimmäisenä hyötynä oli ennakkohuolto ja jaksotettu huolto. Ennakkohuoltoon kuuluva kriittisyysluokittelu on suoritettu ja sen pohjalta tehdään ennakkohuolto-ohjelma. Ennakkohuolto-ohjelma syötetään Arrownovi ATK-kunnossapitojärjestelmään, joka on hankittu opinnäytetyön aikana. Kyseiseen järjestelmään voi luoda jokaiselle laitteelle oma ennakkohuolto-ohjelma, johon voidaan kirjata huoltoväli, toimenpiteet ja huolto-ohjeet ja niin edelleen. Kuvassa 4 näkyy kriittiseksi laitteeksi todetun hiekkapesurin ennakkohuoltoväli ja toimenpiteet. Kuvassa 5 puolestaan näkyy ennakkohuollon kalenteri. Ennakkohuolto-ohjelmassa on hyödynnetty kriittisyysluokittelun lisäksi laitteiden huolto-ohjeita. Lopullinen ohjelma on tiivistetty alla olevaan luetteloon:

- Laitteiden huolto-ohjelmiin ja kriittisyysluokitteluun perustuva huolto
- Laitteita huolletaan, vaikka niissä ei olisi vikaa
- Huoltotehtävistä tulee ilmoitus Arrow Novi-kunnossapitojärjestelmään ja tehtävät tulee hoitaa viiden työpäivän sisällä
- Yleisiä jaksotetun huollon toimenpiteitä ovat mm, pumppujen öljynvaihdot ja laitteiden puhdistukset
- Kriittisten laitteiden varaosien ylläpito

HIEKKAPESURI

Osahuolto

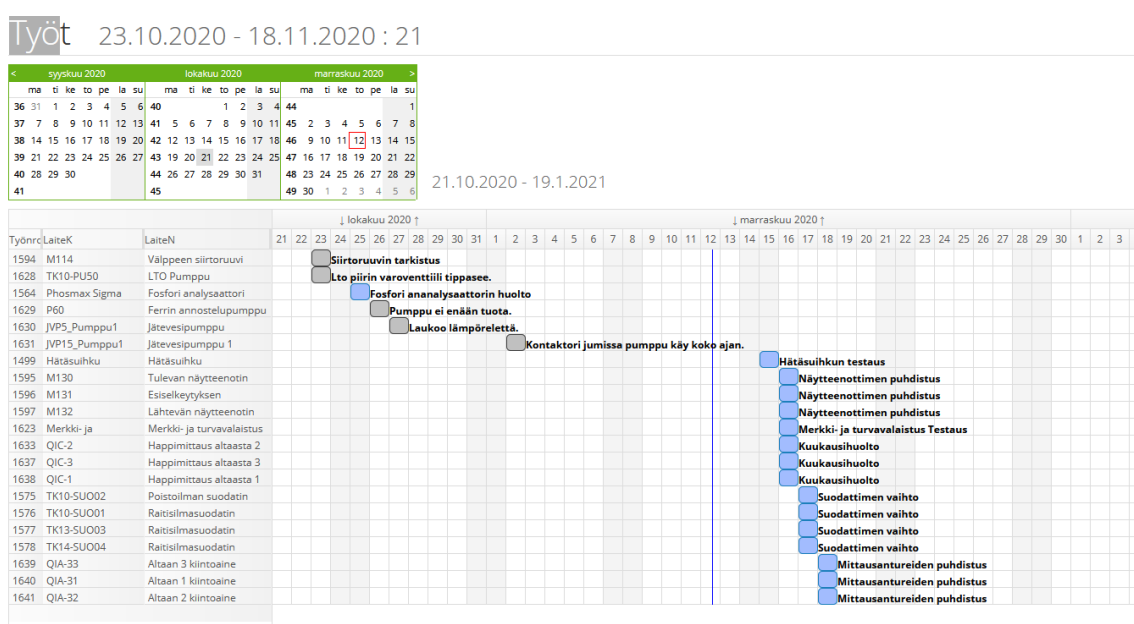
| L | T | D | Osahuollon nro | Selle                     | Kone selsoo                         | Työkorttien lkm | Kiireellisyys | Siirto                   | Tilaja        | Huoltoryhmä | Tekijä    | Tyylaji      |
|---|---|---|----------------|---------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------------|--------------------------|---------------|-------------|-----------|--------------|
|   |   |   | 141            | Hiekkapesurin viikkohoito | <input checked="" type="checkbox"/> | 1               | Ennakkohoito  | <input type="checkbox"/> | Pekka Paavola |             | 2 tekijää | Ennakkohoito |

