

Opinnäytetyö AMK

Energia- ja ympäristötekniikka

2023

Tuomas Taponen

# Lämpöpumppulaitoksen kunnossapitosuunnitelma



Opinnäytetyö AMK | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Energia- ja ympäristötekniikka

2023 | 39 sivua, 1 liitesivu

Tuomas Taponen

## Lämpöpumppulaitoksen kunnossapitosuunnitelma

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli kehittää Enersensen suorittamaa kunnossapitoa Helenin lämpöpumppulaitoksella Vuosaarella ja löytää kustannustehokkaat ratkaisut laitteiden kunnossapitoon suunnitelman avulla. Ratkaisu auttaisi kohdentamaan kunnossapitoa tärkeisiin laitteisiin ja tuomaan selkeyttä huoltojen suunnitteluun.

Teoriaosuus työssä käsittelee kunnossapidon käsitteitä ja kunnossapitolajeja, joita käytetään jo lämpöpumppulaitoksen huollossa tai tullaan käyttämään. IFS tietokanta, sekä laitteiden asiantuntijat käytön ja kunnossapidon puolella ovat keskeisessä roolissa työn teossa. Vahvempana painoarvona työn pohjalle toimii työssä henkilöstön kokemus ja tieto laitteiden huolloista. Laitteille suoritettavia kunnossapitotöitä kuvataan työssä yksityiskohtaisemmin, myös tarkistusten osalta. Lopuksi pohditaan työn kulkua, työn aikana ilmenneitä ongelmia ja miten insinööriyötä pystytään käytännössä hyödyntämään.

Ensin työssä selvitettiin yrityksellä käytössä olevat kunnossapitolajit, johon heidän kunnossapitonsa pohjautuu. Selvitetään yksittäisten laitteiden kohdalla, mitä kunnossapitolajia niissä käytetään tai tullaan käyttämään. Laitteelle määritellään sille sopivat kunnossapito- ja tarkistustoimet.

Laitteille määritetyt kunnossapito- ja tarkastustoimet toimivat lämpöpumppulaitoksen kunnossapidon tukena.

Asiasanat:

Kunnossapito, Kunnossapitosuunnitelma, Lämpöpumppu

Bachelor's / Master's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Degree programme of Energy and Environment

Completion year of the thesis | number of pages

Tuomas Taponen

## A maintenance plan for the heat pump plant

The purpose of this thesis was to improve the maintenance performed by Enersense for Helen's heat pump plant in Vuosaari, by finding cost-effective solutions for the maintenance of the equipment with the help of a plan. The solution would help focus maintenance on important equipment and bring clarity to maintenance planning.

The theoretical part of the work deals with maintenance concepts and types of maintenance that are already used or will be used in the maintenance of the heat pump plant. The IFS database, as well as equipment experts from the side of operation and maintenance, play a key role in doing the work. However, the experience and knowledge of the staff will have a more important role as the basis of the work. The maintenance work performed on the equipment, including check-ups equipment, is described in more detail in the work. Finally, the flow of the work, the problems that occurred during the work, and how the thesis results can be utilized in practice are considered.

At first, the types of maintenance used by the company, which form the basis of their maintenance operations, were reviewed for the thesis. For individual devices, the type of maintenance that is used or will be used was mapped. Appropriate maintenance and inspection procedures were defined for each device. The maintenance and inspection activities assigned to the devices will serve as support for the maintenance of the heat pump plant.

Keywords:

Maintenance, Maintenance plan, Heat pump

# Sisältö

<b>Käytetyt lyhenteet tai sanasto</b>	<b>6</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>7</b>
<b>2 Toimeksiantaja</b>	<b>9</b>
2.1 Helen Vuosaari	9
2.2 Enersense	10
2.3 Vuosaaren lämpöpumppu	10
2.4 Lämpöpumpun ajaminen	11
<b>3 Kunnossapito</b>	<b>14</b>
3.1 Määritelmät	14
3.2 Tavoitteet	15
3.3 Kunnossapitolajit	15
3.4 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito (RCM)	18
3.5 Kunnossapito-ohjelman lähtökohdat	20
3.6 Kriittisyystarkastelu	21
<b>4 Kunnossapitosuunnitelma</b>	<b>23</b>
4.1 Kunnossapito Vuosaassa	23
4.2 Kunnossapitosuunnitelman rakentaminen	24
4.3 Laitetyypit	29
<b>5 Pohdinta</b>	<b>37</b>
<b>Lähteet</b>	<b>39</b>

## **Liitteet**

Liite 1. Ote kunnossapitosuunnitelmasta

## **Kuvat**

Kuva 1. Vuosaaren lämpöpumppu .....	11
Kuva 2. Lämpöpumpun toiminta – 2-vaiheinen toiminta (Friotherm n.d.).....	13
Kuva 3. Kunnossapito (SFS-EN 13306:2017).....	15
Kuva 4. Yksinkertaistettu kaavio luotettavuuteen tähtäävän kunnossapito- ohjelman tekemisestä (Laine 2010, 131) .....	21
Kuva 5. Kompressori Uniturbo 43 BX .....	28

## Käytetyt lyhenteet tai sanasto

Kombivoimalaitos      Kaasuturbiinivoimalaitos yhdistettynä  
höyrykattilavoimalaitokseen.

Käyttövarmuus      Yleistermi, jota käytetään kohteen aikasidonnaisille  
laatuominaisuuksille.

MW      Megawatti.

# 1 Johdanto

Lämpöpumppu on laite, jonka avulla pystytään siirtämään lämpöä. Laite ottaa lämpöä ympäristöstä tai muista tarjolla olevista lähteistä ja siirtää sen eteenpäin lämmönvaihtimien avulla. Lämpöä voidaan ottaa talteen lämpöpumpun avulla ilmasta, maaperästä tai vedestä. Lämpöpumppuja rakennetaan korvaamaan fossiilisia lämmöntuotannon menetelmiä. Vuosaaren rakennettiin Helenin tuotantolaitokseen lämpöpumppu, jonka tarkoituksena oli hyödyntää muuten hyödyntämättä jäänyttä lämpöenergiaa. Lämpöpumpulla lisätään lämmöntuotannon joustavuutta ja mahdollistetaan sähkön hyödyntäminen kaukolämmityksen tuotannossa.

Kunnossapitoa tarvitaan, jotta laitteet ja järjestelmät voivat palvella käyttötarkoitustaan mahdollisimman tehokkaasti. Lämpöpumppulaitoksen osalta kunnossapitoa tehdään siksi, että laitos pysyisi käyttökunnossa ja toimisi optimaalisesti. Laitoksessa on useita osia, jotka kuluvat käytön aikana. Osia tai jopa kokonaisia laitteita vaihdetaan tarvittaessa lämpöpumpun toimintavarmuuden varmistamiseksi.

Kunnossapitosuunnitelmia tarvitaan valvomaan ja tukemaan kunnossapidon toteutumista. Suunnitelmien avulla kunnossapidosta tulee systemaattista, ja se lisää toimintavarmuutta. Toimintavarmuus tuo mukanaan säästöjä, kun ennakoitavilta vikaantumisilta pystytään välttymään. Kun järjestelmät toimivat optimaalisesti, ne ovat myös tuottavimmillaan, ja niiden käyttöturvallisuus kasvaa.

Työn tarkoituksena on tuottaa kunnossapitosuunnitelma Enersenselle, joka vastaa Vuosaaren lämpöpumppulaitoksen kunnossapidosta. Suunnitelman avulla voidaan seurata, mitä huoltotoimenpiteitä lämpöpumppulaitokselle on suoritettava ja milloin ne on suoritettava. Lämpöpumppulaitoksesta ei ole tällä hetkellä kunnossapitosuunnitelmaa, mikä vaikeuttaa laitoksen huolto-ohjeiden ajantasaisuuden varmistamista. Kunnossapidon pohjana käytetään laitteiden valmistajien huoltosuosituksia. Suurin painoarvo ohjelman laatimisessa on kuitenkin laitoksen käyttö- ja huoltohenkilökunnan käyttökokemuksilla.

Huoltosuunnitelma laaditaan joko mukauttamalla toimittajalta saatuja huolto-ohjeita tai perustamalla ohjeet täysin käytön kokemuksiin perustuen laitteiden huolloista. Jokaiselle laitteelle määritellään kriittisyysluokituksensa.

Kriittisyysluokituksella kerrotaan laitteen tarpeellisuus prosessissa sekä määritellään laitteen kunnossapito tarpeet. Ohjelma tuo kaiken tarvittavan aineiston yhteen paikkaan, joka helpottaa huolto suunnitelmien laatimista jatkossa.



## 2 Toimeksiantaja

### 2.1 Helen Vuosaari

Helen rakennutti itselleen vuonna 2022 tuotantokäyttöön otetun lämpöpumpun Vuosaaren voimalaitoksien yhteyteen. Lämpöpumppu hyödyntää laitoksien jäähdytyksestä syntyvää sekä meriveden lämpöenergiaa. Helenin tavoitteena on tuottaa kaukolämpö hiilineutraalisti vuoteen 2030 mennessä ja se on tämän laitoksen yksi tärkeimmistä hankintasyistä. Energiantuotannon päästöjen vähentäminen ja uusiutuvan energian määrän lisääminen kuluu yhtiön tavoitteisiin. Helen on investoinut lämpöpumppuihin muualla Helsingissäkin, kuten Katri Valan lämpöpumppulaitoksessa. Vuosaaren lämpöpumpun investoinnin arvo on noin 15 miljoonaa euroa.

Toisin kuin aiemmin valmistuneesta Katri Valan lämpöpumppulaitoksessa, josta lämpö tuotetaan puhdistetusta jätevedestä, kaukojäähdytyksen paluuedestä ja sähköstä niin Vuosaarissa uutta on meriveden lämmön hyötykäyttö. Meriveteen sitoutuu energiaa varsinkin kesäaikaan, joka jäisi hyödyntämättä kaukolämmityksessä ilman lämpöpumppua.

Vuosaaren voimalaitosalueella on kolme eri sähkön ja kaukolämmön tuotantolaitosta. A ja B-laitokset ovat kombivoimalaitoksia, jotka tuottavat sähköä ja kaukolämpöä maakaasusta tai polttoöljystä. Molemmissa laitoksissa on kaksi kaasuturbiinia sekä yksi höyryturbiini. Vuonna 2022 valmistunut C-laitos on biolämpölaitos, joka tuottaa vain kaukolämpöä 260 MW teholla. A ja B-laitokset tarvitsevat jäähdytystä toimiakseen optimaalisesti. Liikkuvat laitteet, kuten erilaiset moottorit, kuumenevat käytössä ja niitä viilennetään öljykierron avulla. Lämmönvaihtimien avulla viilennetään öljyä ja jäähdytysvedet johdettiin ennen mereen. Nykyään jäähdytysveden lämpö pystytään ottamaan hyötykäyttöön lämpöpumpun avulla. Tällä ratkaisulla voimalaitosten tuotantoprosessia on pystytty tehostamaan.

