

Markus Tompuri

YDINVOIMALAITOKSEN MEKAANISTEN LAITTEIDEN KUNNONVALVONTA- JÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN

Diplomityö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Tarkastaja: Kari Koskinen
Tarkastaja: Jouko Laitinen
Syyskuu 2024

TIIVISTELMÄ

Markus Tompuri: Ydinvoimalaitoksen mekaanisten laitteiden kunnonvalvontajärjestelmän kehittäminen

Diplomityö

Tampereen yliopisto

Konetekniikan DI-ohjelma, Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta

Syyskuu 2024

Kunnonvalvonnan tarkoituksena on tuottaa tietoa valvottavan laitteen kunnosta. Kuntotietoa tuotetaan seuraamalla valittuja parametreja, niistä johdettuja muuttujia ja vertaamalla niissä tapahtuvaa muutosta ajan suhteen. Kunnonvalvonnan avulla pystytään ohjaamaan ja optimoimaan kunnossapidon toimintaa. Kunnossapito käsittää kaikki toimenpiteet, joilla laitteen toimintakykyä pyritään ylläpitämään tai toimintakykynsä menettänyt laite pyritään korjaamaan. Kunnonvalvontaa pystytään myös hyödyntämään, kun luodaan tilannekuva laitteesta esimerkiksi turvallisuussyistä.

Tässä työssä tutkittiin kunnonvalvonnan hyödyntämisen nykytilaa Olkiluodon ydinvoimalaitoksen kunnossapitoyksikössä. Nykytila-analyysi muodostettiin kirjallisuusselvityksen, yksikön henkilöstön teemahaastatteluiden ja osallistuvan havainnoinnin avulla. Tavoitteena työssä oli kehittää mekaanisten laitteiden kunnonvalvonnan hyödyntämistä kunnossapitotoiminnan optimoinnissa. Tähän pyrittiin kehitysehdotuksen avulla. Kehitysehdotus muodostettiin nykytila-analyysin pohjalta hyödyntämällä nelikenttäanalyysia.

Työssä tarkasteltiin Olkiluodon ydinvoimalaitoksen mekaanisten laitteiden kunnossapitoa. Nykytila-analyysi rakenne muodostuu kolmesta osasta: nykyisistä kunnonvalvonnan hyödynnystavoista, sitä hyödyntävistä sidosryhmistä ja kunnonvalvonnan vaikutuksesta kunnossapitotoimintaan. Kunnossapitoyksikkö hyödyntää kunnonvalvontaa hyvin reaktiivisesti, ikään kuin varmentavana tekijänä laitteiden kunnolle. Nykyisellään yksikön henkilöstö ei pysty resurssisyyistä hyödyntämään kunnonvalvontaa systemaattisesti kunnossapitotoiminnan optimointiin. Kunnossapito henkilöstön työtehtävät muodostuvat normaalin kunnossapitotoiminnan suorittamisesta, vaikka ohjeistus ohjaa hyödyntämään kunnonvalvontaa tiettyjen laitejoukkojen osalta.

Kunnonvalvonnan hyödynnystä tulee kehittää, jotta yksikkö pystyy paremmin vastaamaan strategiansa tavoitteisiin, kuten huoltovälien tarkoituksen mukaiseen pidentämiseen ja kunnossapitokustannusten optimointiin pitkällä aikavälillä. Nykytila-analyysin tuloksista muodostettiin nelikenttä, jota analysoimalla pyrittiin löytämään kehityskeinot. Analyysin perusteella muodostetut kehitystoimet yhdistettiin kehitysehdotukseksi.

Kehitysehdotus rakentuu kunnonvalvontajärjestelmän tunnistamiselle ja määrittelylle yhdeksi yksikön vastuualueista. Ehdotuksessa on esitelty järjestelmän kuvaus. Kunnonvalvontajärjestelmälle tulee myös asettaa vastuullinen taho, jonka tehtävänä on käyttää järjestelmää ja tuottaa hyötyä toiminnan ja yksikön tueksi. Yksikön toimintaa tulee kuitenkin tukea resursseja lisäämällä, sillä nykyisellään systemaattinen hyödynnys ei onnistu. Kehitysehdotus pitää sisällään kuvauksen järjestelmästä ja yleisen esittelyn rooleista.

Avainsanat: kunnonvalvonta, kunnossapito, kehittäminen, ydinvoimalaitos, ydinlaitos

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

ABSTRACT

Markus Tompuri: Development of a Condition Monitoring System for Mechanical Equipment in a Nuclear Power Plant
Master of Science Thesis
Tampere University
Master's Programme in Mechanical Engineering
September 2024

The purpose of condition monitoring is to provide information about the state of the monitored device. Information about the condition of the machine is produced by monitoring certain parameters and evaluating the changes as time progresses. Condition monitoring can be used to coordinate and optimize maintenance operations. Maintenance involves all the actions that are done to keep the device operating or that are done to restore the device to a state where operation is possible. Condition monitoring can also be used when, for example, safety reasons require a situational overview of a device.

This thesis focused on investigating the current state of condition monitoring utilization within the maintenance unit of the Olkiluoto nuclear power plant. A current state analysis was done by interviewing maintenance staff, conducting a literature review and by participating in and observing the functions of the unit. The goal of the study was to improve the utilization of condition monitoring for mechanical devices in maintenance planning and activities. For this, a development proposal was drafted using the results of the current state analysis.

The study focused on mechanical devices and their condition monitoring in the Olkiluoto nuclear power plant. The current state analysis consists of three parts: the current utilization methods, the groups that use condition monitoring and the effects of condition monitoring on the maintenance planning and activities. The maintenance unit uses condition monitoring very reactively, as a sort of safety verification tool for the devices in operation. The current organization of the unit is unable to utilize condition monitoring systematically for maintenance optimization because it lacks the required resources. The maintenance planning and tasks are heavily focused on maintaining the active maintenance programs, while the guidelines suggest using condition monitoring for maintenance optimization and coordination.

The utilization of condition monitoring should be improved so the maintenance unit can fulfill the goals of its strategy more effectively. These goals include the optimization of maintenance intervals and the minimization of costs. The current state analysis results were used to form a SWOT analysis. Using the results of the SWOT analysis the development proposal was drafted.

The development proposal is based on defining the condition monitoring system of the maintenance unit. The draft includes a description of the system and of the responsibilities. The condition monitoring system also requires a responsible party tasked with using the system to provide benefits for maintenance activities and the unit in general. However, the maintenance unit requires additional resources to utilize the system, since currently, the systematic use of condition monitoring is not possible.

Keywords: condition monitoring, maintenance, development, nuclear power plant, nuclear facility

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin Originality Check service.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Teollisuuden Voima Oyj:lle. Kohdeyrityksen ohjaajana toimi kunnossapidon kehityspäällikkö Laura Niemitalo. Yliopiston tarkastajina toimivat professori Kari Koskinen ja lehtori Jouko Laitinen. Työssä käsiteltiin mekaanisten laitteiden kunnonvalvonnan tehokkaampaa hyödynnystä kunnossapitoyksikön toiminnassa.

Kiitän Lauraa haasteellisesta ja monipuolisesta aiheesta, kärsivällisestä asenteesta ja tuesta työn aikana. Kiitokset myös kunnossapidon mekaanisten tiimien henkilöstölle, sekä Olkiluodon muille tahoille, jotka ottivat osaa työhön ja tukivat sen tekemisessä. Tarkastajia haluan kiittää palautteesta ja neuvoista.

Opiskelukavereitani haluan kiittää mahtavista ja kokemusrikkaista opiskeluvuosista, joiden aikana tuli paljon nähtyä, tehtyä ja sanottua. Perhettäni haluan kiittää koko opintopolkuni aikaisesta tuesta.

Olkiluodossa, 6.9.2024

Markus Tompuri

SISÄLLYSLUETTELO

LYHENTEET JA MERKINNÄT	V
1.JOHDANTO	1
2.KUNNOSSAPITO JA KUNNONVALVONTA	3
2.1 Kunnossapito ja vikaantuminen	3
2.2 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito käsitteenä	6
2.3 Mekaanisten laitteiden kunnonvalvontamenetelmät	7
2.4 Kunnossapito-organisaatio, -strategia ja -suunnittelu	9
3.KOHDEYRITYKSEN KUNNOSSAPITOYKSIKÖN ESITTELY.....	11
3.1 Kohdeyrityksen kunnossapito-organisaatio	11
3.2 Kohdeyrityksen kunnossapitostrategia ja kunnossapidon toiminnanohjaus	12
3.3 Kunnonvalvontatoiminta kohdeyrityksessä	14
4.NYKYTILA-ANALYYSI KUNNONVALVONNAN HYÖDYNTÄMISESTÄ.....	17
4.1 Analyysin rakenne ja muodostus	17
4.2 Nykyiset kunnonvalvonnan menetelmät ja hyödynnystavat.....	19
4.3 Vaikutus kunnossapitotoimintaan.....	20
4.4 Kunnonvalvontaa hyödyntävät sidosryhmät.....	22
4.5 Analyysin tulosten yhteenveto	23
5.NYKYTILAN NELIKENTTÄANALYYSI JA MEKAANISTEN LAITTEIDEN KUNNONVALVONNAN KEHITYSEHDOTUS.....	25
5.1 Nykytila-analyysin tuloksista muodostettu nelikenttä.....	25
5.2 Nelikentän sisäisten ja ulkoisten osien tarkastelu	26
5.3 Kunnonvalvonnan kehitysehdotuksen rakenne	28
5.4 Kunnonvalvontajärjestelmän kuvaus.....	29
5.5 Järjestelmän vastuukuvaukset.....	30
5.6 Järjestelmän hyödynnys kunnossapitosuunnittelussa	31
6.YHTEENVETO.....	33
LÄHTEET	35
LIITE A: MITTAAJA-ASENTAJIEN HAASTATELUKYSYMYKSET	38
LIITE B: KUNNONVALVONTAINSINÖÖRIN HAASTATELUKYSYMYKSET	39
LIITE C: MEKAANISEN KUNNOSSAPIDON LAITEVASTAAVIEN HAASTATELUKYSYMYKSET	41
LIITE D: KUNNOSSAPIDON PÄÄLLIKÖIDEN JA TIIMIESIMIESTEN HAASTATELUKYSYMYKSET	43
LIITE E: TIETOSUOJAILMOITUS	45

LYHENTEET JA MERKINNÄT

EDG	Emergency diesel generator, varavoimadiesel
OL1	Olkiluoto 1 -laitosyksikkö
OL2	Olkiluoto 2 -laitosyksikkö
OL3	Olkiluoto 3 -laitosyksikkö
TVO	Teollisuuden Voima Oyj

1. JOHDANTO

Kunnonvalvonnalla tarkoitetaan laitteen valittujen parametrien ja niiden johdannaisten ajan suhteen tapahtuvan muutoksen tarkkailua, ja sen yhtenä tarkoituksena on auttaa saavuttamaan mahdollisimman suuri käyttövarmuus ja luotettavuus. Kunnonvalvonnalla tuotetaan ajankohtaista tietoa laitteen kunnosta ja pyritään havaitsemaan alkava vikaantumisen. Ydinvoimalaitoksessa, jossa vuosihuolto- ja polttoainekulut muodostavat suurimman kuluerän, käyttöaste ja käytettävyys pyritään pitämään mahdollisimman korkeina, ja tällöin mittarit kuten luotettavuus ja käyttövarmuus, jotka varmistavat tehokkaan ja turvallisen tuotannon, ovat tärkeitä.

Tämän diplomityön aiheena on kunnonvalvonnan kehitys ydinvoimalaitoksella. Ydinvoiman vaatimuksia kunnossapidolle ja kunnonvalvonnalle on kirjattu ydinvoimalakiin, ja niiden avulla tulee säilyttää järjestelmien ja rakenteiden eheys ja toimintakyky laitoksen käyttöiän ajan. Ydinvoimalaitoksissa kunnossapitotoiminta keskittyy laitteiden luotettavuuteen, ja kunnonvalvonta on olennainen työkalu luotettavuuden ja käyttövarmuuden maksimoinnissa. Kun alkavat vikaantumiset havaitaan ajoissa ja huollot pystytään suorittamaan parhaaseen mahdolliseen aikaan, käyttöaste pystytään pitämään korkeana. Kunnonvalvonnan avulla voidaan myös arvioida ja tarkkailla eri käyttötoimenpiteiden vaikutuksia ja voimalaitosjärjestelmien komponenttien kehitystä. Työn tavoitteena on muodostaa kehitysehdotus mekaanisten laitteiden kunnonvalvonnalle, jonka avulla kunnonvalvontaa voidaan hyödyntää paremmin kunnossapitotoiminnassa ja sen optimoinnissa. Ehdotus auttaa kunnossapitoyksikköä vastaamaan paremmin kunnossapitostrategiansa tavoitteisiin.

Tutkimuksen tavoitteena on kartoittaa mekaanisten laitteiden kunnonvalvonnan hyödyntämisen nykytila. Kartoitetun nykytilan perusteella pystytään muodostamaan toimenpiteet, joilla kunnonvalvonnan hyödynnys saataisiin tavoitteelliselle tasolle. Nykytilaa kartoitetaan Olkiluodon ydinvoimalaitoksella ja Teollisuuden voima oyj:n kunnossapitoyksikössä. Olkiluodon ydinvoimalaitos muodostuu laitospaikalle sijoitetuista ydinreaktorilla varustetuista ydinlaitoksista, sekä muista niiden yhteydessä toimivista ydinlaitoksista. Työssä käsiteltävistä mekaanisista laitteista on selkeästi rajattu ulos tiettyjä laitteita, kuten turbiinit ja pääkiertopumput niiden turvallisuusmerkityksen ja kunnossapidon rajoitusten takia. Nykytila-analyysi toteutetaan osallistuvan havainnoinnin, ohjeiden kirjallisuuskatsauksen ja kohdeyrityksen kunnossapitohenkilöstön haastattelujen avulla, ja

siinä vertaillaan toteumaa tavoitetilan ja nykytilan välillä. Tavoitetila muodostuu kunnossapitostrategian ja ohjeistuksen perusteella. Nykytila-analyysin tuloksia hyödynnetään nelikenttäanalyysissä, jonka avulla muodostetaan toimenpiteet toiminnan kehittämiseen ja tavoitetilan saavuttamiseen.

Tutkimuksen on tarkoitus vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Mitä mekaanisten laitteiden kunnonvalvonnassa hyödynnettävää dataa on saatavilla?
2. Miten kunnonvalvonnan menetelmiä ja dataa hyödynnetään systemaattisessa kunnossapitosuunnittelussa?
3. Ovatko kunnonvalvontaan liittyvät roolit, vastuut ja osaaminen riittävällä tasolla kunnossapito-organisaatiossa?
4. Miten kunnonvalvonnan hyödynnys saadaan yksikön tavoitteiden mukaiseksi?

Ensimmäisen ja toisen tutkimuskysymyksen taustalla on tarve saada selkeä käsitys, mitä kunnonvalvontaa kohdeyrityksen kunnossapidossa hyödynnetään ja miten se toteutuu. Kolmannen kysymyksen tarkoituksena on selvittää, onko organisaatio kykenevä hyödyntämään kunnonvalvontaa. Neljänteen tutkimuskysymykseen pyritään vastaamaan nykytila-analyysin tulosten tarkastelulla ja niiden avulla muodostetulla yhtenäisellä kehitysehdotuksella.

Työ tehdään työsuhteessa Teollisuuden Voima Oyj:lle. Teollisuuden Voima Oyj eli TVO on vuonna 1969 perustettu osakeyhtiö, jolla on Eurajoen Olkiluodossa kolme ydinvoimalaitosyksikköä: vanhemmat vuonna 1978 ja 1980 valmistuneet OL1 ja OL2 sekä vuonna 2023 säännöllisen sähköntuotannon aloittanut OL3. Laitosyksiköiden yhteenlaskettu nettosähköteho on 3380 megawattia. Kohdeyrityksen organisaation perusrakenne muodostuu liiketoiminnosta ja palvelutoiminnoista. Kullakin toiminnolla on oma johtajansa, ja toiminnot jakautuvat yksiköihin. Kunnossapitoyksikkö kuuluu Kohdeyrityksen liiketoimintaan eli sähköntuotantoon. Sähköntuotanto vastaa Olkiluodon laitosyksiköiden käytöstä. Palvelutoimintoihin kuuluvat tukipalvelut, tekniikka ja turvallisuus -toiminnot. Ne vastaavat esimerkiksi teknisistä asiantuntijapalveluista, ydinturvallisuudesta ja resursseista huolehtimisesta. Alun perin teollisuuden resurssiyhtiöksi perustettu TVO tuottaa tänä päivänä omistajilleen perusvoimaa koko Suomeen Mankala-periaatteen mukaisesti. (Teollisuuden Voima Oyj:n kotisivut)

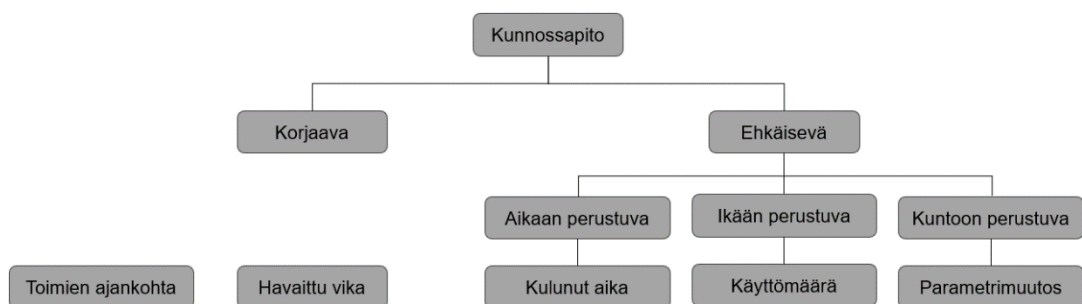
2. KUNNOSSAPITO JA KUNNONVALVONTA

Toinen luku käsittelee kunnossapitoa ja luotettavuustekniikkaa. Luvussa esitellään mekaanisten laitteiden kunnossapitoa, sen toteuttamistapoja, eli kunnossapitolajeja ja kunnnonvalvontaa. Luvun lopussa esitellään myös kunnossapito-organisaatiota, -strategiaa ja -suunnittelua lyhyesti.