Toimenpiteet

| Järjestysnro | Toimenpide1 | Ohjeet  | Tekijä    |
|--------------|-------------|---|-----------|
| 114          | Viikkohoito | -Tarkista, että pyörrekammio ei ole tukkeutunut -Huuhtele pois mahdolliset kiintoainemäärät, jotka ovat jääneet kiinni ylivuotoreunaan -Tarkista pesuveden syöttö -Tarkista organisen aineen poiston toiminta | 2 tekijää |

Välitön korjaus  Vikakorjaus(välitön)

Kuva 4. Hiekkapesurin ennakkohoito



Kuva 5. Ennakkohuoltokalenteri

## 9.5 Jatkuva kunnon seuranta

Jatkuva kunnon seuranta kuvaa nimensä puolesta päivittäistä kunnossapitoa. Se tuo lisäarvoa ennakkohoollon suunnitelmille huolloille ja mahdollistaa uusien vi-  
kaantumisien ennaltaehkäisyn. Alla on lueteltu jatkuvan kunnossapidon toiminta-  
periaatteet.

- Aamun kenttäkierros: Aistinvarainen tarkastus. Näkö-, kuulo-, ja hajuaisteihin perustuva kierros. Samalla tehdään tarvittavat linjahuuhtelut, mittaukset ja laitetestaukset.

- Pumppaamokierrokset: Käytetään uppopumput ylhäällä kerran vuodessa ja tehdään kunnan ja toiminnan tarkistus. Tarkistetaan putkistot silmämääräisesti, testataan venttiilit ja takaiskut
- Pumppujen käyntitietojen seuraaminen ohjausjärjestelmästä
- Puhdistusprosessin seuraaminen

## 9.6 Pitstop-huollot ja kunnonseuranta

Pitstop-huolloilla kuvataan ennakkohuolloissa löydettyjen vikojen korjausta. Viat yritetään aikatauluttaa samalle ajankohdalle ja ne tehdään siten, ettei prosessi vaarannu. Kunnonseurannalla pyritään etsimään ennakkoon mahdollisia tulevia putkistovuotoja. Alla on lueteltu pitstop-huoltojen ja kunnossapidon periaate:

- Suunnitellut huoltopysäytykset
- Suunnitellaan tarkasti ja minimoidaan haittavaikutukset sekä tehdään ai-noastaan silloin kuin prosessi ei vaarannu
- Perustuu kenttäkierroksen, ennakkohuollon ja kunnontarkastuksen ha-vaintoihin
- Kohdistuu tärkeimpiin putkistoihin kuten, pääpumppaamoiden pumppujen painelinjat, puhdistamolle tulevat jätevesilinjat, lieteputkistot ja ilmastuslin-jat
- Kohteina putkien käyrät, supistukset ja t-haarat
- Yritetään ennaltaehkäistä korroosion ja säröjen aiheuttamat vuodot
- Mittaustapoina ovat ultraääni (seinämän vahvuus) ja röntgenmittaus (säröt ja korroosion aiheuttamat syöpymät)
- Suoritetaan kohteille ainakin kahtena perättäisenä vuonna. Mittauskohdat tulee olla aina samat, jolloin nähdään putkistojen seinämien vuosittainen kuluma.

## 10 POHDINTA

Kunnossapito on hyvin tärkeä ja olennainen osa prosessi- ja tuotantolaitoksen toimivuuden ja talouden kannalta. Hyvä kunnossapidon suunnittelu ja resursointi auttaa säästämään henkilöstön voimavaroja sekä mahdollistaa pienet investoinnit säästyneillä kunnossapitokuluilla. Varsinkin pienillä kunnallisilla jätevedenpuhdistamoilla investointien mahdollisuus jää yleensä muiden menojen taakse.