Talvikuukausina meriveden lämpötila on liian alhainen hyödynnettäväksi lämpöpumpulla, jolloin hyödynnetään vain voimalaitoksen sisäistä jäähdytysvesikiertoa. (Uusitalo 2019.)

## 2.2 Enersense

Enersense energia-alan yhtiö, joka keskittyy tarjoamaan monipuolisia vihreän energian palveluita niin Suomessa kuin kansainvälisestikin. Vuonna 2005 perustettu yritys toimii teollisuus-, energia-, tietoliikenne- ja rakennusalailla. (Enersense International Oyj n.d.) Helenin muuttuneen toimintaympäristön takia se siirtyi palveluhankinnan toimintamalliin ja kilpailutti vuonna 2022 käyttö- ja kunnossapitopalvelunsa Enersenselle. (Helen Oy 2022). Opinnäytetyö suoritettiin Enersense IN Oy:n alaisuudessa.

## 2.3 Vuosaaren lämpöpumppu

Vuosaaren lämpöpumpun tuottama kaukolämpöteho on 13 MW ja jäähdytysteho on 9,5 MW. Talvikaudella, kun lämmön lähteenä toimii A- ja B-laitoksien sisäinen jäähdytyskierto on kaukolämpö teho noin 12 MW. Puolestaan kesäkaudella, jolloin lämpöä saadaan merivedestä, pystyy lämpöpumppu tuottamaan kaukolämpöä 8 MW:n teholla. Meriveden lämpötilan on oltava vähintään 8 celsius astetta, jotta meriveden lämpöä voidaan hyödyntää kaukolämmön tuotannossa.

Molempien A- ja B-laitosten sisäisen jäähdytyskierron lämpötilan laskeminen tapahtuu yhteisessä merivesipumppaamossa. Merivesipumppaamossa sijaitsevat lämmönvaihtimet, joiden avulla lämpö siirretään lämpöpumppulaitoksen sisäiseen kiertoon merivedestä tai laitoksien sisäisestä kierrosta. Lämpöpumppu on yhteydessä kahteen eri kaukolämpöverkkoon, pienempään pintaverkkoon ja laajempaan tunneliverkkoon. A-voimalaitoksen jäähdytyskierrosta saatu kaukolämpö ohjataan pääsääntöisesti pintaverkkoon,

pienemmän tuotantokapasiteettinsa takia ja B laitoksen puolestaan kattavampaan tunneliverkkoon.



Kuva 1. Vuosaaren lämpöpumppu

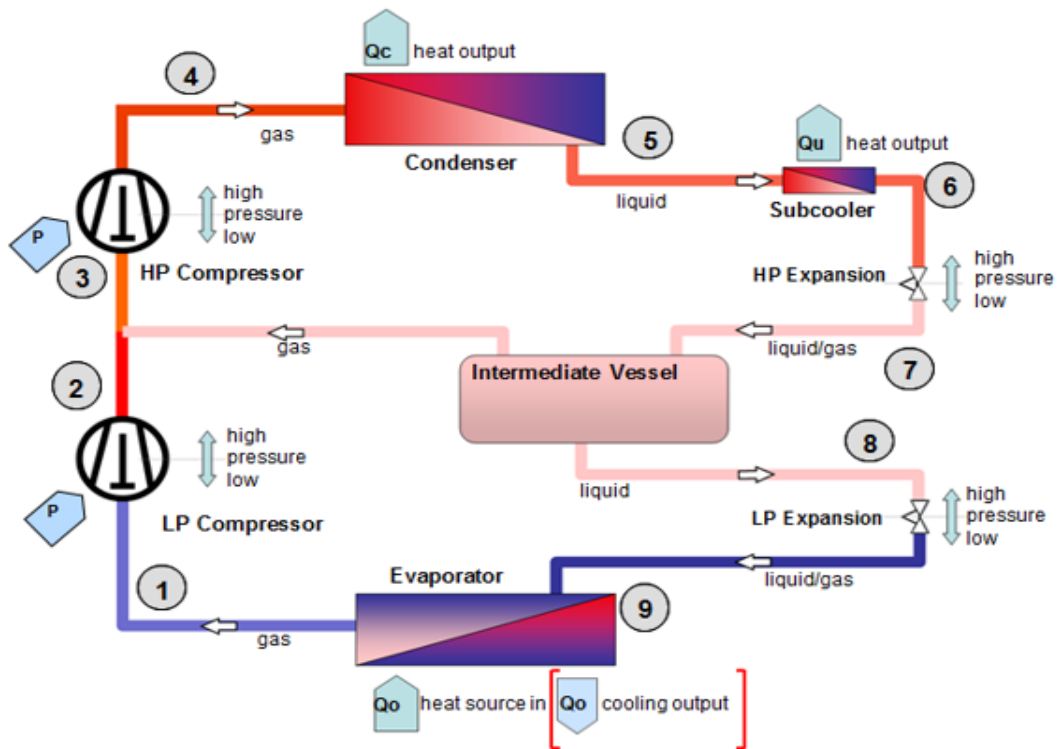
## 2.4 Lämpöpumpun ajaminen

Lämpöpumpusta (kuva 1) löytyy kaksi eri kompressoria, matalapaine ja korkeapaine. Kompressorien tarkoitus on puristaa höyrystynyttä väliainetta korkeampaan paineeseen, jolloin syntyy lämpöä. Suurempi on matalapainekompressori, Uniturbo 43 BX, joka on kytketty ABB Oy:n valmistamaan 2800 kW:n moottoriin. Pienempi korkeapainekompressori, Uniturbo 28 CX, joka on kytketty ABB Oy:n valmistamaan 1500 kW:n moottoriin. Näitä kahta kompressoria voidaan pitää lämpöpumpun kriittisimpinä laitteina.

Lämpöpumpulla on mahdollista ajaa kolmea eri ajotyylillä. Kahden kompressorin läpi niin kutsuttua 2 stage operation, missä höyrystynyt kylmäaine kulkee

molempien kompressoreiden läpi. Tällä ajotavalla saadaan nostatettua kylmäaineen lämpötila alhaisimmista celsiusasteista halutulle tasolle. 1 stage operation -ajossa käytetään jompaakumpaa kompressoria, korkea- tai matalapainetta. Tämä mahdollistaa sen, että molempien kompressorien ei tarvitse tehdä töitä, jos haluttu loppulämpötila voidaan saavuttaa vain toisen laitteen avulla.

Lämpöpumppulaitokseen tuotu lämpö tulee voimalaitoksen sisäisestä kierrosta tai merivedestä. Se saapuu lämmönvaihtimien välityksellä pumppulaitoksen sisäiseen kiertoon ja päätyy ensimmäisenä lämpöpumppulaitoksessa höyrystimelle. Höyrystimelle tuotu lämmin vesi saa kylmäaineen höyrystymään. Höyrystyminen tapahtuu höyrystimeksi kutsutussa painelaitteessa. Höyrystynyt kylmäaine menee seuraavaksi, joko matala- tai korkeapainekompressoriin ajotavan mukaan. Toisen tai molempien kompressorien läpi mennyt höyry paineistuu, ja sen lämpötila kasvaa. Höyry ohjautuu lauhduttimelle, jossa sen lämpöenergia otetaan talteen lämmönvaihtimien avulla ja siirretään kaukolämpöverkkoon. Jäähtyneet höyryt tai nesteytyneet kylmäaineet kulkeutuvat alijäähdyttimelle, jossa vielä höyryn olomuodossa olevat kylmäaineet luovuttavat lämpöenergiansa kaukolämpöverkkoon (kuva 2). Lämpöpumppuun on myös asennettu välisäiliö siltä varalta, että prosessi ei toimi oikein ja alijäähdyttimeltä läpi pääsee höyrystynyttä kylmäainetta. Kylmäaineneste palaa välisäiliöstä takaisin höyrystimelle. (Friothers 2023.)



Kuva 2. Lämpöpumpun toiminta – 2-vaiheinen toiminta (Friothersm n.d.).

### 3 Kunnossapito

Kunnossapidolla on tarkoituksena pitää erilaiset laitteet, koneet, rakennukset ja infrastruktuuri aina käyttökunnossa. Jotta tähän tavoitteeseen päästään, edellyttää se ylläpitoa ja korjaamista. Erilaisten korjaustoimenpiteiden suorittamista sitä tarvitseville ei kuitenkaan ole kunnossapidon päätarkoitus, vaan niiden ennakoiva ehkäiseminen. Usein säännölliset huollot, tarkastusten tekeminen, toimintaa häiritsevien vikojen korjaaminen tai tarvittaessa varaosien vaihtaminen sisällytetään kunnossapitoon. Kun kunnossapito on suoritettu oikein, varmistaa se rakenteiden ja laitteiden käyttöiän olevan halutulla tasolla ja niiden turvallisen käytön. Oikeanlaisella kunnossapidolla pystytään vähentämään ennakoimattomia käyttöhäiriöitä ja niistä aiheutuvaa haittaa. (Mikkonen ym. 2009, 25.)

#### 3.1 Määritelmät

##### Standardi PSK 6201

Kunnossapito määritellään PSK 6201 -standardin mukaan seuraavasti ”Kunnossapito on kaikkine niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana.”

##### Standardi SFS-EN 13306

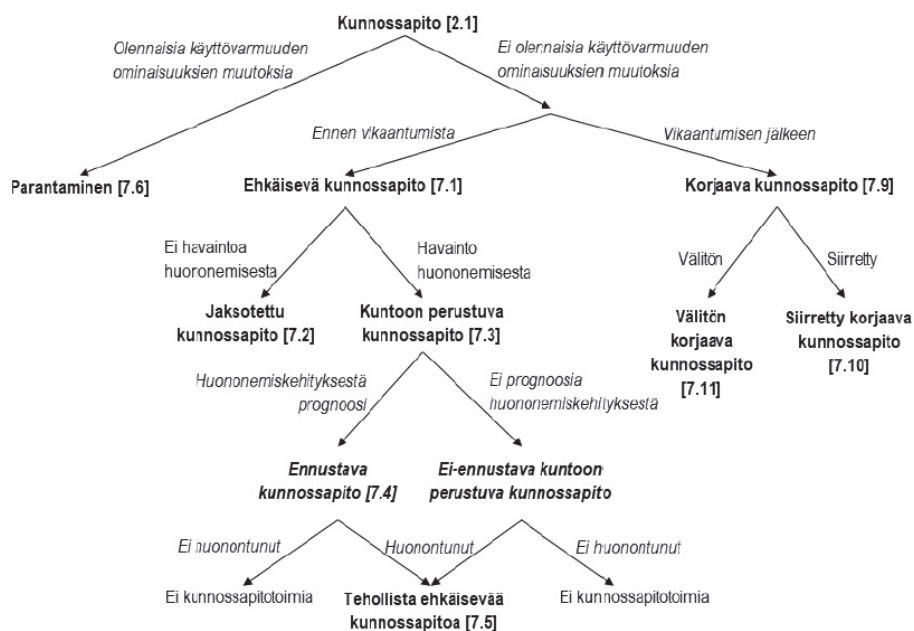
Kunnossapidon määritelmä Standardi SFS-EN 13306 mukaan: ”kaikki kohteen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon.