2.1 Kunnossapito ja vikaantuminen

Kunnossapidolla tarkoitetaan kaikkia niitä teknisiä, hallinnollisia ja toimintaa ohjaavia toimia, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohde tilaan, jossa se voi toteuttaa siltä vaadittuja toimintoja elinikänsä ajan. Vikaantuminen on tapahtuma, jossa kohde menettää kykynsä suorittaa siltä vaadittuja toimintoja. Vikaantuminen voi olla täydellistä tai osittaista. (SFS-EN 13306, 2017) Kunnossapitotoimien tavoitteena on siis ehkäistä vikaantumista, ja korjata sen aiheuttamat viat.

Kunnossapitotoimintaa voidaan jakaa usein eri tavoin, ja yksi yleisimmistä tavoista on jako korjaavaan ja ehkäisevään kunnossapitoon. Korjaava kunnossapito palauttaa kohteen toimintakuntoiseksi vikaantumisen jälkeen mahdollisimman tehokkaasti. Toimintakuntoisuus palautetaan joko korjaamalla kohde, tai vaihtamalla vioittunut komponentti redundanttiseen kappaleeseen. Korjaavaa kunnossapitoa kutsutaan myös joskus vikaan perustuvaksi kunnossapidoksi. Ehkäisevä kunnossapito on suunniteltua kunnossapitotoimintaa, jossa kohde on toimintakykyinen, ja kunnossapidon tarkoituksena on ehkäistä tulevia vikaantumisia. Korjaus- ja huoltotoimenpiteiden lisäksi ehkäisevään kunnossapitoon kuuluu myös kohteen valvonta ja tarkastus. Ehkäisevää kunnossapitoa suoritetaan myös yleensä tietyin määräajoin. Ehkäisevä kunnossapito voidaan jakaa edelleen alalajeihin, ja näitä kunnossapitolajeja on esitelty kuvassa 1. (Høyland & Rausand, 2004)



Kuva 1. Kunnossapitolajit (muokattu lähteestä Høyland & Rausand, 2004, s. 363)

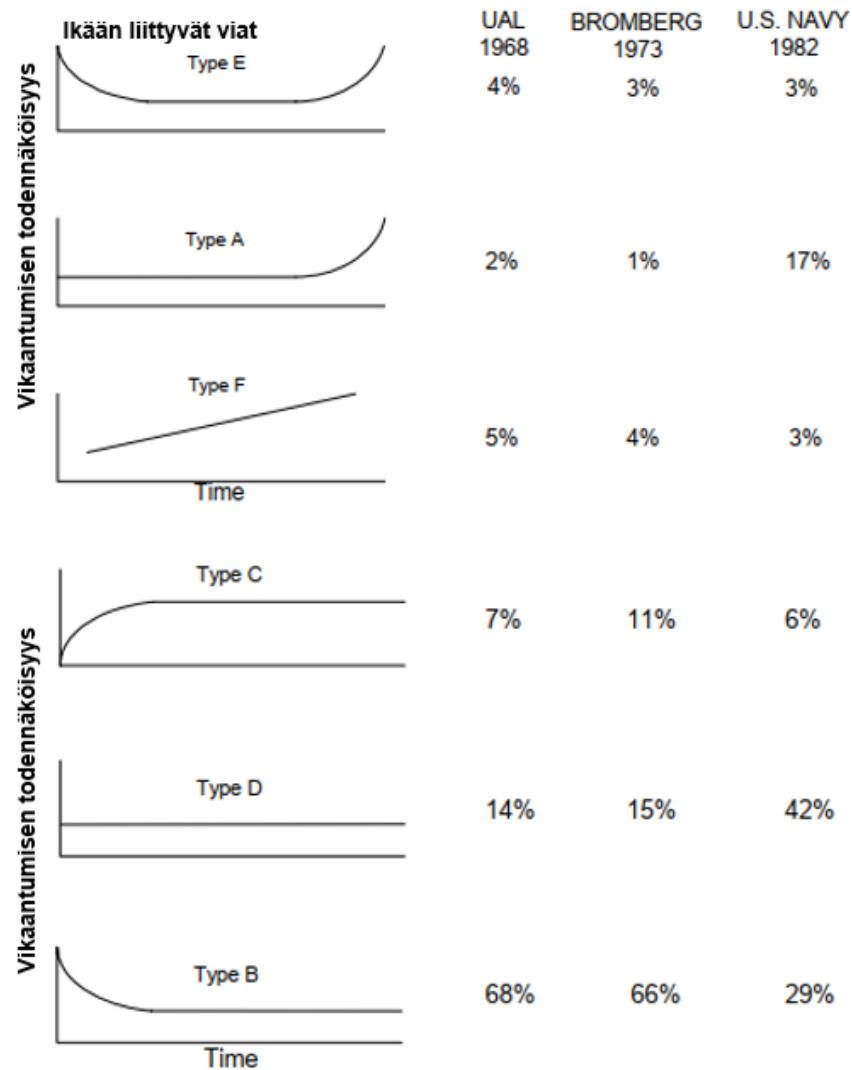
Kuvassa 1 ehkäisevä kunnossapito on jaettu kolmeen alalajiin. Aikaan perustuvalla kunnossapidolla tarkoitetaan kunnossapitoa, jossa huoltoa ohjaa kalenteriin perustuva aikaväli. Ikään perustuvaa kunnossapitoa ohjaa kohteen käyttö, eli esimerkiksi ajoneuvolla

ajettu kilometrimäärä. Kuntoon perustuvassa kunnossapidossa huoltotoimet laukaisee määrittely suuruinen muutos kohteessa seurattavassa parametrissa. Kunnonvalvonnalla on ratkaiseva roolin kuntoon perustuvassa kunnossapidossa, ja ehkäisevään kunnossapitoon kuuluu vikojen korjauksen lisäksi tarkastus- ja valvontatoiminta. (Høyland & Rausand, 2004) Aikaan ja käyttöön eli ikään perustuvassa kunnossapidossa huoltoväli voidaan määrittää esimerkiksi historiadata ja tilastollisten menetelmien avulla (NASA, 2008). Ehkäisevä kunnossapito toteutetaan yleensä huoltovälin täytyttyä, vaikka kohde olisi edelleen toimintakuntoinen. Aikaan perustuvan kunnossapidon toteuttaminen on usein helpointa, sillä huoltotoimet voidaan ajoittaa tiettyyn hetkeen. (Høyland & Rausand, 2004)

Kuntoon perustuvassa kunnossapidossa huolto perustuu parametrien muutosten seurantaan ja niiden muutoksiin. Huoltovälit eivät siis ole kiinteitä, vaan havaittu vikaantumisen alkaminen määrittää toimenpiteiden ajankohtaa. Kuntoon perustuvaa kunnossapitoa kutsutaan myös ennustavaksi kunnossapidoksi. (Høyland & Rausand, 2004) Ennustavan kunnossapidon etu muuhun ehkäisevään kunnossapitoon on kohteen rakenteen turhan avaamisen välttäminen. Vikaantumaton kohde jatkaa toimintaansa normaalisti, kunnes ideaalitulanteessa sen alkava vikaantuminen huomataan.

Avaavalla kunnossapidolla tarkoitetaan tässä työssä kunnossapitoa, jossa kohteen rakenne avataan tai puretaan tarkastusta tai huoltoa varten. Sekä korjaava, että ehkäisevä kunnossapito voi siis olla avaavaa kunnossapitoa. Smithin & Hinchcliffen (2004) mukaan, 3146 laitoksen suunnitellun huollon jälkeen, 56 % laitoksista jouduttiin ajamaan uudelleen huoltoa varten alas viikon sisään huollosta, ja syynä pidettiin avaavan kunnossapidon toimia. Flores et al. (1992) esittivät tutkimuksessaan, että avaruusalusten hyötykuorman käsittelyssä aiheutuneista ongelmista 49 % johtui prosessien inhimillisistä toimista. Kuntoon perustuvan kunnossapidon haittapuolena on vaatimus, että vikaantumista tulee pystyä seuraamaan, ja tämä ei aina ole mahdollista. Huoltotoimien epäsojiva ajoitus aiheuttaa myös merkittäviä rajoitteita, jos kyseessä on esimerkiksi ydinvoimalaitos. (Sturm, 2003)

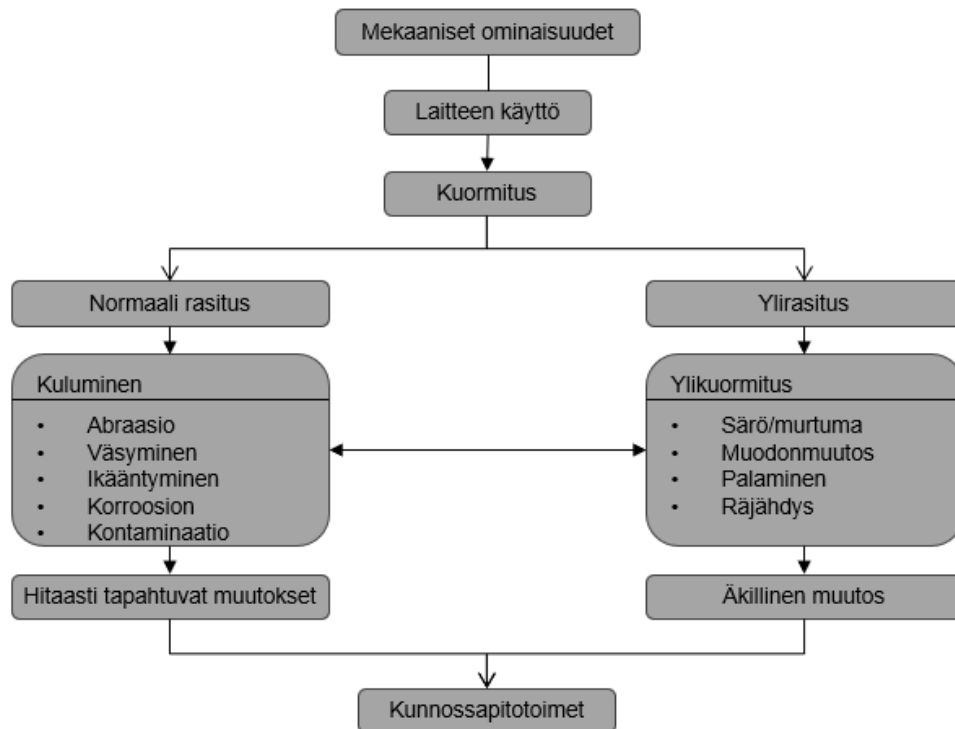
Jotta kunnossapitotoimintaa hoidetaan optimaalisesti, tulee ymmärtää kohteen vikaantumistapahtumat ja niiden aiheuttamat viat. Perinteiset uskomukset vikaantumisesta eli sen vahva yhteys laitteiston ikään ja yksittäisten komponenttien vikaantumisen tilastollinen esiintymistodennäköisyys, on osoitettu vääräksi (NASA, 2008). Vikaantumisen todennäköisyyttä on mallinnettu erilaisin käyriin, ja sitä on esitelty kuvassa 2. Kuvaan on koottu kolmen eri tutkimuksen tuloksia vikaantumistodennäköisyyden käyttäytymisestä ajan funktiona. Vikaantuminen on katsottu jakautuvan kuuteen eri tyyppiin.



Kuva 2. Vikaantumiskäyrät (muokattu lähteestä NASA, 2008)

Käyrän E ja A mukaisesti vikaantuvat laitteet ovat yksittäisiä ja yksinkertaisia asioita, kuten kompressorin siivet, jarrupalat ja rakenneosat. Niissä iän vaikutus näkyy laitteen vikaantumisen todennäköisyyden kasvuna. Yleisen uskomuksen mukaan vikaantuminen tapahtuu käyrän E mukaisesti, mutta tämä ei pidä paikkaansa. Monimutkaiset kohteet vikaantuvat käyrien F, C, D ja B mukaisesti. (NASA, 2008) Näiden tutkimusten tulosten mukaan vikaantumisista satunnaisia ovat 77–92 % ja ikään liittyviä 8–23 %.

Mekaaniset laitteet koostuvat usein useista komponenteista, ja laitteen vikaantuminen aiheutuu tällöin komponentin vikaantumisesta. Tietyt yksittäiset komponentit ovat tällöin toisia komponentteja tärkeämpiä (Høyland & Rausand, 2004). Tällaiset komponentit ja niiden vikaantuminen vaikuttaa kunnossapidon suunnitteluun merkittävästi. Mekaanisten laitteiden kunnossapitotarpeen syntyä voidaan kuvata kuvassa 3 esitetyllä tavalla.



Kuva 3. Kunnossapitotarpeen synty (muokattu lähteestä Sturm, 2003)

Komponentti omaa mekaaniset ominaisuudet, ja siihen kohdistuu laitteen käytöstä johtuvaa kuormitusta. Kuormituksen suuruus voi vaihdella, ja se johtaa kulumiseen tai muodonmuutokseen. Riippuen kuormituksen vaikutuksista, seurauksena voi olla ajan kuluessa tapahtuvaa kulumista, tai äkillinen muodonmuutos. Kulumisen ja äkilliset muutokset voivat myös johtua toisistaan. Kunnossapidolla tulee pystyä vastaamaan molempiin toimintakyvyn heikkenemisen ja häviämisen muotoihin. (Sturm, 2003)

2.2 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito käsitteenä

Høyland & Rausand (2004) määrittelevät luotettavuuskeskeisen kunnossapidon järjestelmälliseksi lähestymistavaksi järjestelmän toimintojen ja toimintojen vikatilojen tarkasteluun sekä ehkäisevien kunnossapitotoimen turvalliseen ja taloudelliseen priorisointiin. Luotettavuuskeskeisessä kunnossapidossa ollaan kiinnostuneita järjestelmän toimintoista komponenttien sijaan, ja sen tavoitteena on vähentää kunnossapitokustannuksia keskittymällä vain järjestelmän tärkeimpiin toimintoihin ja välttämällä ja poistamalla kunnossapitotoimia, jotka eivät ole välttämättä tarpeellisia. Olemassa oleville kunnossapito-ohjelmille tämä tarkoittaa usein ennakkohuoltotehtävien määrän vähentämistä. (Høyland & Rausand, 2004)

Luotettavuuskeskeinen kunnossapito on prosessi, jolla parannetaan laitteiden käytettävyyttä keskittymällä niiden luotettavuuteen ja huollettavuuteen. Luotettavuudella tarkoi-

tetaan kohteen kykyä suorittaa sille määritettyjä toimia määritellyllä hetkellä tietyissä olosuhteissa. Huollettavuudella tarkoitetaan kohteen kykyä palautua toimintakuntoiseksi kunnossapidon ansiosta. Kohteen käytettävyys on yhdistelmä sen luotettavuudesta ja huollettavuudesta. Luotettavuuden mittarina voidaan pitää keskiarvoaika vikaantumiseen (MTTF) ja huollettavuuden mittarina keskiarvoaika huolloille (MTTR). (Høyland & Rausand, 2004) Keskiarvoiselle käytettävyydelle voidaan laskea arvo kaavasta

$$A_{av} = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR}.$$

Kaavaa tarkastelemalla huomaa, miten luotettavuuskeskeinen kunnossapito nostaa käytettävyyttä vähentämällä turhien ehkäisevien kunnossapitotoimien määrää, ja näin lyhentämällä keskimääräistä huoltoaika. Luotettavuuskeskeisessä kunnossapidossa keskitytään myös laitteen kannalta oleellisimpiin huoltotoimiin, jotta luotettavuuden taso pidetään korkeana.

Luotettavuuskeskeinen kunnossapidon käsitteen luotiin ilmailuteollisuuden tarpeisiin ja siitä myöhemmin myös ydinvoima-alalla sen avulla on ohjattu kunnossapidon toimintaa. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito tukee päätöksen tekoa, ja sitä voidaan käyttää ehkäisevän kunnossapidon eli ennakkohuolto-ohjelman luomiseen. (Høyland & Rausand, 2004)

2.3 Mekaanisten laitteiden kunnonvalvontamenetelmät

Kunnonvalvonta on jatkuvasti tai määrätyin välein manuaalisesti tai automaattisesti tehtävä toimenpide, jolla mitataan kohteen fyysisen tilan ominaisuuksia tai arvoja. Yleensä toimenpiteitä suoritetaan kohteen ollessa käyntitilassa. Tarkastustoiminnasta kunnonvalvonta eroaa siten, että kunnonvalvonnassa tutkitaan kohteen parametrien muutoksia ajan suhteen. Tarkastustoiminnassa tutkitaan kohteen sen hetkistä tilaa, ja historialla ei välttämättä ole väliä. (SFS-EN 13306, 2017) Kunnonvalvontaa suoritetaan, jotta kohteen vikaantuminen havaittaisiin ajoissa. Järjestelmän parametrien kunnonvalvonta ja niiden muuttuminen on peruste kuntoon perustuvaan kunnossapitotoimintaan (Sturm, 2003).

Kunnonvalvonta on tässä työssä jaettu toteutustapansa mukaan kahteen osaan: aktiiviseen ja määräaikaan. Aktiivisella kunnonvalvonnalla tarkoitetaan mittauksia, joiden kerääminen on jatkuvaa, se toteutetaan mittausjärjestelmällä ja mittaus ei vaadi järjestelmän käyttäjältä erillisiä toimenpiteitä. Aktiivisessa järjestelmässä mittausdataa kertyy jatkuvasti. Määräaikainen kunnonvalvonta tarkoittaa joko määräajoin tehtäviä mittauksia, tai mittadataa keräävää laitteistoa. Laitteiston data joudutaan kuitenkin noutamaan jollain keinoilla ja nykyhetken dataan ei varsinaisesti päästä käsiksi. Myös mittausjärjestelmät,

jotka mittavat jatkuvasti, mutta eivät tallenna historiadataa ovat työssä luonteeltaan määräaikaista. Määräaikaisten mittausten välisen ajanjakson määrittämiseen on erilaisia työkaluja ja perusteita, ja siihen vaikuttaa kohteen tärkeys ja vian kehittymisnopeus.

Kunnonvalvonnan avulla pystytään vähentämään korjaavaa kunnossapitoa ja minimoimaan sen kustannuksia. Tämä saavutetaan huoltamalla laitteet ennen vakaavaa vikaantumista. Kunnonvalvonnan avulla pystytään myös pidentämään huoltovälejä tai kokonaan poistamaan toisia ehkäiseviä kunnossapitotoimia ja näin parantaa käytettävyyttä. Merkittävänä kunnonvalvonnan tuomana hyötynä voidaan pitää avaavan kunnossapidon vähentymistä. (IAEA, 2007) Aikaisemmin todettiin avaavan kunnossapidon aiheuttavan huomattavan määrän suunnittelemattomia alasajoja laitoksilla. Kunnonvalvontaa voidaan myös hyödyntää tilannekuvan muodostamisessa.