Kunnossapitostrategia mahdollistaa toimivan kunnossapidon kulttuurin ja luo hyvän yhteisen työilmapiirin, koska strategian tekemisessä on huomioitu koko henkilökunnan osaaminen ja on annettu heille mahdollisuus vaikuttaa.

Toimivan kunnossapitostrategian valinta voi olla kuitenkin hyvin haastavaa varsinkin pienille yrityksille. Heillä voi strategia tekeminen kaatua organisaation resurssipulaan ja se voi koitua kalliiksi, kun työntekijöitä ja toimihenkilöitä joudutaan irrottamaan tuloksellisista työtehtävistä. Toinen hankaluus on, että tunnetut kunnossapitostrategiat ovat luotu isoille kansainvälisille yrityksille tai ne ovat kehittyneet isojen organisaatioiden kehitystiimien luomalla mahdollisuudella.

Tämän työn tarkoituksena olikin pohtia tunnettujen strategioiden parhaita puolia ja mielestäni Kemin jätevedenpuhdistamolle saatiin aikaan toimiva ja henkilöstöresurssien kestävä kunnossapitomalli. Tämän opinnäytetyön aikana strategiaa on jo jalkautettu jätevedenpuhdistamolle ja esimerkiksi enakkohuoltosuunnitelman käyttöönotto ja toteutus on lähtenyt hyvin käyntiin. Kunnossapidon enakkohuollon seuraamista ja laiterekisterin ylläpitoa helpottaa paljon työn aikana hankittu atk-pohjainen kunnossapitojärjestelmä, joka on tänä päivänä erittäin tärkeässä roolissa, kun miettii ennakoivaa kunnossapitoa. Työntekijät ovat ottaneet järjestelmän hyvin vastaan ja kirjaavat sinne kaikki tiedot vioista ja huolloista sekä kuittaavat enakkohuolto tehtävät.

Laitekanta, laitteiden tiedot ja huolto-ohjeet ovat saatu myös vietyä kunnossapitojärjestelmään ja tämä auttaa kunnossapitotöiden tekijöitä. Tästä on valtavasti apua, kun työskennellään kentällä. Työntekijät voivat esimerkiksi tarkistaa huolto-ohjeet älypuhelimella.

Työn aikana tehty kriittisyysluokittelu antaa hyvän alustan jatkaa syvemmin luokittelua laitteiden parissa. Kemissä puhdistamon kolmilinjaisuus helpottaa kriittisten laitteiden turvaamista, koska laitteita on aina vähintään tuplasti.

Työpaja on loistava työmuoto, jos työpaikalle on tulossa koko henkilökuntaa koskevia kehitys- tai muutoshankkeita. Yhdessä ideointi luo hyvää yhteishenkeä ja antaa kaikille mahdollisuuden vaikuttaa. Jälkikäteen mietittynä työpajaa olisi voinut laajentaa yrityksen ulkopuolelle tuomalla paikalle naapurikuntien jätevedenpuhdistamon henkilökuntaa. Tällä tavoin benchmarking olisi toiminut vielä paremmin ja se olisi voinut tuoda enemmän hyviä käytännön ideoita omalle sekä vierailulle organisaatiolle.

Työpaja kehitti omia taitojani projektinjohtajana. Vetovastuu oli välillä stressaavaa, kun kohtasin kriittistä ajattelua. Sosiaaliset taidot ja tunneäly nousivat tilanteissa positiivisella tavalla esille ja se loi varmuutta päätöksenteolle. Neuvottelutaidoilla oli suuri merkitys, jotta kaikki sai äänensä kuuluviin ja sillä pystyi avaamaan vanhoja kapeitakin ajatusmalleja kunnossapitotyöskentelystä.

Työn tietoperusteinen osuus tutustutti minut hyvin kunnossapidon erimuotoisuuteen ja avasi silmät ajattelemaan asioita monipuolisemmin kuin ennen. Olikin ilo huomata, että tietoperusteisen osuuden hyvien puolien vienti käytäntöön onnistui hyvin ja sujui lopulta hyvinkin mutkattomasti. Mielestäni tämä osoittaa, että kunnossapitostrategian luonti onnistuu hyvin myös pienissä prosessi- ja tuotantolaitoksissa kuten Kemin jätevedenpuhdistamolla.