### 3.2 Tavoitteet

Jokainen organisaatio määrittelee itse, millaisia tavoitteita kunnossapidolla on tarkoitus saavuttaa. Erilaisten laitteiden toimintatavoitteet eroavat toisistaan, mutta päätavoitteina voidaan kuitenkin pitää tuotannon korkeaa kokonaistehokkuutta ja hyvää käyttövarmuutta. Laitteiden toimintakunnon takaaminen mahdollistaa korkean käyttöasteen. (Järviö & Lehtiö 2017, 59.) Kun laitteisiin tai koneisiin kohdennetaan tarvittavia kunnossapitotoimia, niiden käyttöikä pitenee verrattuna laitteisiin, joihin ei ole kohdennettu kunnossapitotoimia, jolloin saadaan rahalle enemmän vastinetta. Turvallisuus voi myös parantua kunnossapidon ansiosta, koska tavoitteena on saada laitteet toimimaan halutulla tavalla. Oikein toimivat laitteet mahdollistavat, myös energiankulutukseltaan alhaisemman tason viallisiin laitteisiin verrattuna.

### 3.3 Kunnossapitolajit

Kunnossapito pystyy harjoittamaan eri lajien avulla (kuva 3). Kunnossapitolajien pääryhmät ovat parantava, ehkäisevä ja korjaava.



Kuva 3. Kunnossapito (SFS-EN 13306:2017).

### Ehkäisevä kunnossapito

”kunnossapito, jonka tarkoituksena on arvioida ja / tai vähentää kohteen heikentymistä ja vikaantumisten todennäköisyyttä” (SFS-EN13306:2017).

Tarkoituksena on suorittaa kunnossapito ennakoiden ja ennen vikaantumista. Kohdetta, kuten laitetta sen suorituskykyä tai siitä kerättävää tietoa seurataan. Laitteesta saatu tieto auttaa ennakoimaan huollon tarvetta. Tarkoitus on ehkäistä korjaava kunnossapitoa, jolloin vältetään vikaantumisilta ja toimintakyvyn heikkenemiseltä. Ehkäisevää kunnossapitoa voidaan tehdä säännöllisesti, jolloin se on aikataulutettu esimerkiksi vuosihuollon yhteyteen. Se voi olla myös jatkuvaa tai vaadittaessa tehtävää. Kun kunnossapidosta kirjataan tiedot järjestelmiin, voidaan niitä sitä kautta analysoida ja parantaa kunnossapidon aikataulutusta. Ehkäisevään kunnossapitoon luokitellaan muun muassa tarkastaminen, kunnonvalvonta, käynninvalvonta ja vikaantumistietojen analysointi. (Järviö & Lehtiö 2017, 50.)

### Korjaava kunnossapito

”kunnossapitoa, jota tehdään vian havaitsemisen jälkeen tavoitteena palauttaa kohde tilaan, jossa se voi toteuttaa vaaditun toiminnon” (SFS-EN 13306:2017).

Korjaavan kunnossapito on kunnossapitoa, jossa vika on jo ilmennyt, laitteeseen tai osaan. Vikaantunut osa tai komponentti korjataan käyttökuntoon. Korjaavan kunnossapidon avulla voidaan saada tietoa eri osien tai komponenttien elinajoista, mikä mahdollistaa ehkäisevän kunnossapidon kohdistamisen niihin korjaavan sijasta. Laitteen vikaantuessa on arvioitava vian vaikutukset ja laitteen kriittisyys, jolloin määritellään siirretty vai välitön huolto. Korjaava kunnossapito on aina tarpeellista, kun laitteet tai järjestelmät eivät toimi halutulla tavalla, ja sen aiheuttajana on vikaantuminen. Tavoitteena on saada vikaantunut laite tai järjestelmä palautettua toimimaan toivotulla tavalla. Korjaavaksi kunnossapidoksi lasketaan muun muassa vian määrittäminen, vian paikallistaminen ja korjaus. (Järviö & Lehtiö 2017, 51.)



Kuntoon perustuva kunnossapito (CBM) ja kunnonvalvonta

”ehkäisevää kunnossapitoa, joka sisältää fyysisen tilan arviointia ja analyysiä sekä mahdollisesti niiden johdosta suoritettavia kunnossapitotoimenpiteitä” (SFS-EN 13306:2010).

Kuntoon perustuva kunnossapito luokitellaan yleisesti ehkäiseväksi kunnossapidoksi. Kohteesta kerätään tietoja, jotka auttavat määrittämään koneen kunnan. Erilaisten parametrien avulla voidaan tarkastella, onko kohteen suorituskyky esimerkiksi heikentynyt. Kohdetta on mahdollista myös tarkastella ulkoisesti aistien perusteella, vuotaako laite tai kuunnella käykö se oikein. Laitteita voidaan seurata suunnitelluin väliajoin, kokoaikaisesti tai sitä voidaan tehdä tarpeen tullen. Perustana tälle kunnossapitolajille pidetään kunnonvalvontaa, käyttöparametrien seurantaa ja tarkastuksia. (Mikkonen ym. 2009, 100.)

Parantava kunnossapito

Parantavaa kunnossapitoa pystytään harjoittamaan erilaisin keinoin. Parantava kunnossapito voidaan jaotella kolmeen eri luokkaan. Ensimmäisessä luokassa kohdetta huolletaan ja siihen vaihdetaan uudempia osia kuluneiden tilalle. Uudet osat ovat samanlaisia kuin alkuperäiset. Suorituskyky ei muutu, mutta laitteen luotettavuus paranee kunnossapidon ansiosta. Mahdollisuutena on, myös, että kohteen heikkouksia korjataan suunnittelemalla uudelleen ja korjaamalla virheitä. Jos jokin osa hajoaa tietyn väliajoin, osaa ei vain vaihdeta uuteen vaan selvitetään, mikä osan saa hajoamaan ja voiko sen rikkoutumisen aiheuttavan syyn korjata. Tarkoituksena on, myös tässä parantaa kohteen luotettavuutta. Parantavaa kunnossapitoa voidaan myös suorittaa, jonka tarkoituksena on kohteen suorituskyvyn parantaminen. Kehittyneempien laitteiden käyttöönotto tarkoittaa yleensä valmistusprosessin uudistamista.

Yhden laitteen tehokkaamman version hankkiminen voi helposti sotkea koko prosessin, tai jos laitetta käytetään vanhan laitteen suorituskyvyn puitteissa, ei varsinaista hyötyä ole saavutettu, mutta luotettavuus voi parantua.

Nykyaikaisemmilla laitteilla pystytään tehokkaampaan tuottamiseen. (Mikkonen ym. 2009, 507.)

### 3.4 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito (RCM)

Ehkäisevää kunnossapitoa suunnitellessa hyödynnetään laitteiden toimittajien ja kunnossapitohenkilökunnan tietoa perustana. Kunnossapitohenkilökunnalla on käsitys siitä, mitä laitteessa voi hajota ja milloin, erityisesti jos laite on heille tuttu. Uusien laitteiden kohdalle joudutaan luottamaan vahvemmin laitteen toimittajan tietoihin. Toimittajalta saatu kunnossapito-ohjeistus voi olla liiankin kattava todellisen tarvittavan kunnossapidon määrään asiakkaan käyttökohteessa. Tämän takia ehkäisevää kunnossapitoa saatetaan suorittaa tarpeettoman paljon.

Koneita huollettaessa voi ohjeistuksena olla, että kone pitää avata kunnan toteamiseksi, mutta useita tarkastuksia tai mittauksia voidaan suorittaa koneen käydessä, jolloin vältetään avaamisesta aiheutuvat riskit. Vikaantumisen riski pienenee, mitä harvemmin kone joudutaan purkamaan osiin. Kunnossapidon kohdentaminen on tärkeässä roolissa, jotta sitä tarvitsevat laitteet saavat tarvitsemansa huomion, eikä laitteita kohdella tasavertaisesti huollon tarpeen suhteen.

Toimintamallin avulla kehitetään yksilökohtainen ohjelma koneelle. Kunnossapitostrategioita on monenlaisia, joten on tärkeä tunnistaa, minkälainen strategia sopii kyseiselle laitteelle. Kunnossapidon kohdentamisen ensimmäisessä vaiheessa tarkastellaan kokonaisvaltaisesti prosessia ja keskitytään eniten kunnossapitoa vaativaan osa-alueeseen. Osa-alueet otetaan tarkempaan tarkasteluun ja tutkitaan osa-alueen laitteet ja niiden vikaantumisen aiheuttavat riskit sekä niiden syyt. Laitteelle valitaan oikeat kunnossapidolliset

keinot. Toimintamalli on kehitetty 1960- luvulla kun Federal Aviation Agency halusi lentokoneisiin toimivan ennakoivan kunnossapidonohjelman.

Toimintamallista on tullut sen jälkeen myös erilaisen lähestymistavan omaavia malleja. Alkuperäisessä mallissa kaikki perustuu tietoon, eikä siinä ole varaa oletuksiin. Kevyemmissä malleissa oletuksille on tilaa, jolloin voidaan esimerkiksi luoda pohjaa vertailemalla samankaltaisiin prosesseihin.

Päämääränä on kohdistaa kunnossapito oikeisiin kohteisiin. Kriteereinä kohdistamisessa on käytössä, turvallisuus, laatu, ympäristövaatimukset ja kustannukset. Näiden tietojen perusteella määritetään kunnossapitoa vaativat kohteet. Laitteiden toimintatavat on hyvä ymmärtää, koska niiden avulla pystytään määrittämään, mitkä osat laitteista voivat mennä rikki tai miten laite voi vikaantua. Määrityksessä otetaan huomioon olosuhteet, joissa laite voi vikaantua ja vikaantumista aiheuttavat tilanteet. Kun tämä on tiedossa, on mahdollista valita oikeat kunnossapitolajit laitteille. Jos laitteen vikaantumismekanismeja tutkiessa ei laitteelle löydetä tarpeeksi tehokkaita menetelmiä vikojen torjumiseen, on laadittava suunnitelma, kuinka toimitaan, jos laite vikaantuu. Kriittisimpiä laitteita on hyvä valvoa jatkuvasti tai säännöllisesti. Laitteiden normaalit ja epänormaalit käytitavat olisi käyttöhenkilökunnan hyvä osata, jolloin he pystyvät vikaantumiset havaitsemaan.