Aiemmin esitettiin, että kunnossapitotarpeen mekaanisille laitteille aiheuttaa mekaanisten ominaisuuksien muutos. Kunnonvalvonnalla pyritään siis havaitsemaan näiden parametrien merkittävä muutos, ja havaitsemiseen on useita erilaisia menetelmiä, joista yleisimpiä ovat värähtelymittaukset, voiteluaineanalyysit, jännite- ja virtamittaukset, akustisiin menetelmiin perustuvat mittaukset, prosessidatan seuraaminen, ja infrapunaa hyödyntävät menetelmät. Myös muita menetelmiä, kuten koneen nesteiden valvonta, mittojen muutosten valvonta ja pyörrevirtatarkastuksia käytetään. (NASA, 2008. Kobbac & Murthy, 2008). Vanhin tapa ja kenties yleisin tapa suorittaa kunnonvalvontaa on laitteen käyttäjän aisteihin perustuva kunnonvalvonta.

Värähtelytasojen mittaaminen ja valvonta on yleisimpiä kunnonvalvontamenetelmiä teollisuudessa. Yleisesti värähtely tarkoittaa systeemin liikkeen tai aseman muutosta tiettyyn asentoon nähden ajan suhteen. Värähtelymittaus perustuu laitteen värähtelyn aiheuttamien signaalien tulkintaan. Värähtelysignaalien analyysissa tutkitaan yleensä niiden arvoja ja verrataan niitä referenssiarvoihin. Analyysissa voidaan tutkia yksittäisiä signaalien taajuuskomponentteja tai taajuusspektriä, riippuen mistä ollaan kiinnostuneita. Yleensä värähtelyn mittaustulokset pysyvät lähes vakioina, kunnes vikaantuminen havaitaan värähtelytasojen nousuna. Tasojen muutoksesta puhutaan myös trendinä. (Kobbac & Murthy, 2008) Koska kaikki pyörivät laitteet värähtelevät jonkin verran, värähtelymittauksilla ja -analyysillä päästään käsiksi myös muihinkin kunnossapitoon liittyviin ongelmiin käsiksi, kuten pyörivien osien epätasapainoon, löystyneisiin komponentteihin, linjausongelmiin ja resonanssiin muissa laitteissa (Adams, 2010).

Voiteluaineanalyysi on toinen yleisimmistä ja suosituimmista tavoista suorittaa kunnonvalvontaa värähtelymittausten lisäksi. Sen avulla pystytään usein havaitsemaan ongelmat, ennen kuin suuria huoltotoimia vaaditaan. Analyysia suorittamalla pystytään myös

vaikuttamaan voiteluaineiden huoltoväleihin, ja säilyttämään laitteiston arvoa. Voiteluaineiden analyysi perustuu näytteiden partikkelipitoisuuden tutkimiseen. Erilaiset partikkelipitoisuudet kertovat kulumisesta, likaantumisesta ja muista mahdollisista ongelmista laitteessa. Voiteluaineanalyysi on erityisen hyödyllinen menetelmä polttomoottoreiden, vaihteistojen ja hydrauliiikan kunnonvalvonnassa. (Kobbacy & Murthy, 2008)

Sähkövirrassa olevan häiriön eli kohinan tarkastelu on vaihtovirtamoottoreiden roottoreiden vikaantumisen havaitsemiseen käytettävä menetelmä. Kohina on ominaista ehjänä toimivalle moottorille, ja siihen voidaan verrata muita näytteitä. (Kobbacy & Murthy, 2008)

Toimilaitteikäyttöisissä venttiileissä mittaamalla toimilaitteen sähkötehon kulutusta, eli moottorin virtaa ja jännitettä, pystytään arvioimaan venttiilin karan kuormitusta. Jotta venttiili avautuisi tai sulkeutuisi, toimilaitteen moottorin tulee tuottaa suurempi voima, kuin venttiilin karaan vaikuttava kitkavoima. Pyörimisnopeus tapahtumassa pysyy vakiona mutta virran ja jännitteen arvot eivät. Solenoidikäyttöisissä venttiileissä voidaan mitata jännitettä ja käämin virtaa, joista piirretään virta ajan suhteen. Eri tunnuslukuja vertailemalla pystytään vertailemaan venttiilin kuntotietoa pitkällä aikavälillä. (Felt, 2011)

2.4 Kunnossapito-organisaatio, -strategia ja -suunnittelu

Nykyaikaisen kunnossapito-organisaation tulee pystyä johtamaan tarpeelliset kunnossapitotoimet teknisen tiedon pohjalta ja samalla suoriutua käytännön kunnossapitotehtävistä. Organisaation pitää pystyä harjoittamaan kuntoon perustuvaa ja korjaavaa kunnossapitoa, sekä toteuttamaan ennakkohuolto-ohjelmia. Kunnossapito-organisaation toiminnalla tuetaan suoraan tuotantoa. Kunnossapito-organisaation rakennetta määrittää sen toimintaympäristö. Sen tulisi olla selkeä ja resursseiltaan riittävä, jotta jatkuvat huoltotoimet pystytään toteuttamaan. Laajemmissa kunnossapitotoimissa, esimerkiksi suunnitelluissa vuosihuolloissa, organisaatio toimii johtavassa ja laadunvalvonnallisessa roolissa, tukien ulkoisen työvoiman työskentelyä. (Sturm, 2003)

Kunnossapito-organisaation toimintaa ohjaa sen kunnossapitostrategia. Kunnossapitostrategia määrittää kaikkein sopivimmat huoltotoimenpiteet laitteille ja niiden komponenteille. Strategian tavoitteena voi olla käytettävyyden maksimointi, tietyn luotettavuustason ylläpito tai kokonaiskustannusten minimointi. Tulevaisuudessa hyvä kunnossapitostrategia pyrkii yhdistämään ominaisuuksia kuntoon perustuvasta kunnossapidosta, luotettavuuskeskeisestä kunnossapidosta, elinkaarenhallinnan kustannusten minimoinnista ja tuotantoon sovitetusta kunnossapidosta. Yleensä merkittävin kysymys strategian muodostuksessa on, tuleeko kunnossapito aloittaa ennen vai jälkeen vikaantumisen. Strategia muodostetaan vastamaan ympäristönsä tarpeisiin, ja sitä kehitetään organisaation prioriteettien mukaan. (Sturm, 2003)

Aiemmin todettiin, että kunnossapito-organisaatio tukee tuotantoa. Kunnossapitotoimilla on usein merkitystä tuotannolle, sille yleensä kohteen vikaantuminen vaikuttaa tuotantomääriin. Kunnossapito tuleekin suunnitella hyvin ja yhteensovittaa tuotannon kanssa, sillä laitosten alasajo ei ole aina mahdollista. (Sturm, 2003) Kunnossapidon suunnittelussa tulee huomioida, millaisia toimenpiteitä suoritetaan, milloin on sopivinta suorittaa ne, ja kuka niitä suorittaa. Myös muut kunnossapidon vaatimat resurssit, kuten varaosat tulee huomioida suunnittelussa. (Kobbacy & Murthy, 2008). Erityisosaamista vaativan kunnossapidon ulkoistaminen laitteen valmistajalle on tehokas vaihtoehto. (Sturm, 2003).

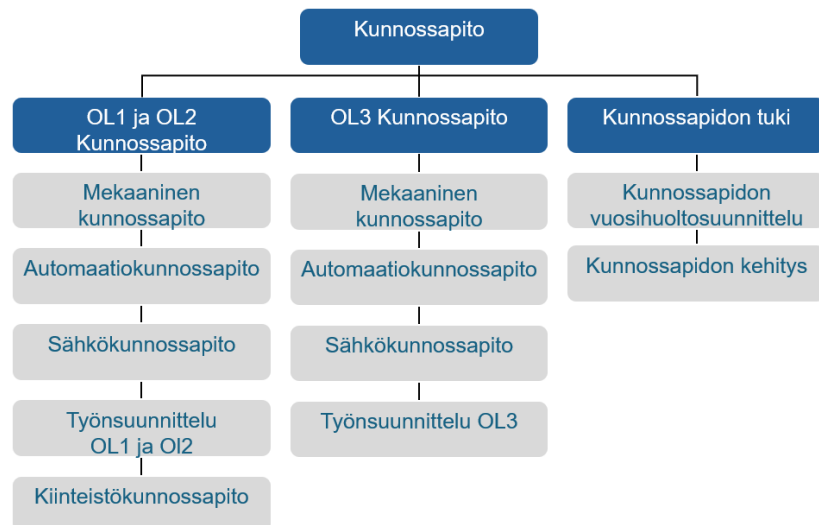
Kunnossapitosuunnittelulla on suora yhteys kustannuksiin. Jos huollon aiheuttamien kokonaiskustannuksien katsotaan aiheutuvan tuotannon menetyksistä ja kunnossapidon kustannuksista, eli varaosista ja henkilöstöresursseista, voidaan kunnossapitosuunnittelussa tapahtuvalla optimoinnilla tuottaa kustannussäästöjä.

3. KOHDEYRITYKSEN KUNNOSSAPITOYKSIKÖN ESITTELY

Kolmannessa luvussa esitellään kunnossapito- ja kunnonvalvontatoimintaa kohdeyrityksessä. Luvussa käydään aluksi yksikön rakennetta yleisellä tasolla läpi, ja esitetään eri roolien tehtävät. Kunnossapitotoimintaa esitellään myös kertomalla kunnossapitostrategiasta ja toimitavoista yksikön sisällä. Kuvaukset perustuvat ohjeistukseen. Lopuksi luvussa esitetään, millaista kunnonvalvontaa kohdeyrityksen laitoksella suoritetaan, ja miten se toteutetaan.

3.1 Kohdeyrityksen kunnossapito-organisaatio

Kunnossapitoyksikkö huolehtii Olkiluodon alueen rakennusten ja kiinteistöjen, mekaanisten laitteiden, sekä sähkö-, automaatio-, prosessitietokonelaitteiden ja -järjestelmien kunnossapidosta. Yksikkö osallistuu myös muutostöiden suunnitteluun ja toteutukseen. (TVOa, 2023) Yksikkö on jaettu kolmeen osaan, ja sen organisaation rakenne on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Kunnossapitoyksikön rakenne (muokattu lähteestä TVOa, 2023)

Yksiköllä ja sen kolmella osalla on omat päällikkönsä, ja osat on jaettu edelleen tiimeihin, jotka näkyvät kuvassa harmaalla. Päälliköt vastaavat tiimiensä toiminnasta, ja tiimin toimintaa ohjaa tiimiesihenkilö. Yksikön keskeisimpiä tehtäviä ovat kunnossapitosuunnittelu, ennakkohuolto-ohjelmien ylläpito ja kehitys, laitostöiden toteutuksen suunnittelu ja itse toteutus eli huoltotyöt ja vikakorjaukset. Yksikkö on myös vastuussa omien tukitoimintojen, kuten korjaamopalveluiden ja työtä ohjaavien tietojärjestelmien ylläpidosta ja kehityksestä. Yksikön tehtävien vastuu on jaettu tekniikan aloittain tiimeille, joissa tehtävät on puolestaan jaettu henkilöstön eri rooleille. (TVOb, 2021)

Tiimiesihenkilö vastaa tiimensä toiminnasta ja johtaa sitä yhteistoiminnassa laitevastaavien ja toimintovastaavien kanssa. Yhdessä toimintovastaavan kanssa tiimiesihenkilö vastaa siitä, että käytössä on ammattitaitoiset ja riittävät henkilö- ja laiteresurssit tehtävien hoitamiseksi. Tiimiesihenkilö varmistaa myös, että oman alan teknologinen kehitys otetaan huomioon. (TVOb, 2021)

Toimintovastaava toimii työnjohtajana alueensa ennakkohoolto-, korjaus- ja muutostöissä. Toimintovastaava vastaa töihin riittävien resurssien varaamisesta, ja töiden laadukkaasta ja ohjeiden mukaisesta suorituksesta. Toimintovastaava osallistuu yhteistyössä muiden tiimin jäsenten kanssa oman toiminta-alueensa menetelmien, työohjeiden ja kunnossapitotekniikoiden ylläpitoon ja kehitykseen. Toimintovastaava toimii yhteistyössä asentajien kanssa, jotka vastaavat oman ja työryhmänä työn laadukkaasta toteutamisesta. (TVOb, 2021)

Ydinvoimalaitosyksiköiden prosessilaitteisto, ja sen toimintaympäristö on jaettu kohdeyrityksessä laitevastuualueisiin. Laitevastaava toimii oman alueensa asiantuntijana, joka vastaa alueen kunnossapidon suunnittelusta, kunnossapitotöiden toimeksiannosta, ja valvonnasta. Laitevastaavan päätehtävät ja -vastuut ovat vastuualueen laitteiden tuntemus, laitteiden kunnonseuranta, kunnossapito, kehitystehtävät, yhteistyö ja tiedottaminen. (TVOc, 2023)

Olkiluoto 3 -laitoksen mekaanisen kunnossapidon tiimissä työskentelee myös kunnonvalvontainsinööri, jonka tehtävänä on ylläpitää kunnonvalvontalaitteistoja, jotka liittyvät mekaanisiin laitteisiin, sekä huolehtia laitteiden kalibroinneista ja kunnossapidosta. Tehtäviin kuuluu myös muiden sidosryhmien kanssa työskentely ennakkohoutosuunnittelun kehityksen parissa. (TVOd, 2020)

3.2 Kohdeyrityksen kunnossapitostrategia ja kunnossapidon toiminnanohjaus

Kunnossapitoyksikön toiminnan lähtökohtana on täyttää kohdeyrityksen kunnossapitostrategian tavoitteet, noudattaa ydinenergia- ja muun lainsäädännön vaatimuksia sekä noudattaa edellisten pohjalta annettujen päätösten, määräysten ja viranomaisohjeiden vaatimuksia. Kunnossapitostrategialla pyritään varmistamaan laitoksien turvallinen ja häiriötön käyttö, ja sen toimenpiteitä on esitelty luettelossa:

- Toiminta on hyvin suunniteltua, pitkäjänteistä ja kehityshakuista
- Kunnossapitotoimenpiteet kohdennetaan oikein ja tehdään oikea-aikaisesti tavoitteena taata laitosten hyvä tekninen kunto niin lyhyellä kuin pitkällä aikajännteellä

- Toimenpiteet suoritetaan laadukkaasti ja niiden suoritukseen käytetään eri alueilla omaa tai urakoitsijoiden ammattitaitoista työvoimaa tai ulkopuolisia yhteistyökumppaneita
- Urakoitsijoiden resurssien saanti varmistetaan pitkäaikaissopimuksin
- Kunnossapitotilat ja -laitteet mitoitetaan vastaamaan laitosten erityisvaatimuksia
- Turvallisuuden ja käytettävyyden kannalta kaikkiin oleellisiin kohteisiin tulee olla käytettävissä oikea-aikaisesti teknisesti sopivat varaosat ja materiaalit
- Toiminnassa hyödynnetään tehokkaasti saatuja omia ja muiden laitosten kokemuksia sekä pyritään ennakoivaan toimintatapaan
- Tehokkaan kunnossapitotoiminnan tavoitteena on edesauttaa edullisen ja kilpailukyisen sähkön tuotantoa osakkaille.

Tämä strategia toimii yksikölle yleisohjeena, jolla varmistetaan kunnossapidon laadukas ja täsmällinen toiminta. (TVOB, 2021) Kunnossapitotiimien tehtäviä on tarkemmin määritelty alakohtaisesti (TVOd, 2020).

Kohdeyrityksen ydinvoimalaitoksen kunnossapitotoimintaa ohjaavat kunnossapitostrategian lisäksi systemaattisen kunnossapitosuunnittelun periaatteet. Kyseessä on ohje, jota sovelletaan ydinvoimalaitoksen kunnossapitotoiminnassa Olkiluodossa, ja sen noudattaminen kuuluu laitteiden kunnossapitosuunnittelun osalta laitevastuun piiriin. Systemaattisella kunnossapitosuunnittelulla luodaan yhtenäiset menettelytavat, jotta asetetut turvallisuus-, käytettävyy- ja kilpailukyvyvaatimukset toteutuvat. Systemaattisen kunnossapitosuunnittelun periaatteet ovat seuraavat:

- Kunnossapitotoimet kohdennetaan laitoksen turvallisuuden ja käytettävyyden kannalta tärkeille laitepaikoille ja vältetään turhia toimenpiteitä
- Varmistetaan riittävä vikakorjausvalmius
- Määritetään ja varmistetaan tarvittavat kunnossapitoresurssit
- Optimoidaan tarvittava varaosamäärä niin vikakorjausvalmiuden kuin huoltojenkin kannalta
- Optimoidaan laitepaikan kunnossapitokustannukset pitkällä tähtäimellä
- Hyödynnetään tehokkaasti kerääntynyt käyttö- ja kunnossapitokokemus kunnonvalvonta- ja huolto-/tarkastusohjelman arvioinnissa ja suunnittelussa
- Kirjataan perusteet myöhempää uudelleenarviointia varten

- Hyödynnetään kunnossapidon tietojärjestelmiä tehokkaasti ja lisätään ”tietojen avoimuutta” niin, että kunnossapitotoimintaan liittyvät tiedot ovat helposti niitä tarvitsevien osapuolten (käyttö, kunnossapito, tekniikka, turvallisuus ym.) käytettävissä ja arvioitavissa
- Lisätään kunnossapitotoimintaan osallistuvien osapuolten henkilöiden tietämystä eri laitepaikkojen toiminnan merkityksestä laitosten turvallisuudelle ja käytettävyydelle.

