



Anniina Pakkasmaa

Voimalaitoksen vesinuohoimien kunto- ja riskiluokittelun kehittämi- nen RCM-analyysin avulla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

2.5.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Anniina Pakkasmaa
Otsikko:	Voimalaitoksen vesinuohoimien kunto- ja riskiluokittelun kehittäminen RCM-analyysin avulla
Sivumäärä:	34 sivua + 3 liitettä
Aika:	2.5.2022
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine:	Ympäristötekniikka
Ohjaajat:	Kehitysinsinööri Antti Oikarinen Lehtori Juha Kotamies

Tämä insinöörityö käsittelee kunto- ja riskiluokittelumallin kehittämistä Vantaan Energian jätevoimalan kunnossapidon tarpeisiin. Kunnossapito on yksi keskeinen tekijä tuotantolaitoksen kilpailukyvyn ylläpidossa. PSK 6800 -standardia ja RCM-analyysia soveltaen luotiin malli, jonka pohjalta kunto- ja riskiluokittelua voi kehittää. Tarkastelu rajattiin koskemaan voimalaitoksen vesinuohoimia ja niiden kriittisiä osia. Kriittiset varaosat ovat niitä, joiden vikaantuminen aiheuttaa merkittävää haittaa tuotantoprosessille, työturvallisuudelle tai ympäristölle.

Työn teoriaosuudessa esitellään lyhyesti CHP-voimalaitoksen toimintaa ja perehdytään luotettavuuskeskeisen kunnossapidon sekä vika- ja vaikuttavuusanalyysin teoriaan sekä niiden hyödyntämiseen kunnossapidon kehittämisen työkaluina.

Kunto- ja riskiluokittelun pohjana käytettiin IFS-järjestelmästä saatuja työtilaustietoja sekä varaosaluetteloa. Analyysin tuloksena saatiin luotua mallipohja, jonka avulla vesinuohoimen kriittisimmät varaosat ja yleisimmät vikamuodot sekä niiden aiheuttamat riskit on kartoitettu. Lomakepohjan avulla on tulevaisuudessa mahdollista tarkastella myös muiden kohteiden kunto- ja riskitietoja.

Avainsanat: RCM, kunnossapito, laitekartoitus, VVA

Abstract

Author:	Anniina Pakkasmaa
Title:	Development of the DD-Jet Cleaning System Condition and Risk Classification Model with RCM Method.
Number of Pages:	34 pages + 3 appendices
Date:	2 May 2022
Degree:	Bachelor of Engineering
Degree Programme:	Energy- and Environmental Engineering
Professional Major:	Environmental Engineering
Supervisors:	Antti Oikarinen, Development Engineer Juha Kotamies, Senior Lecturer

The purpose of this thesis was development of a condition and risk classification model for the maintenance needs of the Vantaa Energy waste-to-energy plant. Maintenance is one of the key factors in maintaining the competitiveness of a production plant. Applying the PSK 6800 standard and RCM analysis, a model was created on the basis of which condition and risk classification can be developed.

The analysis was limited to the power plant's DD-Jet-Cleaning system and its critical parts. Critical replacement parts are parts that cause significant harm to the main process, personal security, or environment.

The theoretical part of the thesis briefly introduces the operation of the CHP power plant and introduces the theory of reliability-centered maintenance and failure mode and effects analysis, as well as their utilization as tools for maintenance development.

The work order data obtained from the IFS-system and the replacement parts list were used as the basis for the condition and risk classification. As a result of the analysis, a model base has been created, with the help of which the most critical replacement parts of the DD-Jet-Cleaning system and the most common types of faults have been define.

Keywords: RCM, maintenance, machine mapping, FMEA

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Vantaan Energia Oy	2
3	Kunnossapito	4
4	Kunnossapitolajit	6
4.1	Suunniteltu kunnossapito	7
4.2	Häiriökorjaukset	8
4.3	Kunnossapitolajit RCM-analyysissä	9
5	Vika- ja vaikuttavuusanalyysi osana RCM-analyysia	10
6	RCM-menetelmän käyttöönotto kunnossapidon suunnittelussa	11
6.1	Laitteen toiminnot ja suorituskykyvaatimukset	13
6.2	Toiminnalliset viat	14
6.3	Vikaantumismallit	15
6.4	Vian vaikutukset	19
7	P-F-käyrä	21
8	Vesinuohousjärjestelmä ja sen toiminta	23
9	RCM-analyysin toteutus	24
9.1	Vesinuohoimen muunneltu kriittisyysanalyysi	28
9.2	RCM-analyysi	31
10	Pohdinta	33
	Lähteet	35

Liitteet

Liite 1: Kriittisyysanalyysi

Liite 2: RCM-informaatiolomake

Liite 3: RCM-päätöksentekolomake

Lyhenteet

CHP:	Combined Heat and Power eli yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto
IFS:	Industrial and Financial Systemsin kehittämä toiminnanohjausjärjestelmä
OTF:	Operate To Failure eli kohdetta käytetään siihen asti, kunnes se vikaantuu
P-F-käyrä:	Potential-Failure-käyrä
RCM:	Reliability Centered Maintenance, luotettavuuskeskeinen kunnossapito
RTF:	Run To Failure eli kohdetta käytetään siihen asti, kunnes se vikaantuu
VVA:	Vika- ja vaikuttavuusanalyysi

1 Johdanto

Toimivan ja tehokkaan kunnossapitostrategian suunnittelu ja ylläpito vaatii, että prosessin kannalta kriittisten laitteiden vioittumistavat ja niistä aiheutuvat riskit on tunnistettu mahdollisimman laajasti ja niiden aiheuttamat seuraukset ovat tiedossa. Nykyään kunnossapito tunnistetaan yhdeksi tuotantolaitoksen kilpailukykyä ylläpitäväksi osa-alueeksi.