Tärkeimpänä prosessin tavoitteena pidetään, vikaantumisen aiheuttamien haittojen minimointia. Vikaantumisia on vaikea eliminoida kokonaan, tai sen saavuttaminen ei ole kustannustehokasta, jolloin tärkeämpää on saavuttaa vikaantumisista aiheutuvien haittojen minimointi.

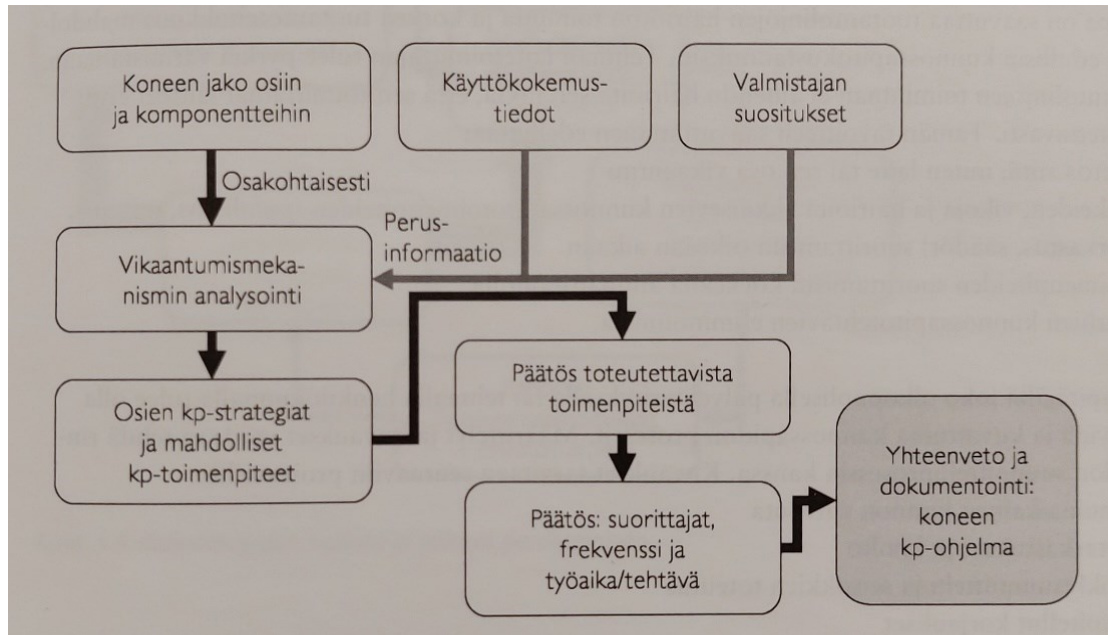
Oikean kunnossapitomenetelmän valitsemisessa käytetään apuna kahta kysymystä, millaisissa olosuhteissa vikaantuminen voi tapahtua ja onko tilanteita tai tapahtumia, jotka voivat aiheuttaa vikaantumista. Vikaantumiseksi lasketaan tapahtumat, jolloin laite ei toimi halutulla tavalla. Käsite sisältää pienet käyttöhäiriöt, jotka vaikuttavat tuotantoon ja laitteen pysähtymisen välillä olevat vikatilat. Vikaantumisen todennäköisyyden avulla jaetaan laitteet omiksi

ryhmikseen, jonka jälkeen selvitetään miten viat tulevat prosessiin vaikuttamaan. (Järviö & Lehtiö 2017, 165–170.)

### 3.5 Kunnossapito-ohjelman lähtökohdat

Kunnossapitotyöt nojautuvat lähtökohtaisesti toimittajien tekemään huolto-ohjelmaan, joka toimitetaan ostajalle. Huolto-ohjelmassa voi olla selkeät huolto-ohjeet laiteelle tai yleisellä tasolla olevat. Mitä tarkemmat ohjeet ovat, sitä helpommin työt voivat niihin perustua. Toimitettuihin ohjelmiin on kuitenkin syytä suhtautua varauksella. Huolto-ohjelma voi olla suunniteltu takuu-aikaa mielessä pitäen ja toimittaja voi sisällyttää turhiakin kunnossapitotehtäviä esimerkiksi varaosien tiheä vaihtoa. Kun laitetoimittaja tekee laitteen huolto-ohjelmaa, ei ole välttämättä tiedossa, minkälaiseen käyttöympäristöön laite asiakkaalleen tulee. Käyttötunnit, käyttöolosuhteet voivat vaihdella paljonkin eri asiakkaiden välillä, joten yleiset huolto-ohjeet eivät ole tehokkaan kunnossapitosuunnitelman perusta. (Laine 2010, 130.)

Kun huolto-ohjelmaa aletaan laatimaan (kuva 4), on hyvä varmistaa, että siihen laadittavat toimenpiteet saadaan suunnattua täsmällisesti, jotta tämä tapahtuisi kannattaa lähestyä seuraavan kaavion mukaisesti. (Laine 2010, 131.)



Kuva 4. Yksinkertaistettu kaavio luotettavuuteen tähtäävän kunnossapito-ohjelman tekemisestä (Laine 2010, 131)

### 3.6 Kriittisyystarkastelu

Kriittisyystarkastelu aloitetaan katsomalla määritettävää tuotantoprosessia etäältä ellei tarkastelualue ole jo ennalta määrätty. Mikäli aluetta ei ole määrätty kannattaa priorisoida laitoksen tai prosessin eri osa-alueet. Kun työkohte on päätetty, voidaan siirtyä tarkastelemaan, mitä eri laitetyppejä kohteesta löytyy. Nämä laitetypit kategorisoidaan omaksi luokikseen ja päätetään, missä järjestyksessä ne käydään läpi. Tarkasteltavaan järjestykseen laitoksen eri osa-alueissa tai tarkemmin tarkasteltavaan laitetyyppien valintaan voidaan tilanteeseen sopivaa menetelmää käyttää. Mikäli aikarajoitukset asettavat haasteita tarkastelulle, kannattaa tarkastelua edetä arvioitujen kriittisyysluokkien perusteella, muuten on mahdollista käydä alueet tai laitteet esimerkiksi aakkos- tai sijaintijärjestyksessä.

Kun laite on otettu tarkasteluun, määritellään sen kriittisyys prosessissa, ottaen huomioon kriittisyyden kannalta se, mitä seuraamuksia laitteen rikkoutumisella on tuotantoprosessiin. Jos jokin tietty laite hajoaa prosessista, pystyykö laite enää toimimaan normaalisti ja kuinka pitkään. Mitä kriittisempi laite on

kyseessä, sitä nopeammin koko tuotantoprosessi pysähtyy laitteen hajotessa. Kriittisyys tarkasteluun otetaan mukaan myös kokemus ja mahdolliset kunnossapitotiedostot. Nämä asiat tuottavat tarkastelun lopputuloksiin luotettavuutta. Kokemusten perusteella pystytään määrittämään kriittisyysasteita todenmukaisempaan suuntaan. Usein tai helpommin rikkoutuvat laitteet saadaan määriteltyä tiedostojen ja kokemusten avulla kriittisemmiksi. (Laine 2010, 139.)

## 4 Kunnossapitosuunnitelma

### 4.1 Kunnossapito Vuosaassa

Kunnossapitoa suoritetaan päivittäin Enersensen toimesta Vuosaaren laitosalueella. Tavoitteena voimalaitoksen kunnossapidolle pidetään toimintavarmuutta ja kustannustehokkuutta. Kunnossapitolajeista eniten suoritetaan ehkäisevää kunnossapitoa ja erityisesti sen alalajiin kuuluvaa kuntoon perustuvaa kunnossapitoa. Ehkäisevää kunnossapitoa suoritetaan ennen kuin laitteen kunnossapito on pakollista, mikä auttaa välttämään laitteen vikatiloja. Tietyistä kriittisimmistä laitteista kerätään tietoa ja niiden suorituskykyä seurataan. Osa laitteista on tarkkailussa valvomosta käsin, jolloin ne ovat jatkuvat tarkkailun alla. Pumppuja seurataan jatkuvilla tai kerran vuodessa tapahtuvilla värinämittauksilla.

Mittauksien ja kerättävän tiedon avulla suoritetaan ehkäisevää kunnossapitoa laitteille ennen niiden toimintakunnon menetystä. Ehkäisevää kunnossapitoa suoritetaan myös kahdesti päivässä tapahtuvilla käyttöhenkilökunnan tarkistuskiertoilla. Kierroksilla voidaan havaita poikkeamia laitteiden normaalista käynnistä, jolloin huollon tarve voidaan havaita ennen laitteen epäkuntoon menemistä. Ehkäisevä kunnossapito on Vuosaassa pääsääntöisesti säännöllistä ja aikataulutettua. Ehkäisevä kunnossapitoa näkyy vahvimmin laitosten vuosihuoltojen aikana, jolloin laitteisiin vaihdetaan kulutusosia ja muita ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteitä, kuten öljyn vaihtoja.

Korjaavaa kunnossapitoa suoritetaan, myös voimalaitoksilla. Laitteiden hajoamisilta ei voida täysin välttyä, vaikka ehkäisevää kunnossapitoa laitoksissa systemaattisesti suoritetaan. Laitteen hajoaminen ei ole aina ennustettavissa eikä ehkäisevällä kunnossapidolla vältettävissä. Vikaantumisen syynä voi olla käyttövirheet prosessissa, ajan kulumisen vaikutukset tai epäoptimaaliset käyttöolosuhteet. Korjaavan kunnossapidon pitkän tähtäimen hyötyinä ovat laitteesta saadut korjaustoimenpiteiden dokumentointi ja hankittu kokemus

vikaantumisista. Laitteiden vikaantumisista saatua hyötyä pystytään käyttämään jatkossa laitteen huolloissa. Laitteen osan hajoatessa voidaan osa vaihtaa tulevaisuudessa suunniteltua aikaisemmin hajoamisen estämiseksi, jolloin kunnossapito siirtyy korjaavasta ehkäiseväksi.

Parantava kunnossapito toteutuu laitoksilla osien vaihtamisena. Laitteiden kuluneet osat vaihdetaan tarvittaessa, yleensä vuosihuollon aikana. Uusien osien asentaminen parantaa laitteiden toimintavarmuutta, erityisesti vaihdettaessa riskialttiita osia. Parantavassa kunnossapidossa pyritään tunnistamaan, korjaamaan tai poistamaan prosessissa olevat heikot kohdat ja osat, jotka altistuvat vikaantumiselle.