Kunnossapitosuunnittelun tavoitteena on pyrkimys mahdollisimman tehokkaaseen, oikein kohdistettuun huoltoon, joka perustuu mittaavaan kunnossapitoon ja laitepaikan todelliseen kuntoon. Turhaa huoltoa tulee välttää, ja avaavalle kunnossapidolle tulee olla aina selkeästi määritelty ja perusteltu syy. (TVOe, 2022)

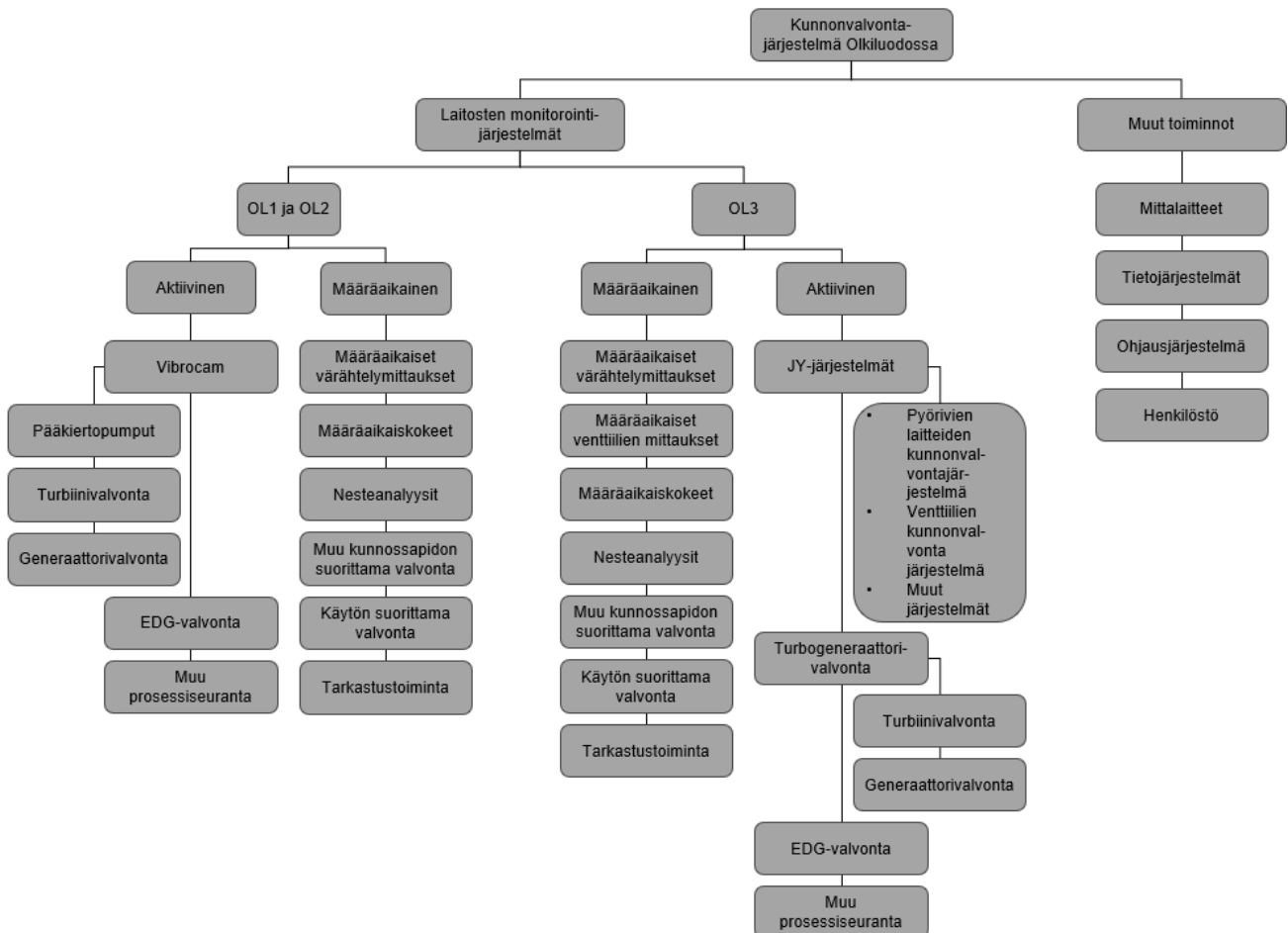
Laitteiden kunnossapitosuunnittelun perustana on laitepaikkojen jako neljään kunnossapitoluokkaan. Laitteille on valittu kunnossapitoluokka, joka parhaiten kuvaa niiden kunnossapitotarvetta. Kunnossapitoluokka vaikuttaa valittuihin ennakkohuolto- ja kunnossapitotehtäviin ja varaosajärjestelyihin. Luokittelussa otetaan huomioon laitteen käyttövarmuus- ja turvallisuusmerkitys, saadut kunnossapitokokemukset ja kunnossapitokustannukset. Kunnossapitoluokkien 1 ja 2 laitteet pyritään pitämään aina toimintakuntoisina. Luokan 3 laitteiden tavoitteena on kuntoon perustuva kunnossapito, ja niiden kunnossapito on taloudellisesti perusteltua. Kunnossapitoluokan 4 laitteet korjataan, kun ne vikaantuvat. (TVOe, 2022) Systemaattisen kunnossapitosuunnittelun periaatteiden ja kunnossapitoluokkien yhtenä lähtökohtana on ollut yksinkertaistettu luotettavuuskeskeinen kunnossapito, jonka mukaisesti OL1 ja 2 kunnossapitotoimintaa on aikanaan luotu. OL3-laitoksen kunnossapidon toimintaa on kehitetty myös luotettavuuskeskeisen kunnossapidon prosessin mukaisesti, ja myös sen lähtökohtana on ollut OL1 ja 2 yksinkertaistettu luotettavuuskeskeinen kunnossapito. (TVOF, 2020)

Kunnossapitotöiden suunnittelun, aikataulutuksen ja suorituksen, eli toimenpiteiden konkreettisen toteutuksen ohjaukseen on omat menettelytapansa. Työt on luokiteltu voimalaitosten käynninaikaisiin ennakkohuoltotöihin, ennakkohuoltopakettitöihin, korjaustöihin ja vuosihuoltotöihin. (TVOg, 2023) Tätä töiden ohjausprosessia ei avata tarkemmin tässä työssä, vaan työ käsittelee mekaanisten laitteiden kunnossapitotoiminnan ohjausta kunnossapitostrategian mukaisesti.

3.3 Kunnonvalvontatoiminta kohdeyrityksessä

Tässä työssä kohdeyrityksen kunnonvalvontajärjestelmän määritelmä on luotu siten, että se muodostuu kahdesta osajärjestelmästä: laitosten kunnonvalvontajärjestelmistä ja

muista toiminnoista. Kohdeyrityksen toiminnassa kunnonvalvontajärjestelmää ei ole vastaavalla tavalla määritelty. Määritelmässä on hyödynnetty ”system of systems” ajattelua, jonka määritelmän mukaisesti järjestelmä muodostuu osajärjestelmistä, jotka eivät yksinään pystyisi toteuttamaan koko järjestelmän tarkoitusta (ISO 21839, 2019). Osajärjestelmät voivat olla myös hyödyllisiä toimiessaan itsenäisesti, mikä on määritelmän mukaista (INCOSE, 2023). Kohdeyrityksen kunnonvalvontajärjestelmän tarkoitus on tuottaa laitteiden kunnosta tietoa, jota voidaan hyödyntää eri sidosryhmien toimesta. Sen rakennetta osajärjestelmittain on esitelty kuvassa 5.



Kuva 5. Kunnonvalvontajärjestelmän osajärjestelmät

Muut toiminnot on jaettu mittalaitteisiin, tietojärjestelmiin, ohjausjärjestelmiin ja henkilöstöön. Mittalaitteilla tarkoitetaan sekä mittausautomaatiota, että mittalaitteita, joilla suoritetaan mittauksia. Tietojärjestelmillä tarkoitetaan analyysityökaluja, ja kerätyn tiedon säilytysjärjestelmiä. Ohjausjärjestelmät ovat järjestelmiä, jotka ohjaavat kunnonvalvontaa. Esimerkiksi määräaikaiset mittauskierrokset ovat osa ennakkohuolto-ohjelmia, joita ohjaa kohdeyrityksen työtilausjärjestelmä. Henkilöstöllä tarkoitetaan mittaajia, laitevastavia, asiantuntijoita ja muuta henkilöstöä, jotka työskentelevät kunnonvalvonnan parissa ja hyödyntävät sitä. Muut toiminnot mahdollistavat laitosten kunnonvalvontajärjestelmien toiminnan ja vastaavat sen hyödyntämisestä.

Laitosten monitorointijärjestelmät on jaoteltu kahteen osaan laitosten mukaan. Molemmilla laitoksilla käytetään samoja menetelmiä kunnonvalvontaan. Merkittävin ero OL1/OL2 ja OL3 välillä on OL3-laitoksen JY-järjestelmät. Ne ovat osa voimalaitoksen järjestelmiä, ja niiden avulla suoritetaan eri kohteiden kunnonvalvontaa. Kunnossapitoyksikön kannalta merkittävämpiä ovat pyörivien laitteiden ja venttiilien kunnonvalvontajärjestelmät, sillä ne on suunniteltu kunnossapitotoimintaan. OL3 on myös uusi voimalaitos, jonka automaatio on modernimpaa, ja näin mahdollistaa paremman datan keräämisen laitokselta.

Määräaikaisia värähtelymittauksia toteutetaan kohdeyrityksen oman ohjeistuksen mukaan, joka pohjautuu standardiin ISO 10816, Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts (TVOh, 2009). Määräaikaisia venttiilien mittauksia ei tällä hetkellä toteuteta. Määräaikaiskokeista, prosessien valvonnasta ja käytön suorittamasta valvonnasta vastaavat ydinvoimalaitosyksiköiden käyttöorganisaatiot, jotka välittävät kunnossapitoa ohjaavaa tietoa kunnossapitoyksikölle. Nesteanalyyseilla tarkoitetaan nestenäytteiden pohjalta tehtäviä analyyseja. Kunnossapitotoiminnalle merkittäviä nesteanalyyseja ovat voiteluaineille tehtävät öljyanalyysit. Muulla kunnossapidon suorittamalla valvonnalla tarkoitetaan kunnossapitohenkilöstön tekemiä tarkastuksia laitteille, kuten kiilahihnatarkastuksia ja painemittauksia. Tarkastustoiminta sisältää ainetta rikkomattomat tarkastukset, joita suoritetaan esimerkiksi painelaitteille.

Aktiivisten kunnonvalvontajärjestelmien seuraaminen ja valvonta eivät ole kunnossapitoyksikön vastuulla, paitsi EDG-järjestelmien, eli varavoimadieselgeneraattoreiden ja kahden OL3-järjestelmän osalta. Nämä kaksi järjestelmää ovat pyörivien laitteiden ja venttiilien valvontajärjestelmät. EDG-järjestelmillä tarkoitetaan varavoimadieseleiden valvontajärjestelmiä, joiden tuottamaa tietoa laitevastaavat ja muut sidosryhmät voivat hyödyntää. Järjestelmään saadaan tietoa määräaikaiskokeiden aikana koneiden tietyistä prosessiarvoista. Aktiivisten kunnonvalvontajärjestelmien valvonnasta kohdeyrityksessä vastaa Tekniikan yksikön lujuus- ja materiaalitekniikan tiimi.

Laitevastaavien vastuulla on laitteidensa kunnonseuranta kunnonvalvonta-aineistoa hyödyntäen, kunnonvalvontaohjelmien laadinta ja katselmointi ja kunnonvalvontatoimenpiteiden toimeksianto. Toimintovastaavat suorittavat ennakkohuolto- ja kunnonvalvontatöitä laitevastaavien toimeksiannosta. (TVOc, 2023) Kunnonvalvontainsinöörin työnkuvaan kuuluu tiimensä tukeminen pyörivien laitteiden kunnonvalvontaan liittyvissä asioissa (TVOd, 2023).

4. NYKYTILA-ANALYYSI KUNNONVALVONNAN HYÖDYNTÄMISESTÄ

Neljännessä luvussa esitellään osana työtä tehty nykytila-analyysi. Analyysin rakenne ja muodostamiseen käytetyt tutkimusmenetelmät esitellään aluksi, ja näiden jälkeen käydään läpi analyysin tuloksia. Luvun lopuksi esitellään tuloksista koostettu yhteenveto.

4.1 Analyysin rakenne ja muodostus

Nykytila-analyysi käsittelee mekaanisten laitteiden kunnonvalvonnan hyödyntämistä kunnossapitoyksikössä ja kunnossapitotoiminnan optimoinnissa. Kunnonvalvonnan hyödyntäminen voidaan jakaa kahteen eri tapaan: tilannekuvan luomiseen ja ennakko-huolto-ohjelmien optimointiin. Optimoinnilla voidaan tarkoittaa esimerkiksi huoltovälien säätämistä tai kokonaan kuntoon perustuvaan kuntoon siirtymistä, kun sillä saavutetaan hyötyä. Analyysin muodostamiseen on käytetty kirjallisuusselvitystä, osallistuvaa havainnointia ja haastatteluita. Kirjallisuusselvityksessä perehdyttiin kohdeyrityksen kunnossapidon ohjeistukseen ja tietojärjestelmiin. Osallistuva havainnointi sisälsi kunnonvalvontaan liittyviin työtehtäviin perehtymistä, esimerkiksi kunnonvalvontajärjestelmiin tutustumista.

Teemahaastattelut ja niiden litteroinnit muodostavat merkittävän osan nykytila-analyysin aineistosta. Haastatteluissa tietoa kerättiin kunnossapitoyksikön henkilöstöltä. Teemahaastattelut ovat tutkimushaastattelutyypin, jossa keskustelu etenee vapaamuotoisemmin ennalta määrättyjen teemojen mukaisesti. Haastattelija ohjaa keskustelua vapaamuotoisesti hyödyntämällä teemoja ja omaa tietämystään aihepiiristä, ja se eroaa rakenteeltaan lomakehaastattelusta. Teemahaastatteluiden avulla saadaan syvempää tietoa, kuin lomakehaastatteluilla. (Tiainen, 2014) Tästä syystä ne valittiin aineiston keräämiseen. Haastatteluja varten määritettiin neljä teemaa, ja teemojen määrittämiseen käytettiin Kohdeyrityksen ohjeistuksen ja kirjallisuuden avulla muodostettua yleistä viitekehystä siitä, miten kunnonvalvontaa tulisi hyödyntää kunnossapitotoiminnassa. Myös haastattelijan omaa kokemusta kunnonvalvontatoiminnasta aikaisempien työtehtävien perusteella hyödynnettiin. Teemat on esitelty luettelossa:

- Kunnonvalvonnan näkyvyys työssä
- Kunnonvalvonnan hyödynnys yksikössä
- Kunnonvalvonnan katselmointi yksikössä

- Kunnonvalvonnan kehitys yksikössä.

Jokaista teemaa hyödyntäen muodostettiin kysymyksiä henkilöstölle, huomioiden eriävät työtehtävät. Kysymykset ovat liitteissä A-D. Kysymyksien muotoilu toimi alustavana runkona haastattelun etenemiselle, ja vastausten perusteella kysymykset saattoivat muuttua haastattelun aikana, kuten teemahaastattelulle on ominaista. Ensimmäisen teeman avulla selvitettiin, miten kunnonvalvonta näkyy henkilöstön työtehtävissä, ja minkälaista kunnonvalvontadataa henkilöt voisivat hyödyntää. Toisen teeman avulla pyrittiin selvittämään, miten kunnossapitoyksikkö hyödyntää kunnonvalvontaa toiminnassaan, ja kenen vastuulla hyödyntäminen on. Kolmas teema käsitteli toiminnan katselmointia ja siihen liittyviä vastuita, jotta saatiin käsitys, miten hyödyn tuottaminen pidetään ajan tasalla. Neljäs teema ohjasi keskustelua siten, että saataisiin konkreettisia toimenpiteitä kunnonvalvonnan ja sen hyödyntämisen kehittämiseksi käsiteltyä. Haastateltavaksi valittiin läpileikkaus kunnossapidon henkilöstöstä, jotta saataisiin mahdollisimman laaja kuva kunnonvalvonnan hyödynnyksen nykytilasta.

Haastattelut nauhoitettiin Microsoft Teams-alustaa hyödyntäen, ja nauhoitteet litteroitiin saman alustan avulla. Haastatteluihin liittyvien henkilötietojen käsittelyssä on noudatettu Tampereen yliopiston ohjeistusta, ja haasteltaville toimitettiin tietosuojailmoitus, joka on työn liitteenä E. Litteroinnit käytiin läpi yhdessä nauhoitteiden kanssa, ja generoinnin aiheuttamat virheet niissä korjattiin, jotta saatiin ymmärrettävää aineistoa. Litteroinneista poistettiin myös tutkimuksen kannalta epäoleelliset asiat.

Litterointien muodostamaa aineistoa analysoitiin teemojen avulla. Tarkoituksena on löytää aineistosta yhteisiä ja usein esiin nousseita asioita (Hirsijärvi & Hurme, 2022). Aineiston luokittelussa käytettiin samoja teemoja, kuin haastattelussa. Yksittäisten haastatteluiden analyysien tulokset koostettiin yhteenvedoksi. Vastausten tulkinnan yhteydessä huomioitiin niiden oikeellisuutta, ja suhteutettiin ne haastateltavien työtehtävien avulla kokonaisuuden osalta merkityksellisiksi. Virheen tarkastelu haastattelutuloksissa on haastavaa, sillä vastaukset ovat henkilöiden omia näkemyksiä. Analyysia tehdessä pyrittiin tarkastelemaan aineistoa mahdollisen laajasti, jotta saadaan yleiskuva nykytilasta.

Nykytila-analyysin tulokset on muodostettu kohdeyrityksen ohjeistuksen ja litterointien analyysien perusteella. Kunnossapidon ohjeistus antaa yleisiä ja melko laajoja linjauksia vastuista ja toimitavoista. Haastatteluiden aineisto kertoo käytännön hyödynnyksen nykytilan. Analyysin tulokset on jaettu kolmeen osaan: nykyisiin menetelmiin ja toimitapoihin, hyödyntämiseen liittyviin sidosryhmiin ja kunnonvalvonnan vaikutukseen kunnossa-

pitotoiminnassa. Ensimmäisessä osuudessa on esitelty, miten kunnossapitoyksikkö hyödyntää kunnonvalvontaa. Toisessa osuudessa tarkastellaan, miten kunnonvalvonnan tuottamat hyödyt ja tieto ohjaavat kunnossapitoyksikön toimintaa. Kolmannessa osuudessa tarkastellaan kunnonvalvontaan ja sen hyödyntämiseen linkittyvien sidosryhmien roolia ja vastuuta. Osuudet pyrkivät vastaamaan vastaaviin tutkimuskysymyksiin datasta, hyödyntämisestä ja vastuista.

4.2 Nykyiset kunnonvalvonnan menetelmät ja hyödynnystavat

Luvussa kolme esiteltiin kunnonvalvontajärjestelmä, jossa erilaiset kunnonvalvontamenetelmät ja siihen liittyvät osa-alueet määriteltiin yhdeksi kokonaisuudeksi. Kunnonvalvontajärjestelmän monitorointimenetelmät, joita mekaanisen kunnossapidon tiimeillä on periaatteessa mahdollisuus hyödyntää kunnossapitotoiminnan optimoinnissa, ovat seuraavat:

- Määräaikaiset värähtelymittaukset
- Pyörivien laitteiden monitorointijärjestelmä, OL3
- Venttiilien kunnonvalvontajärjestelmä, OL3
- Nesteiden eli voiteluaineiden kunnonvalvonta
- Laitosten määräaikaiskokeet ja EDG-valvonta
- Avaavan kunnossapidon mahdollistama tarkastus ja muu tarkastustoiminta.