## LÄHTEET

Backlund, F. & Hannu, J., 2002. Can we make maintenance decisions on risk analysis results? *Journal of Quality Maintenance Engineering*, Vol. 8.

Carlson, C. S. 2012. *Effective FMEAs. Achieving Safe, Reliable, and Economical Products and Processes Using Failure Mode and Effects Analysis*. New Jersey, USA: John Wiley & Sons Inc.

Hopkin, P. 2012. *Fundamentals of risk management: understanding, evaluating and implementing effective risk management*. 2.

Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T. & Urpalainen, S. 2013. *Voimalaitostekniikka*. 2., tarkistettu painos. Kotka: Opetushallitus.

Järviö, J. 2000. *RCM Luotettavuuskeskeinen kunnossapito*, Kunnossapitoyhdistys ry.

Järviö, J. 2004. *Kunnossapito*. 2. painos. Rajamäki: KP-Media Oy.

Järviö, J. 2006. *Kunnossapito*. 3. painos. *Kunnossapidon julkaisusarja*, n:o 10. Helsinki: KP-Media Oy.

Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T. & Åström, T. 2007 *Maintenance*. Helsinki: KP-Media.

Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012. *Kunnossapito: tuotanto-omaisuuden hoitaminen*. 5. painos. Helsinki: KP-Media Oy.

Karjalainen, T. & Karjalainen, E.E. 2002. *Six Sigma. Uudensukupolven johtamis- ja laatumenetelmä*. Hollola: Salpausselän kirjapaino Oy.

Kuusela, H. & Ollikainen, R. (toim.) 2005. *Riskit ja riskienhallinta*. Tampere: Tampereen Yliopisto, sähköinen julkaisu.

Laine, H. 2010. *Tehokas kunnossapito. Tuottavuutta käynnissäpidolla*. 1. painos. Kerava: Savion Kirjapaino Oy.

Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja n:o 13. Kerava: KP-Media Oy.

Moubray, J. 1997. Reliability-centered maintenance. 2nd. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Pintelon, L. & Parodi-Herz, A. 2008. Maintenance: An Evolutionary Perspective. Complex System Maintenance Handbook.

Promaint, 2016, Tuotantotehokkuuden lisääminen. Viitattu 23.2.2021 <https://promaintlehti.fi/Tuotantotehokkuuden-kehittaminen/Jatkuva-kunnossapidon-kehittaminen-tehostaa-kilpailukyky>

PSK 6201. 2011. Kunnossapito, käsitteet ja määritelmät. 3. p. PSK Standardisointiyhdistys ry.

PSK 6800. 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. PSK Standardisointiyhdistys ry.

PSK 7501. 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. PSK Standardisointiyhdistys ry.

Rossi, A. 1993. Ennakoiva kunnossapito konepajassa. Tampere: Tammer-Paino Oy.

SFS-EN 31010:2019. Riskienhallinta. Riskien arviointimenetelmät. Suomen standardisointiliitto. Helsinki.

SFS-ISO 31000: 2018. Riskienhallinta. Ohjeet. Suomen Standardisointiliitto. Helsinki.

SFS-EN 13306:2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen standardisoinnin liitto SFS.

Smith, A. & Hinchcliffe, G. 2004. RCM, Gateway to world class maintenance. Burlington: Butterworth-Heinemann.

Smith, R. & Mobley, K. 2008. Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers. Burlington. Elsevier Inc.

Strategic Asset Management Inc. 2020. Viitattu 15.9.2020. <http://sami-corp.com/the-sami-pyramid/>

Swanson, L. 2001. Linking maintenance strategies to performance. Int. J. Production Economics, Vol.70.

Viitala, R. & Jylhä, E. 2014. Liiketoimintaosaaminen. Menestyvän yritystoiminnan perusta. Porvoo: Bookwell Oy.

Quality Knowhow Karjalainen Oy. 2020. Viitattu 3.4.2017 <http://www.sixsigma.fi/fi/six-sigma/>.