Luotettavuuskeskeinen kunnossapito on keskeisessä roolissa Vuosaarella. Laitteiden toimittajilta saatuja kunnossapito-ohjeita on muokattu laitoksen tarpeisiin toimiviksi. Käyttö- sekä kunnossapitohenkilökunnan vahva tietämys käytössä olevista laitteista mahdollistaa mukautusten suorittamisen. Suurin osa lämpöpumppulaitoksen laitteista on henkilökunnalla jo tuttuja. Siksi kunnossapidon suunnittelua pystytään vahvasti henkilöstön tietämykseen perustamaan. Friothermiltä saatua tietoa hyödynnetään lopuissa lämpöpumpun huollettavista laitteista. Friothermin toimittamiin tietoihin voidaan kyseisten laitteiden kunnossapito perustaa. Aiemmin tunnettujen laitteiden ohjeista karsitaan toimenpiteitä pois, joita ei nähdä tarpeelliseksi.

Luotettavuuskeskeisellä kunnossapidolla on mahdollistettu kunnossapidon tarve sitä vaativille laitteille sekä oikeat, laitteille sopivat kunnossapitolajit. Kriittisille laitteille on luotu huoltosuunnitelmansa vikaantumisten ehkäisemiseksi.

#### 4.2 Kunnossapitosuunnitelman rakentaminen

Huolto-ohjelman rakentaminen alkoi tutustumisella Friothermin toimittamiin kansioihin, joissa oli dokumentaation heidän toimittamistaan laitteista.



Kansioissa oli myös yleistä dokumentaatiota lämpöpumpun toiminnasta ja sen huolto-ohjelmasta. Helen Oy:n käyttämä IFS-tietojärjestelmä sisältää laite- ja varaosakortit. Järjestelmästä löytyi jo valmiiksi luodut lämpöpumppulaitoksessa käytettävien laitteiden laitekortit. Laitteet on jaoteltu järjestelmässä laitetyyppin mukaan. Laitetyypit, jotka järjestelmästä löytyi laitoksen kohdalta, olivat elektroniikka, hierarkia, kaapeli, lämmönsiirrin, mittalaite, muuntaja, painelaite, pumppu, putkisto, sähkökäyttö, venttiili ja yleislaite.

Järjestelmästä valmiiksi löytyvien jakojen ansiosta laitelajikohtaista jaottelua ei tarvinnut tehdä. Laitetiedot siirrettiin IFS-järjestelmästä Excelliin, mukaan lukien laitekorteilta löytyvät valmistajan tiedot. Kun nämä tiedot saatiin siirrettyä Excelliin, oli suunnitelmassa 33 saraketta kuvaamassa laitteen ominaisuuksia ja sijainteja ja laitteita oli 885.

Excel-pohjaan lisättiin seuraavat sarakkeet: kriittisyys prosessissa, kriittisyys huollossa, tarkastukset, aikaväli, suorittaja, huollot, aikaväli, suorittaja ja muuta. Tarkastukset sarakkeeseen kirjataan, millainen tarkastus laitteelle on tarkoitus suorittaa tai onko se automaattisen tarkkailun alla. Aikavälisarakkeet kertovat, kuinka usein tai milloin tarkastus on suoritettava. Aikaväli voi myös olla määrittelemätön (tarvittaessa), jos laite ei vaadi säännöllisiä toimenpiteitä. Suorittaja-sarake kertoo, kuka suorittaa tarkastukset tai huollot. Huollot sarakkeessa määritellään, mitä huoltotoimenpiteitä laitteelle tulee tehdä. Muuta sarake on varattu lisätietoja varten, jotka liittyvät aiemmin mainittuihin sarakkeisiin.

Kriittisyys prosessissa kuvaa laitteen merkitystä lämpöpumpun toiminnalle. Se määrittelee, kuinka tärkeä laite on prosessin sujuvalle toiminnalle ja kuinka suuri vaikutus sen rikkoutumisella on koko järjestelmään. Kriittisyys huollossa puolestaan arvioi laitteen alttiutta vaurioille tai vikatiloille sekä sen huollon tarpeen ja kiireellisyyden. Tämä auttaa priorisoimaan huoltotoimenpiteitä ja ohjaamaan resursseja oikein. Esimerkiksi laitteet, joilla on korkea kriittisyys huollossa, vaativat enemmän huoltotoimenpiteitä ja tarkkailua niiden herkkyyden ja alttiuden vuoksi. Putket ja kaapelit, joiden toimintavarmuus on

korkea, ovat vähemmän kriittisiä huollon näkökulmasta, sillä niiden vikaantumisen riski on pieni.

Näiden kahden kriittisyyden arvioinnin avulla voidaan suunnitella ja priorisoida huoltotoimenpiteitä ja varmistaa, että resurssit kohdennetaan oikein tärkeimpiin ja herkimpiin laitteisiin. Luokitusta tehdessä kriittisyysluokka B tärkeä sisällytettiin kriittisyysluokkaan A.

Helenin kriittisyysluokat

Helenillä laitteiden kriittisyysluokat menevät seuraavasti.

1 tarkoittaa, että laite ei ole käytössä, mutta se on kriittinen

A Kriittinen

B Tärkeä

C Korvattavissa

D Ei kriittinen

N Ei määritelty

Kriittisyys huollossa määritellään seuraavasti

0 Ei kriittinen

1 Kriittinen

Työtä lähestyttiin laitelajien aakkosjärjestyksessä, tarkastelut aloitettiin elektroniikka-, kaapeli- ja mittalaitetekategorioista. Kriittisyysluokkien, ja huoltojen

määrittelyssä konsultoitiin laitelajien kunnossapitosuunnittelijaan, joka tarjosi arvokasta apua ja asiantuntemusta näiden laitteiden osalta.

Laitelajien kunnossapitosuunnittelija auttoi määrittelemään kriittisyysluokkien arvot kullekin laitteelle. Tarkastukset kirjattiin yhdessä suunnittelijan kanssa, jolloin otettiin huomioon laitetyypin erityispiirteet ja tarpeet. Samoin huoltotoimenpiteet ja niiden aikavälit kirjattiin yhteistyössä suunnittelijan kanssa varmistaen, että ne ovat tarkoituksenmukaiset ja tehokkaat.

Laitelajien kunnossapitosuunnittelija pystyi tarjoamaan tarvittavaa asiantuntemusta ja kokemusta näiden laitteiden käytöstä, huollosta ja mahdollisista ongelmakohtista. Tämä auttaa varmistamaan, että kriittisyysluokat, tarkastukset ja huollot on määritelty oikein ja että laitteiden toimintaan ja kunnossapitoon liittyvät seikat on otettu asianmukaisesti huomioon.

Yhteistyö kunnossapitosuunnittelijan kanssa varmisti, että tarkasteluprosessi ja määrittelyt tehdään luotettavasti ja ammattitaitoisesti ja että lopputulokset ovat käyttökelpoisia ja soveltuvat lämpöpumpun kunnossapitoon.

Lämmönsiirtimien ja painelaitteiden huollon määrittämisessä konsultoitiin tuotannon asiantuntijaa. Tuotannon asiantuntija tarjosi tietoa näiden laitelajien toiminnasta, tarpeista ja mahdollisista ongelmakohtista.

Lämmönsiirtimien osalta tarkistus- ja puhdistusvälien määrittäminen on keskeisessä asemassa. Lämmönsiirtimien tehokas toiminta on tärkeää lämpöpumpun suorituskyvyn kannalta, ja siksi niiden säännöllinen tarkastus ja tarvittaessa puhdistus ovat olennainen osa kunnossapitoa. Korkean toimintavarmuuden vuoksi huoltotoimenpiteiden määrä lämmönsiirtimien osalta oli vähäinen. Puhdistusvälit voidaan määrittää fluidien puhtauden perusteella, jolloin varmistetaan lämmönsiirtimien optimaalinen toiminta.

Painelaitteiden huollossa noudatetaan säännösten mukaisia painelaitetarkastuksia sopivin väliajoin. Painelaitteiden asianmukainen huolto ja tarkastukset ovat tärkeitä turvallisuuden ja suorituskyvyn kannalta. Tuotannon

asiantuntija määrittäi sopivat tarkastusvälit ja tarvittavat toimenpiteet painelaitteiden huollossa, jotta niiden toiminta pysyy turvallisena ja luotettavana.

Yhteistyö tuotannon asiantuntijan kanssa varmisti, että lämmönsiirtimien ja painelaitteiden huolto määritellään asianmukaisesti ottaen huomioon niiden toimintavaatimukset ja lainsäädäntövaatimukset.

Pumppujen, putkiston ja vaihteiston kunnossapitoa määriteltäessä konsultoitiin kunnossapitomestaria. Pumppuihin kuuluu huollon kannalta kriittisimmät laitteet, erityisesti kompressorit (kuva 5). Kompressorien ja niihin liittyvien pumppujen huoltoa valvoo Friotherm. 20 000 käyttötunnin tai neljän vuoden välein tapahtuvassa huollossa huolletaan pääasiassa kompressorit. Huolloissa vaihdettavat kompressorin osat riippuvat kompressorin eliniän käyttötunneista. Öljyjen sekä laakerien vaihto ja värinämittaukset ovat tärkeimpiä muille pumppuille suoritettavia huoltotoimenpiteitä.



Kuva 5. Kompressorit Uniturbo 43 BX

Jäähdytysvesipumpun huoltoa suunniteltaessa havaittiin, että olisi hyvä olla varapumppu varastossa vikaantumisen varalta. Varapumppua ei ollut hankittu varastoon, päätettiin ottaa toisen pumpun tilaaminen työn alle. Tämä toimenpide varmistaa, että tarvittaessa on käytettävissä toimiva vaihtoehto, jos ensisijainen pumppu tarvitsee huoltoa tai korjausta.

Putkiston kunnossapitoa suunniteltaessa päädyttiin systemaattisiin tarkastuksiin. Tarkastukset mahdollistavat putkiston kunnon seurannan ja mahdollisten ongelmien havaitsemisen ajoissa. Vaihteistoa huolletaan tarvittaessa silloin, kun tärinämittauksissa havaitaan huollon tarvetta tai kompressorin huollon jälkeen suoritetaan kohdistus.

Yhteistyö kunnossapitomestarin kanssa varmistti, että pumppujen, putkiston ja vaihteiston kunnossapito määritellään asianmukaisesti ottaen huomioon niiden toimintavaatimukset ja mahdolliset riskit. Kunnossapitomestari antoi asiantuntevia neuvoja huoltotoimenpiteiden ajoituksesta, tarvittavista varaosista ja kunnossapitomenetelmistä, jotta laitteiden toiminta pysyy optimaalisena.