Luettelon menetelmistä osa on käytössä vain OL3-laitosyksiköllä. Voimalaitosten käyttöorganisaation suorittamat määräaikaiskokeet ohjaavat kunnossapitotoimintaa, ja osa haastateltavista arvioi niiden olevan kunnossapitoyksikölle merkittävin kunnonvalvontamenetelmä. Määräaikaiskokeiden tulosten hyödynnys on kuitenkin rajoitettua, sillä ne määrittävät suoraan, tuleeko kokeen kohteena olleen järjestelmän laitteita huoltaa. Rajoituksia aiheuttavat turvallisuustekniset käyttöehdot. Kokeiden tulosten muutosten seuranta on myös osittain haasteellista. Jotkin kokeiden tuloksista mahdollistavat kuitenkin selkeän parametrien muutoksen seurannan. Valtaosa haastateltavista nimesi avaavan kunnossapidon mahdollistaman laitteiden tarkastelun ja sen vaikutuksen kunnossapitotoimintaan myös merkittäväksi hyödynnystavaksi.

Määräaikaisia värähtelymittauksia hyödynnetään varmistuksena laitteiden kunnossapidossa. Tulokset voivat johtaa huoltotoimenpiteisiin, mikäli värähtelyn tasot ovat riittävän korkeat, mutta haastatteluiden perusteella tämä on harvinaista. Yleisen käsityksen mukaan laitteet pysyvät pääsääntöisesti toimintakuntoisina, ja mittakierroksilla vikaantumisen havaitseminen on harvinaista. Määräaikaiset värähtelykierrokset ja niiden tulokset

eivät ole systemaattisesti kunnossapitoa ohjaavaa toimintaa. Haastatteluiden perusteella niihin liittyvää ohjeistusta ja dokumentaatiota tulisi katselmoida erityisesti OL1 ja OL2 laitoksilla.

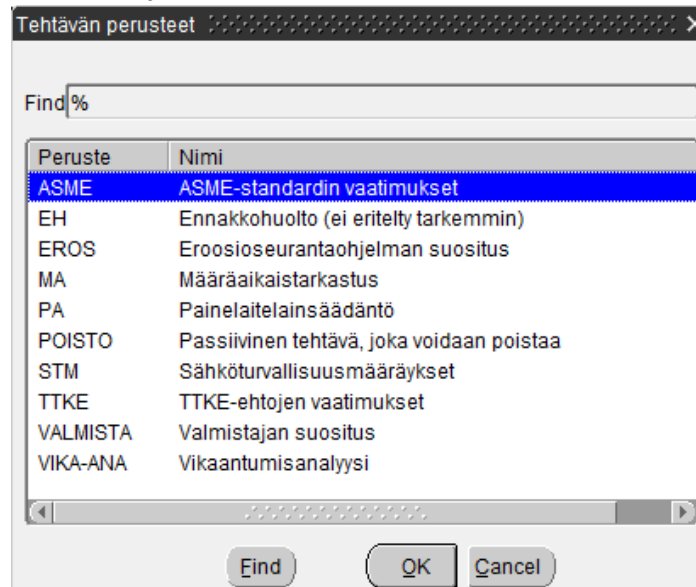
OL3-laitoksen pyörivien laitteiden ja venttiilien kunnonvalvontajärjestelmien hyödyntämiin liittyy erilaisia haasteita. Haastatteluiden perusteella järjestelmät eivät ole helposti luettavissa, sillä niiden dataa ei saada ulos laitokselta. Pyörivien laitteiden valvontajärjestelmä tuottaa oikeaa mittaustietoa ja järjestelmää kehitetään, mutta venttiilien kunnonvalvontajärjestelmä vaatii merkittäviä käyttöönottoimia, ennen kuin siitä saadaan hyödynnettävä työkalu. Merkittävä syy järjestelmien hyödynnyksen eroavaisuudessa on olemassa oleva värähtelyosaaminen kohdeyrityksessä.

Vertailemalla olemassa olevia kunnonvalvontamenetelmiä esitykseen Loviisan ydinvoimalaitoksen kunnonvalvontamenetelmistä (Fortum, 2023), voidaan todeta, ettei kohdeyrityksen menetelmissä ole merkittäviä eroavaisuuksia tai puutteita. Mahdollisiksi uusiksi kunnonvalvonnan hyödyntämistavoiksi haastatteluissa nostettiin voiteluaineiden valvonnan tehokkaampi hyödynnys. Tällä hetkellä tiettyjen laitteiden voiteluaineiden kuntoa seurataan, joka osalla ohjaa voiteluaineen vaihtoa. Toinen mahdollisuus on tuotetun prosessidatan tehokkaampi analysointi kunnonvalvonnan suorittamiseksi. Haastatteluissa tämä nostettiin mahdollisuudeksi esimerkiksi lämmönvaihtimien kunnonvalvonnassa. Laitevastaavat kirjoittavat vuosittain vastuualueiltaan laitevastuuraportteja, jotka pitävät sisällään merkittävimmät vastuualueen tapahtumat. Kunnonvalvonta-aineistoa ei hyödynnetä haastatteluiden perusteella merkittävästi näissä raporteissa. Tietojärjestelmä, johon raportti kirjataan, ei pidä sisällään varsinaista osuutta kunnonvalvontaan liittyvien asioiden kirjaamiseen. Haastattelun tuloksia voidaan arvioida eri tavoin, sillä raporteissa otetaan kuitenkin kantaa määräaikaishoitoihin ja niiden soveltuvuuteen. Kunnonvalvontadataa ei kuitenkaan systemaattisesti hyödynnetä raportointikäytännöissä.

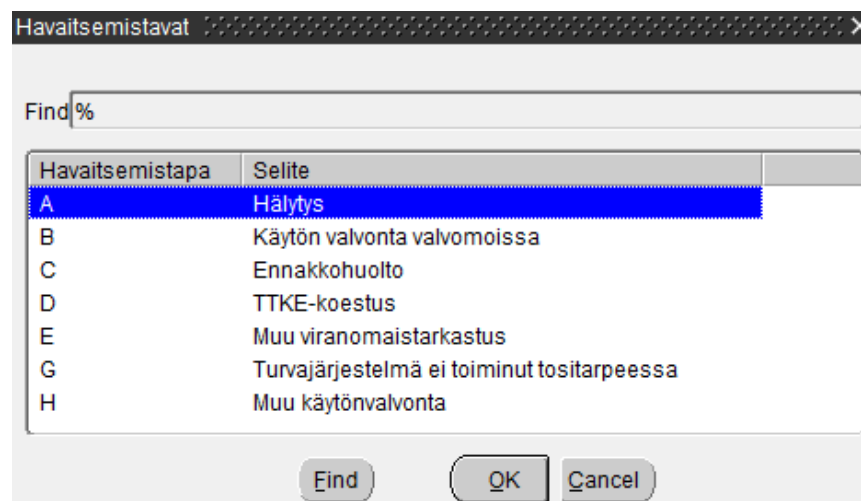
4.3 Vaikutus kunnossapitotoimintaan

Kohdeyrityksen ohjeistuksessa kunnonvalvontaa hyödyntämällä tulee laitteiden avausta vaativat huolto- ja tarkastusvälit pitää niin pitkinä, kuin on tarkoituksenmukaista kustannusten optimoimiseksi. Osalle laitteista, kunnossapitoluokka 3, on tavoitteena kuntoon perustuva kunnossapito. (TVOe, 2022) Haastatteluiden perusteella kuntoon perustuvaa kunnossapitoa ei kuitenkaan systemaattisesti harjoiteta kuin tietyillä laitteilla, joiden kunnossapitotoimintaa ohjaavat määräaikaishoitoet. Tietojärjestelmien tarkastelussa huomattiin, ettei kunnonvalvontaa ole eritelty erilliseksi perusteeksi ennakko- ja huoltotehtäville, tai vian havaitsemiseksi kunnossapidon ohjaukseen käytetyssä tietojärjestelmässä.

Kunnonvalvontaan linkittyvät toimenpiteet on yhdistetty ennakkohuoltoihin. Näitä on esitelty seuraavissa kuvissa 6 ja 7.



Kuva 6. Ennakkohuoltotehtävien perusteet



Kuva 7. Vikailmoitukseen kirjattu vian havaitsemistapa

Yksinkertainen tilastollinen tarkastelu ei varsinaisesti ole mahdollista tietojärjestelmän rakenteen vuoksi.

Aiemmin esiteltyjä kunnonvalvontamenetelmiä, poikkeuksena avaava kunnossapito, ei myöskään systemaattisesti hyödynnetä kunnossapitotoiminnan optimoinnissa, kuten ennakkohuoltovälien tarkastelussa. Syiksi tähän on esitetty resurssipuutosta, jonka takia kunnonvalvontatiedon hyödynnys ja järjestelmien käyttöönotto on edennyt haasteellisesti. Avaavan kunnossapidon kautta saadun tiedon perusteella laitevastaavien tulee arvioida ennakkohuolto-ohjelmien sopivuutta ja vaikuttaa niihin.

Kunnonvalvonnan hyödynnys kunnossapitotoiminnassa näkyy reaktiivisena toimintana. Haastatteluiden perusteella kunnonvalvonta nousee esiin, kun laiteissa havaitaan vikoja, ja tällöin kunnonvalvontaa pyritään hyödyntämään erilaisin tavoin. Yksikön suorittaman

kunnonvalvonnan koetaan vaikuttavan vähäisesti kunnossapitotoimintaan, ja kunnonvalvontatyön koetaan ajoittain olevan merkityksetöntä. Ohjeistuksen kuvaama tavoitetila toteutuu ainoastaan osittain. Siihen pyrkiminen on myös vajavaista, sillä merkittävät kunnonvalvontakeinot jäävät hyödyntämättä.

4.4 Kunnonvalvontaa hyödyntävät sidosryhmät

Tärkeimmät analyysissa havaitut sidosryhmät kunnonvalvonnan hyödyntämiselle ovat kunnossapitoyksikön mittaja-asentajat, laitevastaavat ja kunnonvalvontainsinööri. Tiimiesihenkilöt ja päälliköt eivät suoraan vastaa kunnonvalvonnan hyödyntämisestä, vaan ohjaavat toimintaa hallinnollisin toimin yksikön strategian mukaisesti. Tekniikka -toiminnossa on myös asiantuntijoita ja analyysipalveluita tarjoavia tahoja, kuten alihankkijoita, mutta heidän toimintansa ei kuulu kunnossapitoyksikön toiminnan piiriin. Osa merkittävimpien laitteiden, kuten voimalaitosten turbiinien, valvonnasta on Tekniikan vastuulla, mutta ne ovat rajattu ulos tästä työstä. Kunnossapitoyksikkö hyödyntää näitä asiantuntijapalveluita tarvittaessa.

Luvussa kolme kerrottiin, että merkittävä osa kunnonvalvonnan toteutuksesta ja hyödynnyksestä on kirjattu laitevastaavan vastuulle ohjeistuksessa. Osan tästä laitevastaavat voivat antaa toimeksi toimintovastaaville. (TVOC, 2023) Haastatteluiden perusteella tätä pystytään kuitenkin toteuttamaan hyvin rajallisesti. Eroja laitosten välillä on, mutta valtaosa laitevastaavien työstä muodostuu ennakkohuoltojen pyörittämisestä, ja vuosihuoltoihin valmistautumisesta. Mekaanisten laitteiden kunnonvalvonnan hyödyntämistä ennakkohuoltojen ja muun toiminnan optimoinnissa ei pystytä suorittamaan systemaattisesti laitevastaavien toimesta.

OL1 ja OL2 laitosten mittaja-asentajat ovat laitostensa ainoat varsinaiset kunnossapitoyksikön värähtelykunnonvalvonnan kanssa työskentelevät henkilöt, sillä mittausten lisäksi heidän vastuullaan on tulosten alustava analysointi. Mittaajat raportoivat merkittävistä muutoksista eteenpäin, ja tarvittaessa konsultoivat asiantuntijoita yksikön ulkopuolelta (TVOi, 2009). Vastuu mittaustulosten tulkinnasta on kuitenkin mittaajilla. OL3-laitoksella pyörivien laitteiden kunnonvalvontainsinööri toimii yhteistyössä mittaajan kanssa, ja tukee tulosten analysoinnissa. Kunnonvalvontainsinööri tukee myös OL3-laitoksen laitevastaavia kunnonvalvontaan liittyvissä asioissa, mikäli työtehtävät mahdollistavat sen. Ajankäyttö on kuitenkin rajallista, sillä kunnonvalvontainsinööri toimii myös laitevastaavana.

Tiimiesihenkilöt ja päälliköt kokevat saavansa pääsääntöisesti oikean määrän tietoa kunnonvalvonnasta. Kuntoon perustuvaan kunnossapitoon siirtyminen ja ennakkohoultotoiminnan optimointi tunnistetaan kuitenkin haasteelliseksi, sillä tiimien resurssit eivät mahdollista sitä. Nykyisellään henkilöstön ei koeta pystyvän systemaattiseen kunnonvalvonnan hyödyntämiseen, paitsi avaavan kunnossapidon mahdollistaman tarkastelun ja määräaikauskokeiden osalta.

Sidosryhmät kokevat, että yksikkö tukee ulkoisessa kouluttautumisessa hyvin, ja kunnonvalvontaan liittyvät ulkoiset koulutusmahdollisuudet ovat riittäviä. Tietyissä paikoissa tehtäväkohtaista perehdytystä ja ohjeistusta tulee tarkentaa ja päivittää. Osa laitevas-
taavista hyötyisi kunnonvalvontakoulutuksesta, sillä henkilöstön kokemusten mukaan se tukisi vahvasti vastuualueen laitteiden vikaantumisen ymmärtämisessä.

Sidosryhmät kokevat merkittävimpien haasteiden liittyvän systemaattiseen hyödyntämi-
seen, jonka ongelmat johtuvat henkilöstöresurssin puutteesta. Sidosryhmät kokevat, että kunnonvalvonnalta puuttuu selkeä omistajuus ja vastuutaho, joka vastaisi toiminnan koordinoinnista, tiedon hyödynnyksestä, katselmoinnista ja kehitystoiminnasta. OL3-lai-
toksen pyörivien laitteiden kunnonvalvontaa hoidetaan määrätietoisesti normaaliolosuh-
teissa, sillä siellä toiminnasta vastaa kunnonvalvontainsinööri. Henkilöstön vaihtuvuuden aiheuttamien haasteiden takia toiminta on kuitenkin ollut katkonaista.

4.5 Analyysin tulosten yhteenveto

Kunnossapitoyksiköllä on mahdollisuus useiden kunnonvalvontamenetelmien hyödyntä-
miseen. Toisessa luvussa listatuista mekaanisten kunnonvalvontamenetelmistä yleisim-
piä hyödynnetään laitteiden kunnonvalvonnassa. Poikkeuksena on venttiilien kunnon-
valvontajärjestelmä, jonka käyttö ei ole mahdollista. Hyväksi havaitut toimitavat on siir-
retty vanhoilta laitostyksiköiltä osaksi uuden laitoksen toimintaa. Olemassa olevaa kun-
nonvalvontajärjestelmää voidaan pitää kattavana. Haasteena on kuitenkin menetelmien
systemaattinen hyödyntäminen toiminnan optimoinnissa. Kunnonvalvontatiedon hyö-
dynnys laitteista raportoinnissa koettiin myös puutteelliseksi.

Nykytila-analyysissa tunnistettiin merkittävimmät kunnonvalvonnan hyödynnyksen si-
dosryhmät kunnossapitoyksikössä. Sidosryhmissä esiintyvien roolien avulla voidaan pe-
riaatteessa hyödyntää kunnonvalvontaa kattavasti. Henkilöstön vastuualueet ovat kui-
tenkin laajoja, joten toiminnan optimointi kunnonvalvontaa hyödyntäen jää usein taka-
alalle, sillä normaalit kunnossapitotoimet työllistävät sidosryhmiä. Syyksi vähäiselle hyö-
dyntämiselle nostettiin henkilöstöresurssin puutos. Henkilöstön vaihtuvuus nostettiin

myös haasteena esiin. Kunnonvalvontatoimintaa ja sen tehokasta hyödyntämistä yksikön toiminnassa vaikeuttaa myös omistajuuden puutos. Selkeää vastuullista tahoaa kunnonvalvonnalle ei yksiköstä löydy, paitsi OL3-laitoksen tiimin kunnonvalvontainsinööri.