#### 4.3 Laitetyypit

##### Elektroniikka, kaapelit ja muuntaja

Laitetyyppien elektroniikka ja kaapeli osalta ei vaadita erillisiä tarkastuksia. Automaatiojärjestelmät ovat jatkuvassa tarkkailussa häiriöilmaisimien avulla ja kytköksissä valvomoon ja mahdolliset poikkeamat voidaan havaita ja korjata nopeasti. Enersensen henkilökunta suorittaa huoltotoimenpiteitä automaatiojärjestelmiin vain vikatilanteissa. Ikääntyneet automaatiokortit voivat olla herkempiä korkeammille lämpötiloille, mikä voi johtaa niiden hajoamiseen. Tämän vuoksi on tärkeää seurata automaatiokorttien ikääntymistä ja suorittaa tarvittaessa vaihto ennen vikaantumista. Maadoitusongelmat voivat myös

aiheuttaa vikaantumisia automaatiojärjestelmissä, joten on tärkeää varmistaa asianmukainen maadoitus ja tehdä tarvittavat korjaukset.

Vikatilanteissa vikaantunut kortti vaihdetaan uuteen, mikä on tärkeää järjestelmän toiminnan palauttamiseksi mahdollisimman nopeasti. Kaapelit voivat altistua kosteudelle, mikä voi aiheuttaa häiriöitä niiden toiminnassa. Lisäksi iskut ja osumat voivat aiheuttaa vahinkoja sekä elektroniikalle, että kaapeleille. Siksi on tärkeää suojata ja huolehtia kaapeleiden asianmukaisesta asennuksesta ja suojauksesta. Huoltotoimenpiteiden ja viankorjausten avulla voidaan minimoida automaatiojärjestelmien häiriötilanteet ja varmistaa niiden luotettava ja keskeytyksetön toiminta lämpöpumpun käytön aikana.

Muuntaja on tärkeä osa laitoksen sähköjärjestelmää, ja sitä valvotaan valvomon toimesta. Viikoittain käyttökierron aikana suoritetaan muuntajalle tarkistustoimenpiteitä. Tämä voi sisältää visuaalisen tarkastuksen lisäksi, lämpötilan mittauksen ja äänitarkkailun. Näiden toimenpiteiden avulla voidaan havaita mahdollisia poikkeavuuksia ja merkkejä ongelmista muuntajassa.

Lisäksi muuntajalle tehdään vuosittainen vuosihuolto, jonka aikana suoritetaan perusteellisempi tarkastus ja huolto. Tässä huoltotoimenpiteessä muuntaja puhdistetaan pölystä ja roskista. Lisäksi öljyn laadusta otetaan näytteet, jotta voidaan arvioida sen kuntoa ja suorituskykyä. Öljynäytteiden analysointi auttaa havaitsemaan mahdolliset ongelmat, kuten epäpuhtaudet tai erilaiset kemialliset muutokset öljyssä. Muuntajan säännöllinen tarkkailu ja huolto ovat tärkeitä sen optimaalisen toiminnan varmistamiseksi. Näin voidaan havaita mahdolliset viat ja ongelmat varhaisessa vaiheessa ja ryhtyä tarvittaviin toimiin.

## Lämmönsiirrin

Lämmönsiirtimien tarkastaminen silmämääräisesti vuotojen varalta on tärkeä osa niiden huoltoa. Lämmönsiirtimet ovat melko huoltovapaita, mutta on silti tärkeää varmistaa niiden kunto ja toimivuus säännöllisillä tarkastuksilla.

Lämmönsiirtimet on pidettävä täynnä siirtimessä kulkevaa ainetta tai täysin

tyhjänä seisokkien aikana. Jos esimerkiksi happea pääsee jäähdytysveden kanssa lämmönsiirtimeen, voi muodostua korroosiota, joka voi vahingoittaa siirtimen toimintaa. Lisäksi on muita tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa lämmönsiirtimien vikaantumiseen. Esimerkiksi kompressorin öljyjäähdyttimien kohdalla vaikuttavat lämpötila, veden laatu, virtauksen nopeus, jakelu ja turbulenssi. Öljyn ja sähkömoottoreiden lämmönsiirtimissä olevat aineet pidetään laadultaan niin puhtaina, ettei niille ole ennalta määrättyä puhdistusväliä. Kuitenkin tarpeen vaatiessa suoritetaan puhdistustoimenpiteitä poistamaan jäänteitä, jotka voivat heikentää lämmönsiirron tehokkuutta.

Merivesiä käyttävien lämmönvaihtimien osalta suoritetaan puhdistus situunahapolla vähintään kahdeksan vuoden välein. Puhdistusväli riippuu kuitenkin käyttötunneista ja meriveden epäpuhtauksista. Huolto-ohjelmassa huomioidaan nämä ja kirjataan tarvittavat tarkastus- ja puhdistustoimenpiteet lämmönsiirtimien kunnossapidon varmistamiseksi.

### Mittalaite

Mittalaitteet eivät vaadi varsinaisia tarkastuksia, koska niitä seurataan valvomosta käsin. Kuitenkin paineen kanssa tekemisissä olevat mittalaitteet kalibroidaan viiden vuoden välein tarkkuuden varmistamiseksi. Lämpötila-antureita ei kalibroida, vaan ne uusitaan tarpeen mukaan. Öljynerotuskaivon öljyn ilmaisin kalibroidaan vuosittain. Jos mittalaite hajoaa, siitä tulee ilmoitus tai hälytys valvomoon, jolloin tarvittavat korjaustoimenpiteet voidaan aloittaa. Esimerkiksi paineisku voi aiheuttaa painekeytkimen hajoamisen, ja korkeat lämpötilat voivat vikaannuttaa mittarin.

Lämpötila-anturin vikaantuminen voi johtua myös pitkäaikaisesta tärinästä, joka ajan myötä voi heikentää anturin suorituskykyä. Mittaustaskut, jotka ovat kosketuksissa meriveden kanssa, altistuvat korroosiolle. Siksi on tärkeää tarkkailla niiden kuntoa ja suorittaa tarvittaessa huoltotoimenpiteitä. Yhteenvetona mittalaitteiden osalta, kalibrointi, uusiminen tarpeen mukaan,

ilmoitukset tai hälytykset hajoamisesta ja tarvittavat korjaustoimenpiteet ovat keskeisiä huoltotoimenpiteitä mittalaitteiden kunnossapidossa.

### Painelaite

Painelaitteet tarkistetaan osana vuosittaista Friothermin toimintatarkastusta, jossa arvioidaan laitteiden kunto ja tarvittavat huoltotoimenpiteet. Lisäksi painelaitteille suoritetaan erillisiä käyttötarkastuksia Kiwa Inspectan toimesta neljän vuoden välein. Kahdeksan vuoden välein tehdään myös sisäpuolinen tarkastus tarvittaessa. Näiden tarkastusten avulla varmistetaan painelaitteiden turvallisuus ja toimintakunto. Vääränlaiset käyttöolosuhteet voivat aiheuttaa painelaitteiden vikaantumisen.

Painelaitteiden tarkastuksissa kiinnitetään huomiota esimerkiksi paineisiin, lämpötiloihin, venttiilien kuntoon, tiivisteisiin. Tarkastusten perusteella voidaan tehdä päätöksiä tarvittavista huoltotoimenpiteistä. Tarkastusten ja huoltotoimenpiteiden avulla voidaan ennakoida mahdollisia vikaantumisia ja varmistua painelaitteiden turvallisesta ja tehokkaasta käytöstä. Painelaitteita kirjatessa huomioitiin, myös puutteita varaosissa, välipiirin kalvopaisuntasäiliön kohdalla.

### Pumppu

Jatkuvilla värinämittauksilla seurataan osaa laitoksen pumppuja. Niistä pumppuista, jotka eivät ole jatkuvan värinämittauksen piirissä, värinä mitataan vuosittain. Lisäksi lämpöpumpun toimittaja Friotherm suorittaa vuosittain toimintatarkastuksen, jossa varmistutaan pumppujen oikeasta toiminnasta. 20 000 käyttötunnin tai neljän vuoden välein tapahtuva huolto keskittyy pääasiassa kompressorien huoltamiseen, mutta tarvittaessa se kattaa myös muiden kompressorin kytköksissä olevien pumppujen huollot.



Tarkoituksena on varmistaa pumppujen luotettava toiminta ja ennakoida mahdollisia vikaantumisia. Tärinämittaukset auttavat havaitsemaan poikkeavuuksia pumppujen toiminnassa. Kompressorien huolto on keskeisessä asemassa, koska ne ovat huollon kannalta kriittisimpiä laitteita. Huoltojen tarkoituksena on ylläpitää pumppujen tehokkuutta, estää mahdollisia vikaantumisia. Näin lämpöpumppujen toiminta pysyy optimaalisena ja mahdolliset häiriöt voidaan korjata ajoissa.

### Putkisto

Putkistoja tarkastetaan päivittäin käyttöhenkilökunnan toimesta vuotojen havaitsemiseksi ja varmistaa niiden toimintakunnon. Tämä päivittäinen tarkastus on tärkeä osa ennaltaehkäisevää ylläpitoa ja auttaa havaitsemaan mahdolliset vuotokohdat tai vauriot ajoissa. Huoltoja putkistolle tehdään tarpeen mukaan. Usein huollon tarve voi nousta esiin, jos putkiston kautta kulkevat nesteet ovat olleet epäpuhtaita tai sisältäneet epäpuhtauksia, jotka voivat muodostaa kertymiä putkien sisäpinnoille tai tukkia venttiileitä ja liitoksia.

Tärinä on tekijä, joka voi vaikuttaa putkiston kuntoon. Jatkuva tai voimakas tärinä voi aiheuttaa putkien tai niiden liitosten repeämisen. Tärinätasoja seuraamalla voidaan välttyä kyseisiltä ongelmilta. Tämä auttaa havaitsemaan potentiaaliset ongelmat ajoissa ja ryhtymään tarvittaviin korjaustoimenpiteisiin.

Välipiirin putkistossa suoritetaan kulumisen seuranta valitsemalla 2–3 kannaketta, joille tehdään tarkastus noin 10 vuoden välein. Kulumisen tarkastus auttaa arvioimaan kannakkeiden ja putken kuntoa tärinästä aiheutuvan kulumien varalta. Putkistojen säännöllinen tarkastus ja huolto ovat keskeisiä toimenpiteitä niiden luotettavan ja varman toiminnan varmistamisessa. Ennaltaehkäisevällä ylläpidolla voidaan vähentää mahdollisten ongelmien riskiä, parantaa putkiston käyttöikä ja minimoida odottamattomat huoltotoimenpiteet.

## Suodatin

Imu- ja öljynsuodattimien kuntoa valvotaan paine-eromittauksien avulla. Laitoksen suodattimilla ei ole omia painemittauksia, vaan kahden tärkeimmän suodattimen tukkeutumista valvotaan samasta mittalaitteesta. Paine-eromittalaite tarkkailee suodattimien paine-eroa ja antaa tarvittaessa varoituksen valvomoon, kun paine laskee määritetyn alarajan alapuolelle, paineen pudotessa liian alas se voi myös pysäyttää pumpun. Mittalaitteiden tarkkailu ja seuranta tapahtuvat valvomon kautta. Valvomohenkilökunta valvoo paine-eroa ja tarvittaessa reagoi hälytyksiin.

Kompressorin öljytankissa sijaitsevat öljynsuodattimet vaihdetaan säännöllisesti joka neljäs vuosi tai käyttötuntimäärän perusteella tapahtuvan huollon yhteydessä. Laitoksessa suodatettavien aineiden puhtaudet ovat niin korkeat, että muita suodattimia ei tarvitse systemaattisesti vaihtaa. Muiden suodattimien vaihtotarve määräytyy tarpeen perusteella. Suodattimet voivat tukkeutua epäpuhtauksista, jotka ovat päässeet suodatettavaan aineeseen. Tämä heikentää suodattimien toimintaa. Huolellinen seuranta ja tarvittavat vaihdot tai puhdistukset varmistavat suodattimien toiminnan ja auttavat pitämään laitoksen toiminnan sujuvana ja suojattuna epäpuhtauksilta.

## Sähkökäyttö

Sähkökäytön osalta saatiin aikataulusyistä vain kirjattua kompressorien moottorien osuudet huoltosuunnitelmaan. Moottoreiden toimintatarkastus suoritetaan 12 kuukauden välein Friothermin toimesta. Tämä tarkastus varmistaa moottorin oikeanlaisen toiminnan ja käynnin. Tarvittaessa moottorille tehdään huoltotoimenpiteitä, mutta vähintään joka neljäs vuosi tai 20 000 käyttötunnin välein tapahtuvassa huollossa. Moottoreiden öljyt on vaihdettava 8000 käyttötunnin välein. Säännöllinen öljynvaihto varmistaa moottorin optimaalisen toiminnan ja suojaa sitä kulumiselta ja tehonmenetykseltä.

Huolellinen tarkastus, toimintatarkastus ja tarvittavat huollot varmistavat, että kompressorien moottorit toimivat luotettavasti ja tehokkaasti. Näiden toimenpiteiden avulla voidaan ehkäistä mahdollisia toimintahäiriöitä.

### Vaihteisto

Tärinämittaukset ovat tärkeä osa kompressorin huoltoa, ja ne auttavat tunnistamaan vaihteiston kohdistukseen liittyviä mahdollisia ongelmia. Tärinämittauksen tulokset antavat tietoa vaihteiston toiminnasta ja mahdollisista poikkeavuuksista. Tämä mittaus suoritetaan kompressorin huollon yhteydessä neljän vuoden tai 20 000 käyttötunnin välein.

Linjausprosessi tapahtuu laserin avulla, joka auttaa varmistamaan, että kompressorin vaihteisto on oikein kohdistettu. Tarkka linjaus on tärkeää, koska virheellinen kohdistus voi aiheuttaa vaihteistoon vaurioita ja haitata sen suorituskykyä. Vakava vääntöylikuormitus tai kohdistusvirheet voivat johtaa vaihteiston vaurioitumiseen. Säännöllinen tärinämittaus ja tarvittava linjauksen tarkastus auttavat varmistamaan, että kompressorin vaihteisto toimii luotettavasti ja optimaalisesti.

### Venttiili

Joitakin venttiilejä ohjataan toimilaitteiden avulla, ja niiden toimintaa voidaan valvoa valvomosta käsin. Tämä mahdollistaa venttiilien asennon tarkkailun ja seurannan. Lämpöpumppulaitoksessa sijaitsevat venttiilit ovat varsin huoltovapaita, koska ne toimivat helppojen olosuhteiden vallitessa, matalat lämpötilat ja alhaiset paineet tuovat venttiilien kunnossapitoon joustavuutta. Tarvittaessa venttiilejä uusitaan tai korjataan.

Venttiilit voivat kulua aineen virtauksen vaikutuksesta. Epäpuhtaudet voivat tarttua venttiilien laakereihin tai holkkeihin, mikä voi aiheuttaa niiden

pysähtymisen tai liikkumisen rajoittamisen. Tiivisteet voivat alkaa vuotaa ajan myötä ja mekaaninen kuluminen voi myös aiheuttaa venttiiliin toimintahäiriöitä.

Valvonta ja tarvittavat huoltotoimenpiteet, kuten puhdistus, voitelu tai tarvittaessa osien vaihto, auttavat ylläpitämään venttiilien toimintakuntoa ja estämään mahdollisia vikatiloja. Venttiilien asianmukainen hoito ja ylläpito voivat edistää laitoksen tehokasta ja häiriötöntä toimintaa.

## 5 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda selkeä ja helposti ymmärrettävä kunnossapitosuunnitelma, joka sisältää kaikki laitteet yhdessä sijainnissa. Laitteiden aikataulutetusta huoltamisesta ei ollut laajempaa käsitystä, vain kriittisimpien laitteiden kunnossapidosta oltiin tietoisia. Tavoitteissa onnistuttiin ja pystyttiin kokoamaan tarvittava tietokanta tulevia toimenpiteitä varten (Liite 1). Työn tekemisessä oli haasteita aikataulutuksessa, sillä työssä jouduttiin turvautumaan eri asiantuntijoiden osaamiseen, mikä vaikutti työn etenemiseen. Erilaisten laiteasiantuntijoiden kiireiden vuoksi asioiden eteenpäin vieminen oli välillä haasteellista.

Kunnossapito ohjelman ansiosta eri henkilöt saavat helposti kattavaa tietoa tulevista toimenpiteistä. Ennen työn aloitusta useiden laitteiden kohdalla jouduttiin turvautumaan laitevalmistajien tekemään kunnossapitosuunnitelmaan. Työn ansiosta tulevien huoltojen ja tarkastuksien aikataulujen löytäminen on helpompaa ja aikaa säästävämpi ratkaisu. Suunnitelma on lisännyt huollon tarpeen tietoisuutta joistakin laitteista, ja työn edetessä voitu keskittymään laitteisiin yksityiskohtaisemmin. Tarkastelun ansiosta on pystytty kiinnittämään huomiota myös laitteiden varaosiin, joita laitteelle tulisi olla. Laitteiden kohdalla on havaittu puutteita varaosien suhteen. Puutteiden korjaaminen on otettu jatkokäsittelyyn, mikä osaltaan tulee lisäämään huoltovarmuutta.

Työ on rajoittunut välttämättömiin ja tarkastelua vaativiin toimenpiteisiin. Laitteille tullaan suorittamaan mahdollisesti muita kunnossapitotoimenpiteitä niiden elinkaaren aikana. Näihin toimenpiteisiin on vaikeampi valmistautua varsinkin, jos tarvittavia tarkastuksia ei laitteille ole tehty. Vikaantumisilta ei voi täysin välttyä, joten on tärkeää olla toimintasuunnitelma vikaantumisen korjaamiseksi. Tässä työssä kyseisiä toimintasuunnitelmia ei ole käsitelty. Korjaavan kunnossapidon tekemiä korjaustoimia on mahdollista sisällyttää myös työhön jälkikäteen, jolloin saadaan vielä kattavampi kokonaisuus huollon tarpeellisuudesta.

Työstä jouduttiin aikataulusyistä jättämään pois kaksi laitetyyppiä ja osa pumpuista. Yleislaitteisiin kuuluivat kompressorin kuristuslevyt ja

lämpöpumppulaitoksen tilat, kuten porrashuoneet ja sähkötilat. Pumppuihin sisältyi myös kiinteistönhuoltoon kuuluvia laitteita, kuten tuloilmapuhaltimia. Näiden laitteiden huoltaminen ei kuulu Enersenselle vaan kiinteistönhoitajalle, jotka olisi työhön sisälletty ilman ilmenneitä aikataulullisia ongelmia. Sähkökäytön laitteet jäivät tarkastelusta pois niistä vastaavan mestarin kiireiden takia. Työhön tullaan tulevaisuudessa lisäämään puuttuvat laitekategoriat.

Työssä onnistuttiin kokoamaan valtaosa kunnossapitoa tarvitsevia laitteita yhteen sijaintiin. Itselleni ennen työtä asettamat aikataulut pysyivät varsin hyvin työn loppuun asti. Parantamisen varaan työ jättää vielä syvempään tulkintaan laitteiden kunnossapidosta. Opinnäytetyö oli antoisa omatoimisuudellaan. Työntekoprosessia hidasti aikataulujen sovittaminen muun henkilöstön kanssa.

Opinnäytetyön tuloksia tullaan jatkossa hyödyntämään kunnossapidossa, siihen kirjattujen laitteiden osalta. Suurin osa laitteista saatiin sisällettyä tehtyyn suunnitelmaan, joten työ saavutettiin odotusten mukaisesti. Työn tekemisessä antoisaa oli lämpöpumppulaitokseen laitteisiin tutustuminen kokonaisvaltaisesti. Tutkimustyö laajensi käsitystä kattavasti kunnossapidosta ja oli teknillisesti kehittävä.

## Lähteet

Enersense International Oyj n.d. Me olemme Enersense. Viitattu 4.5.2023.  
<https://enersense.fi/tietoa-meista/>.

Friotherm n.d. Training of Unitop 43 / 28 CPY - 8189 U. PowerPoint -esitys.

Friotherm 2023. Käyttöohjeet laitteelle. Lämpöpumppuyksikkö UNITOP 43 / 28 CPY – 8189. PDF.

Helen Oy 2022. Helenin käyttö- ja kunnossapitohenkilöstö siirtyi Enersensen palvelukseen – Palveluhankintamalli tuo joustavuutta muuttuneessa toiminta ympäristössä. Viitattu 4.5.2023. <https://www.helen.fi/uutiset/2022/helenin-kaytto-ja-kunnossapitohenkilosto-siirtyi-enersensen-palvelukseen>.

Järviö, J. & Lehtiö, T. 2017. Kunnossapito tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 6., täydennetty painos. Helsinki: Promaint ry.

Laine, H. 2010. Tehokas kunnossapito tuottavuutta käynnissäpidolla. 1., Helsinki: KP-Media Oy.