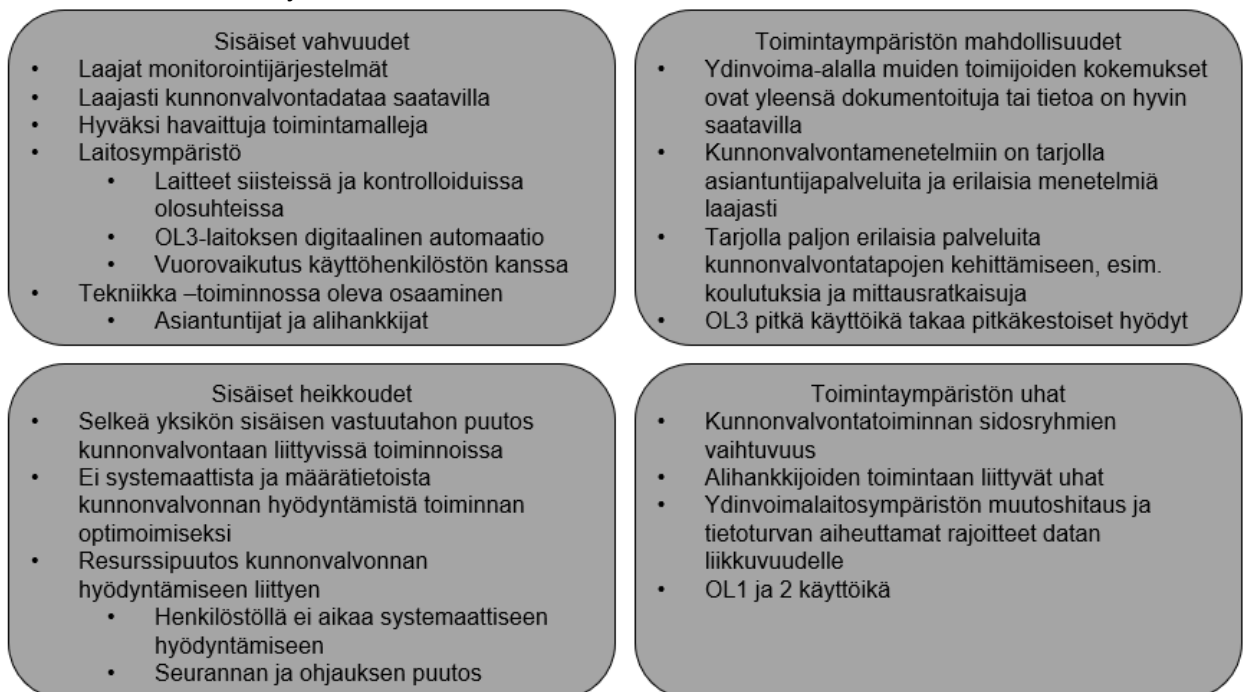
Kunnonvalvonnan ei katsota ohjaavan kunnossapidon toimintaa tai sen kehitystä merkittävästi muutamia poikkeustapauksia lukuun ottamatta. Yksikön toimintaa ohjaavat hyviksi koetut ennakkohuolto-ohjelmat. Haastatteluissa nostettiin kuitenkin esiin, että on olemassa tahtotila näiden ohjelmien haastamiseksi ja arvioimiseksi. Yksikön henkilöstö kokee myös kunnonvalvonnan kehityksen tarpeelliseksi. Haastatteluissa kukaan ei kuitenkaan nostanut esiin, miten kunnonvalvontatoimia ja niiden hyödynnyksen seuranta toteutettaisiin, poissulkien tietyt määräaikauskokeet. Toimia, joilla kunnonvalvonnan hyödynnykseen kannustettaisiin ei myöskään nimetty. Tämä on ristiriidassa osoitetun asenteen ja ohjeistuksen kanssa, sillä ohjeistus ohjaa hyödyntämään kuntoon perustuvaa kunnossapitoa. Vanhoilla laitoksilla huolto-ohjelmien haastaminen ja arviointi kunnossapitotoiminnan kokemuksista hyödyntäen on osittain aloitettu. Erityisesti uusimman laitoksen OL3 osalta elinkaaren alkupäässä tapahtuvalla määrätietoisella työskentelyllä uskotaan olevan pitkäkestoisia vaikutuksia.

5. NYKYTILAN NELIKENTTÄANALYYSI JA MEKAANISTEN LAITTEIDEN KUNNONVALVONNAN KEHITYSEHDOTUS

Viidennessä luvussa käydään läpi nykytila-analyysin perusteella tehty nelikenttäanalyysi ja mekaanisten laitteiden kunnonvalvonnan kehitysehdotus. Luvun alussa esitellään nykytila-analyysin tuloksien avulla muodostettu nelikenttä, jonka jälkeen nelikenttäanalyysin tulokset ja havainnot. Kehitysehdotus mekaanisten laitteiden kunnonvalvonnan hyödyntämiselle on koostettu nelikenttäanalyysin avulla muodostetuista ratkaisuksista, ja siinä toimenpiteitä ja niiden käytännön toteutusta on kuvattu tarkemmin.

5.1 Nykytila-analyysin tuloksista muodostettu nelikenttä

Toimintamahdollisuuksia arvioidessa voidaan käyttää nelikenttäanalyysia, jossa kokonaisuus tai osatoiminto on jaettu neljään osaan: sisäisiin heikkouksiin ja vahvuuksiin sekä ulkoisiin uhkiin ja mahdollisuuksiin. Tätä analyysia kutsutaan SWOT-analyysiksi. Analyysityökaluksi se valittiin sen yksinkertaisen rakenteen vuoksi. Alla olevassa kuvassa 8 on esitetty lähtötilana oleva nelikenttä.



Kuva 8. Nelikenttä

Tarkasteltavana toimintona on kunnonvalvonnan hyödyntäminen kunnossapitoyksikössä, ja nelikenttäanalyysin lähtötila on johdettu nykytila-analyysin tuloksista. Nelikent-

täanalyysin tarkoituksena on pohtia keinoja, joiden avulla yksikkö pystyy paremmin hyödyntämään kunnonvalvontaa mekaanisten laitteiden kunnossapitotoiminnan optimoinnissa. Systemaattisella kunnonvalvonnan hyödyntämisellä työn kontekstissa tarkoitettiin joko ennakkohuoltojen optimointia tai laitteiden kunnon tilannekuvan luomista määrätietoisesti ja toistuvalla tavalla. Tässä työssä ei tarkastella kunnonvalvonnalla saatavia kustannushyötyjä, mutta on selvää, että parhaassa mahdollisessa tilanteessa kunnonvalvonnan hyödyntäminen johtaa kunnossapitokustannusten alenemiseen, kun huoltotoimenpiteiden määrä vähenee. Kunnonvalvonta mahdollistaa myös kunnossapitoresurssien tehokkaamman hyödyntämisen.

5.2 Nelikentän sisäisten ja ulkoisten osien tarkastelu

Sisäisten heikkouksien tarkastelun perusteella kunnonvalvontatoiminnan vastuita ja rajapintoja tulee tarkastella, ja niiden määriä uudistaa. Systemaattisen kunnonvalvonnan hyödynnyksen syrjään jääminen ei johdu valvonnan puutteesta vaan resurssipuu- toksesta. Laajat monitorointijärjestelmät ovat keskeinen sisäinen vahvuus. Tätä voidaan yrittää muuttaa kahdella tapaa, joista toinen on laitevastaavien ja muun henkilöstön resurssien keskittäminen kunnonvalvonnan hyödyntämiseen. Tämä ei kuitenkaan ole järkevä vaihtoehto, sillä nykyisellään laitevastaavien työtehtävät muodostuvat ennakkohuolto-ohjelmien suunnittelusta ja toteutuksesta, sekä muista edellytyksistä huolehtimisesta. Toisena vaihtoehtona on tukea yksikköä ja sen organisaatiota lisäämällä kunnonvalvontatoimintaa tukevien resurssien määrää muin keinoin. Kunnonvalvontaan liittyvät vastuut on kuvattu myös hyvin yleisesti, mikä aiheuttaa epäselvyyttä. Määrittämällä resurssi kunnonvalvonnan hyödynnykselle ja osoittamalla tälle resurssille selkeä vastuu kunnonvalvonnan toiminnoista, pystyttäisiin myös vastaamaan vastuutahon puutteeseen. Kunnonvalvonnasta vastaavan tahon tulisi myös raportoida toiminnan etenemisestä eteenpäin, esimerkiksi tiimikohtaisesti. Tiimiesihenkilöiden tulisi pyrkiä seuraamaan kunnonvalvonnan hyödyntämistä aktiivisemmin. Yksikössä voitaisiin tarkastella kunnonvalvonnan hyödyntämiseen ohjaavia tekijöitä, jotta henkilöstön ei tarvitsisi perehtyä syvällisesti oman osaamisen ulkopuolella oleviin asioihin, vaan hyödynnys olisi yksinkertaistettua. Myös seurantaan helpottavien mittareiden käyttöönottamista tulee har- kitta.

Kunnossapidon toiminnan vastuiden jakamiseen on käytetty laitevastuualueita, joille on tekniikan alakohtaisissa tiimeissä laitevastaavia. Kunnonvalvonnan määrittely vastaavana kokonaisuutena, jolle vaadittaisiin oma vastuutahonsa, olisi selkeä tapa jäsentää ja kuvata toimintaa. Määritelty kokonaisuus selventäisi, kenelle kunnonvalvontaan liitty-

vät toiminnot kuuluvat. Vastuualue tulisi muodostaa aiemmin luvussa 3 esitetyn kunnonvalvontajärjestelmän supistetusta osuudesta. Kuten luvussa 3 on esitetty, määrittely noudattaisi ”system of systems” ajattelua. Vastaavan kokonaisuuden määrittelyä ei ole aiemmin nähty tarpeelliseksi. Syynä tähän voitaneen pitää osajärjestelmien kykyä tuottaa jonkin asteista hyötyä itsenäisesti.

Kunnonvalvonnasta vastaavan tahon vastuulla tulisi olla olemassa olevien järjestelmien hyödyntäminen kunnossapitotoiminnan optimoimiseksi ja tukemiseksi. Vastuutaho huolehtisi myös teknologisen kehityksen seuraamisesta ja kehitystoiminnan suunnittelusta ja toteuttamisesta kunnonvalvontaan liittyen. Vastuualueena kunnonvalvontajärjestelmä on haasteellinen, sillä kokonaisuutena se on monitekninen, ja muodostuu useiden erilaisten laitoskomponenttien monitoroinnista. Kunnonvalvontatiedon analysointi vaatii myös syvällistä asiantuntemusta. Järjestelmän muodostamisessa pystytään kuitenkin hyödyntämään jo vakiintuneita hyviä käytäntöjä ja osaamista yksikön ja eri toimintojen piirissä. Nykytila-analyysin perusteella on ilmeistä, että nykyinen henkilöstö ei pysty suorittamaan kunnonvalvonnan systemaattista hyödyntämistä. Kunnonvalvontaan liittyvät tehtävät ovat laajoja kokonaisuuksia, joiden sisällytys laitevastaavan nykyisiin tehtäviin ei ole mahdollista. Yksikön henkilöstön osaamisen vahvuus ei myöskään ole kunnonvalvontaan liittyvässä analysoinnissa. Tämän takia kunnonvalvontajärjestelmä vaatii sille erikseen määritetyn resurssin. Järjestelmäkokonaisuuden muodostaminen ei ole järkevää, mikäli vastuullista järjestelmän käyttäjää ei ole. Resurssipuutteeseen vastaamisessa tulisi huomioida järjestelmän moniteknisyys.

Toimintaympäristön uhista sidosryhmien vaihtuvuus on haitannut nykytila-analyysin perusteella kunnonvalvonnan kehitystoimintaa, joka on ollut vaihtuvuuden takia katkonaista. Useamman toimijan muodostama vastuutaho ei ole yhtä altis normaalille henkilöstön vaihtuvuudelle, ja kehitystoiminta pystyisi jatkumaan muutoksista huolimatta. Vaihtuvuuden syitä voitaisiin myös tarkastella vertailemalla toimintaan ulkopuolisten tahojen kanssa, jotta mahdolliset haasteet pystyttäisiin tunnistamaan. Alihankkijoihin liittyvillä uhilla tarkoitetaan normaaleja ja yleisiä riskejä, joita alihankintaan liittyy, kuten kustannusmuutoksia tai palveluiden tarjonnan muutoksia. Asiantuntijuus yksikön omassa henkilöstössä pystyy palvelemaan yksikön omia tarpeita tehokkaasti.

OL3-laitos on uusi, jossa kunnossapidon organisaatio on murrosvaiheessa. Laitoksen käyttöikä mitataan kuitenkin useissa vuosikymmenissä, ja alkuvaiheessa aloitettu määrätietoinen kunnonvalvonnan hyödyntäminen tuottaa pitkällä ajalla hyötyä. Vanhempien laitosten OL1 ja OL2 käyttöikään liittyy epävarmuutta. Tällä hetkellä laitoksilla on käyttöluva vuoteen 2038 asti (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2018). Kunnonvalvonnan hyödyntämisen suunnittelussa tulee huomioida laitosten käyttöikään liittyvät tekijät. Kunnonvalvonnan

hyödyntämisellä saatavat kustannushyödyt muodostuvat vähentyneiden kunnossapito-toimenpiteiden aiheuttamista säästöistä. Laitekohtaista tarkastelua tulee suorittaa, jotta pystytään arvioimaan, millainen hyödynnystoiminta on järkevää suhteutettuna jäljellä olevaan käyttöikään.

5.3 Kunnanvalvonnan kehitysehdotuksen rakenne

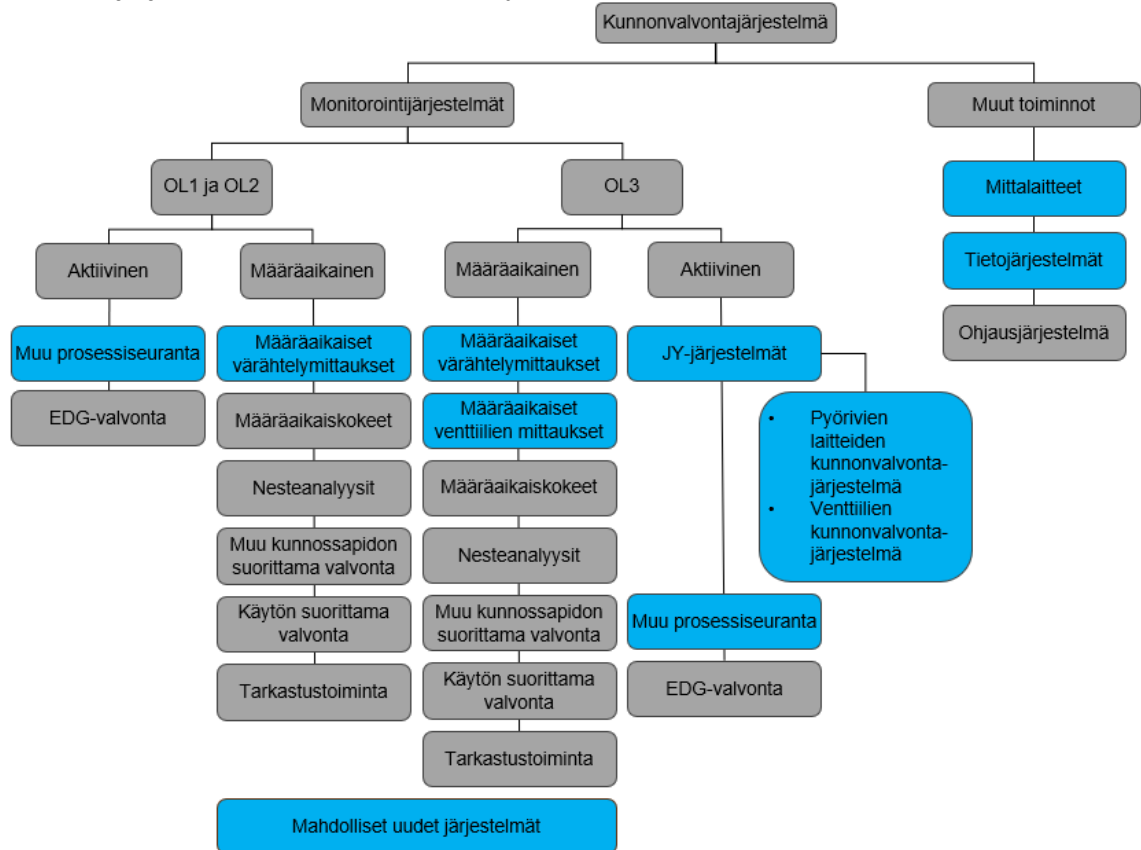
Kehitysehdotuksessa esitetään mekaanisten laitteiden kunnanvalvonnan kehitystoimenpiteet, joiden avulla kunnanvalvontaa pystytään paremmin hyödyntämään kunnossapitotoiminnassa ja sen optimoinnissa. Ehdotus pyrkii vastaamaan neljänteen tutkimuskysymykseen. Kehitystoimenpiteiden avulla kunnossapitoyksikkö pystyy paremmin noudattamaan kunnossapitostrategiaansa, ja vastaamaan sen tavoitteisiin. Tavoitteita ovat huolto- ja tarkastusvälien tarkoituksen mukainen pituuden kasvatus, toimenpiteiden kohdennus merkittäville laitepaikoille, turhien toimenpiteiden välttäminen, tietojen tehokas hyödynnys ja avoimuus ja pitkän tähtäimen kunnossapitokustannusten optimointi. (TVOe, 2022)

Kehitysehdotuksen ydin on seuraava: Sähköntuotanto -toiminnon kunnossapitoyksikön tulisi määrittää kunnanvalvontajärjestelmänsä vastaavalla tavalla kuin luvussa 3. Järjestelmälle tulee myös määrittää vastuullinen taho yksikön sisältä. Järjestelmän määrittelyn avulla yksikön tarpeet pystytään tunnistamaan. Määrittely auttaa vastuiden jakamisessa ja muodostaa perustan systemaattiselle hyödyntämiselle. Kunnanvalvontajärjestelmän tarkastelu kokonaisuutena auttaa myös hahmottamaan sen ominaisuuksia yksinkertaisesti. Tämä mahdollistaa tehokkaamman toiminnanohjauksen. Hyvin suunniteltu ja määritelty kunnanvalvontajärjestelmä pystyy tuottamaan haluttua kunnanvalvontatietoa, jota pystytään hyödyntämään tehokkaasti. Määritelmässä vastuut ja roolit ovat myös selkeästi määritetty. Ehdotus on jäsennelyt osiin, joissa esitetään ehdotettu kuvaus itse järjestelmälle ja esitetään tarkemmin ratkaisuja kehitystarpeisiin.

Järjestelmän käyttöönotto ja sisällytys yksikön toimintaan alkaisi kuvaamalla järjestelmä ja sen tavoitteet kohdeyrityksessä. Kuvauksen jälkeen järjestelmä jaettaisiin hallittaviin kokonaisuuksiin, joitten tehtävät kuvattaisiin. Tehtävien resurssitarpeet tulisi arvioida ja niille nimettäisiin vastuulliset. Käytännössä tämä tarkoittaisi jo olemassa olevien kokonaisuuksien yhteensovittamista. Uusia teknisiä ratkaisuita ei jouduttaisi toteuttamaan, vaan kyse on uusien käytäntöjen luomisesta.

5.4 Kunnonvalvontajärjestelmän kuvaus

Kunnossapitoyksikön kunnonvalvontajärjestelmä on tarkoitettu kunnonvalvontatiedon tuottamiseen ja hyödyntämiseen. Kunnossapitojärjestelmän tarkoituksena on tuottaa monitorointijärjestelmien ja muiden toimintojen avulla hyötyä, kuten kuntotietoa, jonka avulla pystytään ohjaamaan kunnossapidon toimintaa tavoitteiden mukaisesti. Kunnonvalvontajärjestelmän kuvaus on esitetty alla.