Mikkonen, H.; Miettinen, J.; Leinonen, P.; Jantunen, E.; Kokko, V.; Riutta, E.; Sulo, P.; Komonen, K.; Lumme, V.; Kautto, J.; Heinonen, K.; Lakka, S. & Mäkeläinen, R. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. 1., Helsinki: KP-Media Oy.

PSK 6201. 2011. Kunnossapito, käsitteet ja määritelmät. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys.

SFS-EN 13306. 2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. 3., Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Uusitalo, S. 2019. Vuosaaren uusi, ainutlaatuinen meriveden lämpöä hyödyntävä lämpöpumppu, Viitattu 13.03.2023.  
<https://www.helen.fi/uutiset/2019/merivesilampopumppu>

## Ote kunnossapitosuunnitelmasta

1	Laitekuvaus	Laitetyyppi	Kriittisyys pi	Huone	Sij	Yle	Huo	As	Elink	Takuu	Valmistaja	Kriittisyys hu	Tarkastukset	Aikaväli	Suorittaja	Huollot	Aikaväli	Suorittaja	Muuta
215	LP JÄÄHDYTYSVESILINJAN PAINEKYTKIN	MITTALAITE	C	VULP	VU 9 LP T COO	30.6.2021					SAUTER	1	Automaattinen	Jatkuva	Valvomo	Kalibroidaan	5 vuotta	Enersense	
216	LP JÄÄHDYTYSVESILINJAN IMUPAINEMITTARI	MITTALAITE	C	VULP	VU 9 LP T COO	30.6.2021					BAUMER	0	Automaattinen	Jatkuva	Valvomo	Uusitaan	Tarvittaessa	Enersense	
217	LP JÄÄHDYTYSVEDEN PAISUNTASÄILIÖN PAINEMITTARI	MITTALAITE	C	VULP	VU 9 LP J COO	30.6.2021					AFRISO	0	Automaattinen	Jatkuva	Valvomo	Uusitaan	Tarvittaessa	Enersense	
218	LP PAINEILMAN PAINEKYTKIN	MITTALAITE	C	VULP	VU 9 LP FAIR	30.6.2021					SAUTER	1	Automaattinen	Jatkuva	Valvomo	Kalibroidaan	5 vuotta	Enersense	
219	LP VOITELUÖLJYN VUOTOHÄLYTYYS	MITTALAITE	C	VU	VI VU 9 LP Ö Öljy	30.9.2021	30.9.2021	30.9.2021			LABKOTEC	1	Automaattinen	Jatkuva	Valvomo	Kalibroidaan	12 kuukauden välein	Enersense	
220	JAKELUMUUNTAJA	MUUNTAJA	A	VU	VU 9 VUA JA V	1.9.2021					MF TRASFOR	1	Aistien varainen tarkistus	Viikoittain	Enersense	Vuosihuolto	12 kuukauden välein		
221	LP VÄLISÄILIÖ	PAINELAITE	A	VULP	VU 9 LP V INTE	30.6.2021					APL GMBH	1	Toimintatarkastus	12 kuukauden välein	Friotherm	Tarvittaessa/Painelaitet	2.2026 mennessä	Kiwa inspecta	Käyttötarkas
222	LP HÖYRYSTIN	PAINELAITE	A	VULP	VU 9 LP F EVAI	30.6.2021					APL GMBH	1	Toimintatarkastus	12 kuukauden välein	Friotherm	Tarvittaessa/Painelaitet	2.2026 mennessä	Kiwa inspecta	Käyttötarkas
223	LP SIVUHÖYRYSTIN	PAINELAITE	A	VULP	VU 9 LP F SIDE	30.6.2021					APL GMBH	1	Toimintatarkastus	12 kuukauden välein	Friotherm	Tarvittaessa/Painelaitet	2.2026 mennessä	Kiwa inspecta	Käyttötarkas
224	LP ÄÄNENVAIMENNIN	PAINELAITE	C	VULP	VU 9 LP T SILE	30.6.2021					APL GMBH	0	Toimintatarkastus	12 kuukauden välein	Friotherm	Tarvittaessa			
225	LP LAUHDUTIN	PAINELAITE	A	VULP	VU 9 LP L CON	30.6.2021					APL GMBH	1	Toimintatarkastus	12 kuukauden välein	Friotherm	Tarvittaessa/Painelaitet	2.2026 mennessä	Kiwa inspecta	Käyttötarkas
226	LP ALIJÄÄHDYTIN	PAINELAITE	A	VULP	VU 9 LP L SUB	30.6.2021					APL GMBH	1	Toimintatarkastus	12 kuukauden välein	Friotherm	Tarvittaessa/Painelaitet	2.2026 mennessä	Kiwa inspecta	Käyttötarkas
227	LP KYLMÄAINESÄILIÖ	PAINELAITE	D	VULP	VU 9 LP K REFI	30.6.2021					APL GMBH	1				Tarvittaessa/Painelaitet	2.2026 mennessä	Kiwa inspecta	Käyttötarkas
228	LP T43 ÖLJYSÄILIÖ	PAINELAITE	C	VULP	VU 9 LP T OIL	30.6.2021					APL GMBH	0	Toimintatarkastus	12 kuukauden välein	Friotherm		Tarvittaessa	Enersense	
229	LP T43 VUOTOÖLJYSÄILIÖ	PAINELAITE	D	VULP	VU 9 LP T LEAI	30.6.2021					SEMADENI	0	Tarkista öljyn määrä	Viikoittain	Enersense			Enersense	Tyhjennä tai
230	LP T43 MÄNTÄAKKU	PAINELAITE	C	VULP	VU 9 LP T PIST	30.6.2021					OLAER	0	Toimintatarkastus	12 kuukauden välein	Friotherm		Tarvittaessa	Enersense	
231	LP T28 ÖLJYSÄILIÖ	PAINELAITE	C	VULP	VU 9 LP T OIL	30.6.2021					FRIOTHERM	0	Öljyjärjestelmän tarkastus	12 kuukauden välein	Friotherm		Tarvittaessa	Enersense	
232	LP T28 VUOTOÖLJYSÄILIÖ	PAINELAITE	D	VULP	VU 9 LP T LEAI	30.6.2021					SEMADENI	0	Tarkista öljyn määrä	Viikoittain	Enersense			Enersense	Tyhjennä tai
233	LP T28 MÄNTÄAKKU	PAINELAITE	C	VULP	VU 9 LP T PIST	30.6.2021					OLAER	0	Toimintatarkastus	12 kuukauden välein	Friotherm		Tarvittaessa	Enersense	
234	LP VÄLIPIIRIN KALVOPAISUNTASÄILIÖ	PAINELAITE	A	VU	VU 9 LP V Raki	1.9.2021					FLAMCO BV	1	Toimintatarkastus	12 kuukauden välein	Friotherm	Tarvittaessa/Painelaitet	2.2026 mennessä	Kiwa inspecta	Käyttötarkas
235	LP JÄÄHDYTYSVEDEN PAISUNTASÄILIÖ	PAINELAITE	C	VULP	VU 9 LP J EXP	30.6.2021					FLAMCO	0	Toimintatarkastus	12 kuukauden välein	Friotherm	Tarvittaessa/Painelaitet	2.2026 mennessä	Kiwa inspecta	Käyttötarkas
236	LP KOMPRESSORI UNITURBO 43BX	PUMPPU	A	VULP	VU 9 LP T Lubr	30.6.2021					FRIOTHERM	1	Toimintatarkastus	12 kuukauden välein	Friotherm	Kompressorin perushuolto	Joka neljäs vuosi tai 20 000 käyttöt	Enersense	
237	MP-PUOLEN KOMPRESSORIN EJEKTORI	PUMPPU	C	VULP	VU 9 LP T PRE	30.6.2021					GEA WIEGAND	0	Toimintatarkastus	12 kuukauden välein	Friotherm		Tarvittaessa		
238	LP KOMPRESSORI UNITURBO 28CX	PUMPPU	A	VULP	VU 9 LP T Lubr	30.6.2021					FRIOTHERM	1	Toimintatarkastus	12 kuukauden välein	Friotherm	Kompressorin perushuolto	Joka neljäs vuosi tai 20 000 käyttöt	Enersense	
239	KP-PUOLEN KOMPRESSORIN EJEKTORI	PUMPPU	C	VULP	VU 9 LP T PRE	30.6.2021					GEA WIEGAND	0	Toimintatarkastus	12 kuukauden välein	Friotherm		Tarvittaessa		
240	LP KYLMÄAINEN SIIRTOPUMPUN KOMPRESSORI	PUMPPU	D	VULP	VU 9 LP K NAC	30.6.2021					PANASONIC	0							Tarvittaessa
241	LP KYLMÄAINEN SIIRTOPUMPUN TUULETIN	PUMPPU	D	VULP	VU 9 LP K NAF	30.6.2021					ZIEHL-ABEGG	0							Tarvittaessa
242	LP T43 KOMPRESSORIN ÖLJYPUMPPU	PUMPPU	A	VULP	VU 9 LP T Lubr	30.6.2021					ALLWEILER	1	Öljyjärjestelmän tarkastus	12 kuukauden välein	Friotherm	Laakerinvaihto	2 vuotta (suositus)	Enersense	
243	LP T28 KOMPRESSORIN ÖLJYPUMPPU	PUMPPU	A	VULP	VU 9 LP T Lubr	30.6.2021					ALLWEILER	1	Öljyjärjestelmän tarkastus	12 kuukauden välein	Friotherm	Laakerinvaihto	2 vuotta (suositus)	Enersense	
244	LP VÄLIPIIRIN KIERTOVIIPUMPPU	PUMPPU	A	VU	VU 9 LP V Kaai	1.9.2021					ANDRITZ	1	Määrittellään myöhemmin						
245	PRIMAUSMERIVESIPUMPPU 1 (=VU A PACS1 APO01)	PUMPPU	C	VU	±VU VUOSAAREN VOIMALAITOS							1	Toimintatarkastus	12 kuukauden välein	Enersense		Tarvittaessa	Enersense	Tärinämittau
246	PRIMAUSMERIVESIPUMPPU 2 (=VU A PACS2 APO01)	PUMPPU	C	VU	±VU VUOSAAREN VOIMALAITOS							1	Toimintatarkastus	12 kuukauden välein	Enersense		Tarvittaessa	Enersense	Tärinämittau
247	LP JÄÄHDYTYSVESIPUMPPU	PUMPPU	A	VULP	VU 9 LP J Lubr	30.6.2021					KSB	1	Toimintatarkastus	12 kuukauden välein	Enersense		Tarvittaessa	Enersense	Tärinämittau
248	LP JÄÄHDYTYSVESIPUMPPU	PUMPPU	A	VULP	VU 9 LP J Lubr	1.9.2021													