Kuva 9. Kunnossapitoyksikön kunnonvalvontajärjestelmä

Kunnonvalvontajärjestelmä muodostuu monitorointijärjestelmistä ja muista toiminnoista. Kuvassa 9 harmaalla merkityt osuudet ovat kokonaan tai osittain muiden tahojen vastuulla laitoksilla, esimerkiksi käyttöorganisaatio vastaa määräaikauskokeiden suorittamisesta ja tiedon välittämisestä kunnossapitoyksikölle. Järjestelmästä vastaava taho huolehtii tulosten hyödyntämisestä, esimerkiksi koostaen ne raportiksi, silloin kun ne eivät kulje suoraan laitevastaaville. Sinisellä merkityt osuudet ovat selkeästi kunnonvalvontajärjestelmän vastuutahon toimenkuvaan kuuluvia osia.

Kunnonvalvontajärjestelmän vastuullisten tulee hyödyntää kertynyttä kunnonvalvontatietoa tehokkaasti ja tukea sen avulla kunnossapitoyksikön tiimejä. Kunnonvalvontatiedon tulee olla helposti niitä tarvitsevien osapuolten – käyttö, kunnossapito, tekniikka, turvallisuus – käytettävissä ja arvioitavissa. Tämä tarkoittaa esimerkiksi määräaikaisten värähtelykierrosten tulosten koostamista laitevastaavalle helpommin käytettävään muotoon.

5.5 Järjestelmän vastuukuvaukset

Kunnonvalvontajärjestelmä tarvitsee vastuullisen tahon, jonka tehtävänä on käyttää järjestelmää sen tarkoituksen mukaisesti. Normaalisti laitevastuualueet ovat jakautuneet vanhojen ja uuden laitoksen välillä kahtia. Kunnonvalvontajärjestelmän tulee kuitenkin olla vähintään osittain koko kunnossapidon toimintaa tukeva, eli kaikille laitostyöyksiköille jakautunut vastuualue. Tällöin hyödyt ja hyvät toimitavat kulkevat saumattomammin laitosten tiimien välillä, ja toiminta yhtenäistyy. Myös tiedonkulku ja kunnonvalvonnan näkyvyys parantuu. Kunnonvalvontatahon tulee kuitenkin olla selkeästi myös yksittäisten laitosten toiminnassa mukana, sillä laitokset eroavat toisistaan iän ja teknisten ratkaisuiden osalta ja liian yleinen tarkastelu ei tuota hyötyä laitostyöyksiköille. Haastatteluiden perusteella henkilöstö uskoo, että kunnonvalvontatahon tulee olla osittain mukana normaalissa kunnossapitotoiminnassa, jota kunnossapitosuunnittelu on realistista ja ottaa huomioon erinäiset turvallisuuteen liittyvät rajoitukset.

Koska laitoksia on useita ja kunnonvalvontajärjestelmä muodostuu eri komponenttien monitorointijärjestelmistä, järjestelmän vastuutahon tulee muodostua useammasta asiantuntijasta. Venttiilien kunnonvalvonta ja kunnossapito eroavat merkittävästi värähtely- ja voiteluainevalvonnasta ja pyörivien laitteiden kunnonvalvonnasta, joten järjestelmästä voidaan tunnistaa kaksi osakokonaisuutta. Vanhemmilla laitoksilla venttiilien kunnonvalvonta muodostuu avaavan kunnossapidon avulla suoritettavasta tarkkailusta, jota suorittavat huoltohenkilöstö ja laitevastaavat. OL3-laitoksella on kuitenkin omat aktiiviset ja määräaikaikaiset järjestelmänsä venttiilien kunnonvalvontaan, mutta osa niistä vaatii käyttöönottoimia. Venttiileistä vastaavan tahon tulee aloittaa tämä käyttöönotto. Pyörivien laitteiden osakokonaisuus voidaan jakaa myös kahtia, sillä OL3-laitoksen värähtelyvalvonta on monipuolisempaa, mitä vanhoilla laitoksilla. Osakokonaisuuksia on siis yhteensä kolme: OL3 venttiilien valvonta, sekä pyörivien laitteiden kunnonvalvonnan kaksi osuutta. Osakokonaisuuksista vastaavat valvoisivat järjestelmiä ja käyttäisivät niitä tiedon ja hyödyn tuottamiseen. Tulevaisuudessa venttiilien valvonnan hyödyntämistä tulee käyttökokemuksien mukaan soveltaa koko kohdeyrityksen kunnossapitotoiminnassa.

Kunnonvalvontajärjestelmä sisältää myös uudet mahdolliset kunnonvalvontajärjestelmät. Jo olemassa olevien monitorointijärjestelmien hyödynnys jakautui kolmeen osakokonaisuuteen. Kunnonvalvontatoimintaa tulee kuitenkin kehittää ja katselmoida siinä missä muutakin toimintaa, jotta varmistutaan menetelmien ajankohtaisuudesta ja järkevästä käytöstä. Tämä kehitystoiminta sisältää myös uusien järjestelmien ja menetelmien käyttöönoton ja sen käytön suunnittelun. Toiminnan koordinoiminen ja valvonnan vastuu tulee myös keskittää tietyille taholle. Näistä pystytään muodostamaan neljäs osakokonaisuus.

Osakokonaisuuksia voidaan pitää työnkuvina, joista vastaa kunnonvalvontainsinööri. OL3-laitoksen mekaanisen kunnossapidon tiimissä on jo olemassa vastaava rooli. Muutkin osajärjestelmistä vastaavat tulisi sijoittaa laitosten tiimeihin, jotta yhteys muuhun kunnossapitotoimintaan ja -henkilöstöön on vahvempi. Määritelty kunnonvalvontainsinöörin rooli vapauttaisi tiimiesihenkilöiden ja erityisesti laitevastaavien resursseja keskittymään muuhun kunnossapitotoimintaan. Tällä hetkellä erityisesti OL3 mekaanisen kunnossapidon tiimi hyötyisi tästä resurssituesta. Kehitystoiminnalle on olemassa myös oma organisaationsa, kunnossapidon tuki, johon kehitykseen liittyvä rooli voitaisiin sijoittaa. Vaihtoehtona roolien sijoitukselle voidaan pitää suurempaa organisaatiomuutosta, jossa kunnonvalvonnalle perustettaisiin oma tiiminsä. Tämä vaatii kuitenkin merkittäviä muutoksia organisaatorakenteessa, joten olisi yksinkertaisempaa hyödyntää olemassa olevaa rakennetta. Vaihtoehtoa voidaan kuitenkin arvioida. Vastaavan kaltaiseen, yksikön yhteiseen tiimirakenteeseen siirtymistä tulevaisuudessa tulee myös alkaa arvioimaan vaihtoehtona. Kunnonvalvonnan osakokonaisuuksista vastaavan henkilöstön toiminnan ohjaukseen pystytään myös soveltamaan jo olemassa olevia pienryhmäkäytäntöjä, joita koko konsernin toiminnoissa käytetään. Kunnonvalvontajärjestelmän muodostamisessa yksikön tiimien ja eri toimintojen edustajien tulee tehdä yhteistyötä, jotta uudet yhteiset toimitavat ja kuvaukset palvelevat jokaista sidosryhmää.

Kunnonvalvonnan vastaavien tehtäviin itse tiedon hyödyntämisen ja käytön suunnittelun lisäksi kuuluu myös yksikön sidosryhmien tietämyksen lisääminen, esimerkiksi koulutustarpeiden arviointi ja dokumentaation, kuten ohjeistuksen ylläpito ja kehitys. Työnkuvaan kuuluu myös kunnossapidon mittalaitteista ja kunnonvalvonnan tietojärjestelmissä huolehtiminen. Kaikessa toiminnassa tulee tehdä yhteistyötä muiden sidosryhmien kanssa, sillä osajärjestelmät eivät ole pelkästään kunnossapidon käytössä. Rajapinnoista ja vastuista tulee tarpeen vaatiessa sopia tarkemmin.

5.6 Järjestelmän hyödynnys kunnossapitosuunnittelussa

Kunnonvalvontajärjestelmän käytön tulee tukea huolto- ja tarkastusvälien tarkoituksen mukaisessa pituuden kasvatuksessa, toimenpiteiden oikeassa kohdennuksessa ja kunnossapitokustannusten optimoinnissa. Laitosten kunnossapitotoiminta on luotettavuuskeskeisesti optimoitua. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito on kuitenkin jatkuva prosessi, ja kunnonvalvonta pystyy tukemaan tässä. Kunnonvalvontatiedon hyödynnys näkyy kunnossapitosuunnittelussa keskeisimmin perusteluna huollon tarpeellisuudelle tai tarpeettomuudelle. Lisäksi kunnonvalvonnan avulla voidaan perustella huoltoajankohtia ja -välejä. Tilannekuvaa laitteiden kunnosta pystytään myös muodostamaan, ja tätä varten kunnonvalvontaraportoinnin käytäntöjä tulee kehittää yksikössä.

Huoltojen optimoinnissa kunnonvalvontaa pystytään hyödyntämään asteittain. Aikaan perustuva kunnossapito voidaan korvata täysin siirtymällä kuntoon perustuvaan kunnossapitoon. Turvallisempi vaihtoehto on huoltojen yksinkertaistaminen. Tämä voidaan tehdä korvaamalla toimenpiteitä valvonnalla. Kunnonvalvonnan merkitystä kunnossapitotoiminnan ohjaukselle tulee tarkastella laitepaikkakohtaisesti. Joko muutetaan kunnossapitotyöliä, tai keskitytään luotettavuuden kasvatukseen. Tämä riippuu laitteen merkityksestä laitosten käytölle. Laitteen luotettavuutta pystytään parantamaan lisäämällä valvontaa, mutta tällöin tulee punnita saatu hyöty kustannuksia vasten. Tämä pätee erityisesti, jos harkitaan siirtymistä aktiiviseen valvontaan. Kunnonvalvonnan avulla ei siis välttämättä saavuteta kustannushyötyjä, vaan olemassa olevat kunnossapitoresurssit kohdistetaan paremmin ja luodaan parempaa tilannekuvaa laitteen kunnosta. OL3 kaltaisella laitoksella, jossa ennakkohuoltopaketit ovat merkittäviä, tällä saavutetaan suuret hyödyt, kun käytössä olevat resurssit ovat rajallisia. Valvonnan avulla pystytään myös kohdistamaan laitoksen turvallisuuden ja käytettävyyden kannalta tärkeille laitepaikoille oikeita toimenpiteitä optimitilanteessa. Kohdeyrityksellä on aiempaa kokemusta kuntoon perustuvan kunnossapidon pilotoinnista, ja tätä tulee hyödyntää, kun järjestelmän avulla toteutetaan huolto-ohjelmien muutoksia.

Jotta järjestelmää pystytään hyödyntämään tehokkaasti kunnossapitosuunnittelussa, tulee olemassa olevaa ohjausjärjestelmää kehittää. Nykyisellään ohjaukseen käytetty tietojärjestelmä, josta kuvat 6 ja 7 ovat, ei mahdollista tehokasta tarkastelua. Järjestelmään tulisi pyrkiä lisäämään tarkemmat kuvaukset ennakkohuoltotehtävien perusteille ja vikaantumisten havainnoille, jotta tilastollinen tarkastelu mahdollistetaan. Yksinkertaisimmillaan perusteiksi ennakkohuoltotehtäville voitaisiin kirjata kunnonvalvonnan havaitsema toteutunut tai alkava toimintakyvyn alenema. Vian havaitsemismenetelmäksi tulisi pystyä kirjaamaan kunnonvalvonta, jotta vikailmoituksia voitaisiin käydä tehokkaasti läpi kunnonvalvonnan merkittävyyden tarkastelussa. Kunnonvalvontajärjestelmän vastaavien tulee suunnitella ja auttaa kehitystoimien toteuttamisessa yhdessä muun henkilöstön kanssa. Vastaavan kaltainen muutos ohjausjärjestelmässä mahdollistaisi myös mittarit, joiden avulla voitaisiin tarkastella kuntoon perustuvan kunnossapidon vaikutusta ja sen hyödynnystä kunnossapidon toiminnasta. Esimerkkimittareita olisivat suhde vikaantumisten ja ennalta havaittujen vikaantumisten välillä, suhde kuntoon perustuvien kunnossapito- ja ennakkohuolto-ohjelmien välillä ja suhde näistä aiheutuvien kustannusten välillä.

6. YHTEENVETO

Tässä diplomityössä tutkittiin kohdeyrityksen kunnossapitoyksikön mekaanisten laitteiden kunnonvalvonnan hyödyntämistä Olkiluodon ydinvoimalaitoksella. Kunnonvalvonnan hyödynnyksen nykytilanteen selvityksen avulla vastattiin seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Mitä mekaanisten laitteiden kunnonvalvonnassa hyödynnettävää dataa on saatavilla?
2. Miten kunnonvalvonnan menetelmiä ja dataa hyödynnetään systemaattisessa kunnossapitosuunnittelussa?
3. Ovatko kunnonvalvontaan liittyvät roolit, vastuut ja osaaminen riittävällä tasolla kunnossapito-organisaatiossa?
4. Miten kunnonvalvonnan hyödynnys saadaan yksikön tavoitteiden mukaiseksi?

Työn toisessa luvussa esitelty yleinen viitekehys kunnossapitotoiminnalle taustoittaa nykytila-analyysia, joka pyrkii vastaamaan kolmeen ensimmäiseen tutkimuskysymykseen. Nykytila-analyysin tuloksia on esitelty neljännessä luvussa. Siinä listataan erilaiset menetelmät, joita kunnossapitoyksikön mekaaniset tiimit voivat hyödyntää kunnonvalvonnassa. Nykytila-analyysi osoittaa myös, kuinka kunnonvalvonnan hyödyntäminen on hyvin reaktiivista. Kunnossapitotoiminnan ohjaus perustuen laitteiden kuntotietoon on vähäistä. Tätä aiheuttavat kuitenkin useat erilaiset rajoitteet ja vaatimukset laitteiden käytettävyydelle ydinlaitoksilla ja erityisesti ydinvoimalaitoksilla. Kunnonvalvonnan hyödyntämisen merkittävämpänä haasteena on kuitenkin yksikössä oleva resurssipuutos. Yksikön sisäisesti kunnonvalvonnalle ei ole selkeää vastuutahoa, ja osittaista omistajuuden puutosta voidaan havaita. Nykytila-analyysin tulokset vastaavat kattavasti ensimmäiseen kolmeen tutkimuskysymykseen.

Työn viides luku muodostuu nelikenttäanalyysistä ja sen tulosten avulla laaditusta kehitysehdotuksesta. Nelikenttäanalyysissä muodostetaan ja pohditaan toimenpiteitä, joiden avulla hyödynnyksen taso saataisiin yksikön tavoitteiden mukaiseksi. Nelikenttäanalyysin tuloksista johdettiin mekaanisten laitteiden kunnonvalvonnan kehitysehdotus, jossa esitetään kunnonvalvontajärjestelmän määrittelyä erilliseksi vastualueeksi. Kehitysehdotus on vastaus neljänteen tutkimuskysymykseen. Ehdotuksessa esitetään myös, että järjestelmälle ja erinäisille osakokonaisuuksille tulisi määrittää vastuutaho. Yksikön nykyinen henkilöstö ei kuitenkaan pysty käyttämään hyväksi määritelmän mukaista kunnonvalvontajärjestelmää, ja yksikön tueksi vaaditaan lisäresurssia. Kunnonvalvontajärjestelmän vastaavien tehtävänä on kunnossapitoyksikön tukeminen systemaattisella ja tehokkaalla kunnonvalvonnan hyödyntämisellä.

Kunnonvalvontajärjestelmän tunnistus ja määrittely auttavat yksikköä paremmin saavuttamaan kunnonvalvonnan tarjoamat hyödyt, kuten kunnossapitotoiminnan kustannussäästöt ja kattavan tilannekuvan laitteiden kunnosta. Yksikkö pystyy myös ohjaamaan yksinkertaistetun rakenteen omaavan järjestelmän käyttöä tehokkaammin, kuin useiden pienempien osakokonaisuuksien. Järjestelmän ja sille vastuullisten määrittelyn on myös tarkoitus estää toimintojen henkilöitymistä, ja luoda pysyvä tuki yksikölle.

Tässä työssä muodostettiin kunnossapitoyksikölle toimintaa ohjaavia ja organisatorisia kehityskeinoja, jotka mahdollistavat tehokkaamman kunnonvalvonnan hyödynnyksen. Työssä otettiin melko yleisesti kantaa erilaisiin hyötyihin, joita kunnonvalvonnalla saadaan. Tarkempaa tarkastelua tulee tehdä vähintään seuraavista asioista: kunnonvalvonnan taloudelliset hyödyt, seuranta- ja raportointikäytännöt, kunnonvalvonnan näkyvyys ohjausjärjestelmissä, huolto-ohjelmien arviointi ja optimointi, sekä olemassa olevien kunnonvalvontajärjestelmien kehitys ja käyttöönotto. Erityisesti kustannusten ja huolto-ohjelmien tarkastelu mahdollistaisi näkyvän hyödyn tuottamisen. Näiden avulla pystyttäisiin myös arvioimaan käyttöönotetun kunnonvalvontajärjestelmän toimintaa.

LÄHTEET

- Adams, M. L. (2010). Rotating machinery vibration : from analysis to troubleshooting. Boca Raton. Taylor & Francis. Vol. 2. (Viitattu 17.5.2024)
- Felt, A. (2011). System description JYV valve diagnosis system. TVO:n julkaisematon dokumentti. (Viitattu 17.5.2024)
- Flores, C. A., Heuser R. E., Sales J. R. & Smith A. M. (1992). Lessons learned from evaluating launch-site processing problems of Space Shuttle payloads. Annual Reliability and Maintainability Symposium 1992 Proceedings, s.259–65. IEEE (Viitattu 15.5.2024)
- Fortum. (2023). Julkaisematon diaesitys kunnonvalvontamenetelmistä Loviisan voimalaitoksella. (Viitattu 6.9.2024)
- Hirsijärvi, S. & Hurme, H. (2022) Tutkimushaastattelu: teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki. Gaudeamus. (Viitattu 3.7.2024)
- Høyland, A. & Rausand, M. (2004) System reliability theory models and statistical methods. 2nd ed. New York: J. Wiley. (Viitattu 14.5.2024)
- IAEA-TECDOC-1590. 2007. Application of Reliability Centred Maintenance to Optimize Operation and Maintenance in Nuclear Power Plants (Viitattu 17.5.2024) Saatavissa http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1590_web.pdf
- INCOSE. (2023). INCOSE Systems Engineering Handbook. Wiley. Vol. 5. (Viitattu 24.5.2024)
- International Organization for Standardization. (2019). Systems and software engineering — System of systems (SoS) considerations in life cycle stages of a system, ISO/IEC/IEEE 21839. (Viitattu 24.5.2024)
- Kobbacy, K. A. H. & Murthy, D. N. P. (2008). Complex System Maintenance Handbook. London. Springer Verlag London Limited (Viitattu 17.5.2024)
- NASA. (2008). Reliability Centered Maintenance – Guide (Viitattu 17.5.2024) Saatavissa <http://www.hq.nasa.gov/office/codej/codejx/Assets/Docs/NASARCMGuide.pdf>
- Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. (2017). Maintenance terminology, SFS-EN 13306, Maintenance (Viitattu 14.5.2024)
- Smith, M. A. & Hinchcliffe R. G. (2004). RCM--Gateway to World Class Maintenance. Elsevier Inc. (Viitattu 15.5.2024)
- Sturm, F. A. (2003). Efficient Operations – Intelligent Diagnosis and Maintenance of Plants. Essen, Germany. VGB PowerTech Service GmbH. (Viitattu 16.5.2024)
- Teollisuuden Voima Oyj:n kotisivut. Verkkosivu. (Viitattu 20.5.2024) Saatavissa

<https://www.tvof.fi/index.html>

Tiainen, T. (2014). Haastattelu tietojenkäsittelytieteen tutkimuksessa. Tampereen yliopisto. (Viitattu 3.7.2024)

TVOa. (2023). Organisaatiokäsikirja. TVO:n julkaisematon asiakirja, numero 105480. (Viitattu 21.5.2024)

TVOb. (2021). Kunnossapidon toimintaohje. TVO:n julkaisematon asiakirja, numero 103529. (Viitattu 22.5.2024)

TVOc. (2023). Laitevastuun sisältö. TVO:n julkaisematon asiakirja, numero 108550. (Viitattu 22.5.2024)

TVOd. (2020). Kunnossapitoyksikön OL1-OL2-OL3 toimintamalli ja -suunnitelma. TVO:n julkaisematon asiakirja, numero 171809. (Viitattu 23.5.2024)

TVOe. (2022). Systemaattisen kunnossapitosuunnittelun periaatteet. TVO:n julkaisematon asiakirja, numero 114208. (Viitattu 23.5.2024)

TVOf. (2023). OL3 RCM -diaesitys. TVO:n julkaisematon asiakirja. (Viitattu 23.5.2024)

TVOg. (2023). Kunnossapitotöiden ohjaus. TVO:n julkaisematon asiakirja, numero 185980. (Viitattu 23.5.2024)

TVOh. (2009). Pyörivien laitteiden määräaikaiset värähtelymittaukset. TVO:n julkaisematon asiakirja, numero 103537. (Viitattu 24.5.2024)

TVOi. (2009). Mittaajan ohje. TVO:n julkaisematon asiakirja, numero 133060. (Viitattu 3.7.2024)

Työ- ja elinkeinoministeriö. (2018) Olkiluoto 1:n ja 2:n käyttöluopa. Verkkosivu. (Viitattu 9.7.2024) Saatavissa

<https://tem.fi/olkiluoto-1-ja-2-kayttolupa>

Työtä varten haastatellut henkilöt:

- Aro, Mikko. Koneasentaja
- Burjam, Marko. Tiimiesihenkilö
- Elgström, Tommi. Kunnossapitoteknikko
- Heikkinen, Ossi. OL3 Kunnossapitopäällikkö
- Kuusijärvi, Jarmo. Koneasentaja
- Perhe, Mikko. Kunnossapitoinsinööri
- Rantala, Jesse. Kunnossapitoinsinööri
- Savolainen, Tomi. Yksikköpäällikkö
- Sillanpää, Jarkko. Tiimiesihenkilö

- Suoniemi, Sauli. OL1 ja OL2 Kunnossapitopäällikkö
- Tupala, Tomi. Kunnossapitoinsinööri
- Valtonen, Joni. Asiantuntija
- Wihlman, Tom. Kunnossapitoinsinööri
- Ylivainio, Tuomas. Kunnossapitoinsinööri.

Haastattelut käytiin välillä 4.4.-26.6.2024.

LIITE A: MITTAAJA-ASENTAJIEN HAASTATTELUKYSYMYKSET

Mekaanisen kunnossapidon mittaaaja-asentajille esitetyt kysymykset:

Kunnonvalvonnan näkyvyys työssäsi

- Millaiseksi koet nykyisen mallin, jossa asentaja mittaa ja raportoi trendin muutoksesta työnjohdolle ja/tai laitevastaavalle?
- Miten muuttuneeseen trendiin reagoidaan?
- Kenelle tieto trendin muutoksesta kulkeutuu?
- Onko työnkuvasi mittaaaja-asentajana määritelty selkeästi?

Kunnonvalvonnan hyödyntäminen kunnossapitoyksikössä

- Omaatko aikaisempaa kokemusta kunnonvalvontatoiminnasta?
- Onko kunnossapidon toiminta liittyen kunnonvalvontaan Olkiluodossa tehokasta?
- Koetko, että KU-organisaatio hyödyntää kunnonvalvontaa tarpeeksi?
- Koetko, että keräämäsi data, kokemus ja muu tieto laitteiden kunnosta vaikuttaisi huoltotoimenpiteisiin tai kunnossapitotoimintaan?

Kunnonvalvontatoimien katselmointi kunnossapitoyksikössä

- Oletko vienyt havainto liittyen määräaikaisiin mittauksiin eteenpäin, esim. liittyen mittausväleihin?
- Millaisella tasolla koet määräaikaisten mittausten ylläpidon olevan?
- Miten määräaikaisten mittausten säännöllinen ”ylläpito” voitaisiin hoitaa tehokkaammin/paremmin?
- Onko vastuu katselmoinnista määritelty selkeästi?

Kunnonvalvonnan kehittäminen kunnossapitoyksikössä

- Millainen kehitys palvelisi sinua työssäsi?
- Miten kunnonvalvontaan liittyviä toimia voitaisiin parantaa KU-organisaatiossa?
- Tuleeko mieleen mitään kehitysehdotuksia liittyen kunnonvalvontaan?

LIITE B: KUNNONVALVONTAINSINÖÖRIN HAASTATTELUKYSYMYKSET

Kunnonvalvonnan näkyvyys työssäsi

- Oletko laitevastaavana ja kunnonvalvontainsinöörinä laatinut kunnonvalvontaohjelman laitevastuualueellesi? Jos et ole, oletko tarkastellut sitä yksityiskohtaisemmin?
- Oletko tarkastellut tai laatinut muiden laitevastuualueiden kunnonvalvontaohjelmia?
- Mihin kunnonvalvontaohjelmat perustuvat?
- Minkälaisen kunnonvalvonta-toimenpiteiden toimeksiannoista vastaat?
- Toteutuuko varaosina olevien koneikkojen/vaihtokomplettien varastoinnin aikainen kunnonvalvonta?
- Koitko mallin, jossa mittaaaja mittasi ja raportoi trendin muutoksesta / ongelmista sinulle hyväksi?
- Miten tieto laitteiden kunnosta kulkee kauttasi toisille laitevastaaville / muille sidosryhmille?

Kunnonvalvonnan hyödyntäminen kunnossapitoyksikössä

- Omaatko aikaisempaa kokemusta kunnonvalvontatoiminnasta? Jos omaat, pohdi, onko kunnossapidon toiminta Olkiluodossa tehokasta?
- Kuvaile omin sanoin, miten kunnossapito-organisaationa hyödyntää kunnonvalvontaa?
- Onko organisaatiolla valmiuksia hyödyntää kunnonvalvontaa tehokkaammin?
- Miten kunnonvalvonnan tuloksia hyödynnetään laitevastuuraporttien laatimisessa, ja voisiko niiden hyödyntäminen olla tehokkaampaa?
- Kokisitko laitevastaavan hyötyvän selonteosta, esimerkiksi värähtelymittausten yhteenvedosta, joka kommentoisi laitevastuualueen laitteiden kuntoa?
- Hyödynnetäänkö kunnonvalvontaa tehokkaasti ennakkohuolto-ohjelmien suunnittelussa?
- Miten pyritään kunnossapitoluokka 3 osalta kuntoon perustuvaan kunnossapitoon?

- Tulisiko kunnonvalvonnan hyödyntämiselle määritellä selkeämmät vastuut ja rajapinnat?

Kunnonvalvontatoimien katselmointi kunnossapitoyksikössä

- Katselmoidaanko kunnonvalvontatoimintaa riittävästi, jotta turhia toimenpiteitä vältettäisiin?
- Mitataanko jotain liikaa / liian vähän?
- Mitataanko oikeita asioita?
- Ovatko mittauksen piiriin valitut laitteet järkeviä?
- Ovatko työn suoritukseen liittyvät ohjeet ajan tasalla ja riittäviä?
- Millaisella tasolla koet määräaikaisten mittauksen ylläpidon olevan?
- Miten määräaikaisten mittauksien säännöllinen ”ylläpito” voitaisiin hoitaa tehokkaammin/paremmin?
- Ovatko kunnonvalvontaan liittyvät ohjelmistot ajantasaiset?
- Tulisiko kunnonvalvonnan katselmoinnille määritellä selkeämmät vastuut ja rajapinnat?

Kunnonvalvonnan kehittäminen kunnossapitoyksikössä

- Millainen kehitys palvelisi sinua työssäsi?
- Tulisiko kunnonvalvontaan liittyvää ohjeistusta ja perehdytystä kehittää?
- Olisiko tarpeellista tarkastella laitejoukkoja / laitevastuualueita, jotta voitaisiin selvittää niiden kunnonvalvonnan sopivuutta ja kehittää sitä?
- Koetko, että sinulla olisi aikaa tämän kaltaiselle kehitystyölle?
- Kenen vastuulle tämänkaltaisen kehitystyö kuuluisi?

LIITE C: MEKAANISEN KUNNOSSAPIDON LAITEVASTAAVIEN HAASTATTELUKYSYMYKSET

Kunnonvalvonnan näkyvyys työssäsi

- Oletko laitevastaavana laatinut kunnonvalvontaohjelman laitevastuualueellesi? Jos et ole, oletko tarkastellut sitä yksityiskohtaisemmin?
- Mihin kunnonvalvontaohjelmat perustuvat?
- Minkälaisen kunnonvalvonta-toimenpiteiden toimeksiannoista vastaat?
- Toteutuuko varaosina olevien koneikkojen/vaihtokomplettien varastoinnin aikainen kunnonvalvonta?
- Koitko mallin, jossa mittaaaja mittasi ja raportoi trendin muutoksesta / ongelmista sinulle hyväksi?
- Miten tieto laitteiden kunnosta kulkeutuu sinulle?

Kunnonvalvonnan hyödyntäminen kunnossapitoyksikössä

- Omaatko aikaisempaa kokemusta kunnonvalvontatoiminnasta? Jos omaat, pohdi, onko kunnossapidon toiminta Olkiluodossa tehokasta?
- Kuvaile omin sanoin, miten kunnossapito-organisaationa hyödyntää kunnonvalvontaa?
- Onko organisaatiolla valmiuksia hyödyntää kunnonvalvontaa tehokkaammin?
- Miten kunnonvalvonnan tuloksia hyödynnetään laitevastuuraporttien laatimisessa, ja voisiko niiden hyödyntäminen olla tehokkaampaa?
- Kokisitko hyötyväsi selonteosta, esimerkiksi värähtelymittausten yhteenvedosta, joka kommentoisi laitevastuualueen laitteiden kuntoa?
- Hyödynnetäänkö kunnonvalvontaa tehokkaasti ennakkohuolto-ohjelmien suunnittelussa?
- Miten pyritään kunnossapitoluokka 3 osalta kuntoon perustuvaan kunnossapitoon?
- Tulisiko kunnonvalvonnan hyödyntämiselle määritellä selkeämmät vastuut ja rajapinnat?

Kunnonvalvontatoimien katselmointi kunnossapitoyksikössä

- Katselmoidaanko kunnonvalvontatoimintaa riittävästi, jotta turhia toimenpiteitä vältettäisiin?
- Mitataanko jotain liikaa / liian vähän?
- Mitataanko oikeita asioita?
- Ovatko mittausten piiriin valitut laitteet järkeviä?
- Ovatko työn suoritukseen liittyvät ohjeet ajan tasalla ja riittäviä?
- Millaisella tasolla koet määräaikaisten mittausten / vastuualueesi kunnonvalvontajärjestelmien ylläpidon olevan?
- Miten niiden säännöllinen ”ylläpito” voitaisiin hoitaa tehokkaammin/paremmiin?
- Tulisiko kunnonvalvonnan katselmoinnille määritellä selkeämmät vastuut ja rajapinnat?

Kunnonvalvonnan kehittäminen kunnossapitoyksikössä

- Millainen kehitys palvelisi sinua työssäsi?
- Tulisiko kunnonvalvontaan liittyvää ohjeistusta ja perehdytystä kehittää?
- Olisiko tarpeellista tarkastella laitejoukkoja / laitevastuualueita, jotta voitaisiin selvittää niiden kunnonvalvonnan sopivuutta ja kehittää sitä?
- Koetko, että sinulla olisi aikaa tämän kaltaiselle kehitystyölle?
- Kenen vastuulle tämänkaltaisen kehitystyö kuuluisi?

LIITE D: KUNNOSSAPIDON PÄÄLLIKÖIDEN JA TIIMIESIMIESTEN HAASTATTELUKYSYMYKSET

Kunnonvalvonnan näkyvyys työssäsi

- Miten laitevastaavat toteuttavat kunnonvalvontaohjelmien laatimista, ylläpitoa ja toimeksiantoa?
- Miten kunnonvalvonta näkyy työssäsi?
- Millaisia nostoja laitevastaavat tekevät kunnonvalvontaan liittyen?

Kunnonvalvonnan hyödyntäminen kunnossapitoyksikössä

- Omaatko aikaisempaa kokemusta kunnonvalvontatoiminnasta? Jos omaat, pohdi, onko Olkiluodossa kunnossapidon toiminta liittyen kunnonvalvontaan tehokasta?
- Kuvaile omin sanoin, miten kunnossapitoyksikkö hyödyntää kunnonvalvontaa?
- Miten pyritään kunnossapitoluokka 3 osalta kuntoon perustuvaan kunnossapitoon?
- Koetko laitevastaavien/tiimien nykyisten resurssien olevan riittäviä kunnonvalvonnan hyödyntämiseen?
- Onko yksiköllä valmiuksia hyödyntää kunnonvalvontaa tehokkaammin?
- Miten kunnonvalvonnan tuloksia hyödynnetään laitevastuuraporttien laatimisessa, ja voisiko niiden hyödyntäminen olla tehokkaampaa?
- Tulisiko laitevastuuraporteissa olla yhteenvetoa kunnonvalvontatuloksista?
- Tulisiko kunnonvalvonnan hyödyntämiselle määritellä selkeämmät vastuut ja rajapinnat?

Kunnonvalvontatoimien katselmointi kunnossapitoyksikössä

- Katselmoidaanko kunnonvalvontatoimintaa riittävästi, jotta turhia toimenpiteitä vältettäisiin?
- Kenellä on vastuu siitä, että kunnonvalvontaan liittyvät laitteet ja ohjelmistot ovat ajan tasalla, ja sopivat käyttötarkoituksiinsa?
- Tulisiko kunnonvalvonnan katselmoinnin vastuu olla selkeämmin määritelty?

Kunnonvalvonnan kehittäminen kunnossapitoyksikössä

- Millainen näkemys sinulla on kunnonvalvonnan kehityksen suunnasta kunnossapito-organisaatiossa?
- Jos tarkoituksena on saada hyödyntäminen systemaattiseksi ja määrätietoiseksi, miten kunnonvalvonnan kehitystoimintaa tulisi aloittaa?
- Kenen vastuulle tämänkaltainen kehitystyö kuuluisi?
- Millaiset kunnonvalvonnan kehitystoimet palvelisivat sinua, tiimiäsi ja yksikköäsi työssänne?

LIITE E: TIETOSUOJAILMOITUS

Opinnäytetutkimuksen tietosuojailmoitus EU:n yleinen tietosuoja-asetus (2016/679), art. 12–14

Rekisterin nimi	Mekaanisten laitteiden kunnonvalvonnan kehittäminen ja hyödyntäminen kunnossapitotoiminnan optimoinnissa [diplomityö]
Päiväys	4.4.2024
Rekisterinpitäjä(t)	Markus Tompuri Puhelin: 045 231 3398 Sähköposti: markus.tompuri@tuni.fi
Ohjaaja tai oppilaitoksen yhteyshenkilö	Kari Koskinen, kari.koskinen@tuni.fi Jouko Laitinen, jouko.laitinen@tuni.fi
Henkilötietojen käsittelytarkoitus ja käsittelyperuste	Henkilötietojasi käsitellään kunnonvalvonnan kehitykseen liittyvässä opinnäytetutkimuksessa. Tutkimuksessa pyritään selvittämään erityisesti mekaanisten laitteiden kunnonvalvonnan hyödyntämistä kunnossapitotoiminnan optimoinnissa. Haastatteluiden avulla pyritään kartoittamaan kunnonvalvonnan hyödyntämisen nykytilaa kunnossapito-organisaatiossa Tutkimukseen osallistuminen on vapaaehtoista. Henkilötietojen käsittelyperusteena on: <input checked="" type="checkbox"/> suostumus. EU:n yleinen tietosuoja-asetus 6 artikla 1.a-kohta. Suostumuksen voi peruuttaa milloin tahansa ilmoittamalla tästä rekisterinpitäjälle. Suostumuksen peruuttaminen ei vaikuta ennen suostumuksen peruuttamista suoritetun käsittelyn lainmukaisuuteen. TAI <input type="checkbox"/> yleisen edun mukainen tieteellinen tutkimus. EU:n yleinen tietosuoja-asetus 6 artikla 1 e-kohta. Ks. ohje Henkilötieto opinnäytetyössä
Henkilötietojen säilytysaika	Opinnäytteen/opinnäytteiden valmistuttua aineisto ja henkilötiedot tuhoetaan. Siltä osin kuin ohjaajalla on pääsy aineistoon opinnäytetyön ohjaamista ja tarkastamista varten, ohjaajat ja tarkastajat käsittelevät henkilötietoja ainoastaan niin kauan kuin on tarpeellista työn hyväksymistä varten.
Rekisterin tietosisältö ja tietolähteet	Kuvaus rekisterissä käsiteltävistä henkilötietotyypeistä tietoryhmittäin: - Nimitiedot - Ääni - Tehtävä ja työnkuva organisaatiossa - Koulutus Tiedot kerätään tutkittavilta itseltään.