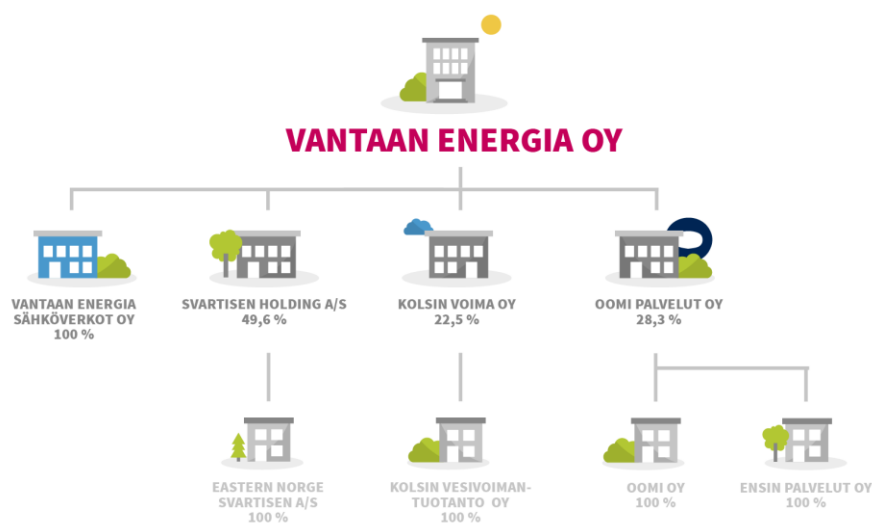
Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli löytää menetelmä Vantaan Energia Oy:n voimalaitosten laitteiden kunto- ja riskiluokittelun kehittämiseen. Monet valmiit menetelmät, kuten PSK 6800 -standardin mukainen kriittisyysanalyysi tai kokonaisuudessaan toteutettu RCM-analyysi, olisivat olleet työmäärältään liian laajoja, joten kumpaakin menetelmää sovelletaan valitulle kohteelle. RCM tulee sanoista Reliability Centered Maintenance eli luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Menetelmässä tarkastellaan laitteelle asetettua suorituskykyvaatimuksia ja toimintoja, toiminallisia vikoja, selvitetään kohteen vikamuodot ja näiden vaikutukset prosessiin. Työn teoriaosuudessa käsitellään yleisellä tasolla työhön liittyviä osa-alueita.

Työ rajattiin koskemaan Vantaan Energian jätevoimalaitoksen vesinuohoimia ja niiden kriittisiä varaosia. Vikaantumistietojen tarkastelun avulla luotiin yksinkertaistetut kriittisyysanalyysi (liite 1) ja RCM-informaatio- (liite 2) sekä -pääätösten tekolomakkeet (liite 3). RCM-menetelmän pääkohtien lisäksi lomakkeeseen lisättiin vian vaikutusten vakavuuden ja vian todennäköisyyden arviointi, joiden pohjalta saadaan arvioitua kohteen vikaantumisen aiheuttaman riskin todennäköisyys. Kriittisyysanalyysiin yhdistettiin kohteen varaosien kuntuiluokittelu.

2 Vantaan Energia Oy

Vantaan Energia on vuonna 1910 perustettu energiayhtiö, joka on tällä hetkellä yksi Suomen suurimmista kaupunkienergiakonserneista. Vantaan kaupunki omistaa yhtiöstä 60 % ja Helsingin kaupunki 40 %. Yhtiö tuottaa ja myy sähköä sekä kaukolämpöä, ja yrityksen tytäryhtiö Vantaan Energia Sähköverkot Oy vastaa sähköverkkojen rakentamisesta sekä kunnossapidosta Vantaan alueella. [1.]

Vantaan Energialla on osuuksia seuraavissa energiayhtiöissä: EPV Energia Oy, Pohjolan Voima Oy, Suomen Hyötytuuli Oy, Voimaosakeyhtiö SF, Woodtracker Oy, Vantaan Energia Keski-Uusimaa Oy. Vantaan Energia omistusosuudet norjalaisesta Svartisen Holding A/S:stä sekä suomalaisesta Kolsin voima Oy:stä ovat esitetty kuvassa 1. [2.]



Kuva 1. Vantaan Energia Oy [2].

Jätevoimala

Kuvassa 2 on vuonna 2014 käyttöön otettu jätevoimala, joka sijaitsee Itä-Vantaalla. Jätevoimala on CHP-voimalaitos (Combined Heat and Power), joka tuottaa sekä sähköä että kaukolämpöä kotitalouksien sekajätteestä. Kotitalous-

jätteen hyödyntäminen polttoaineena pienentää tuotannosta aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä sekä vähentää fossiilisten tuontipolttoaineiden käyttöä. Vuonna 2022 on tarkoitus ottaa käyttöön jätevoimalan laajennus, jonka avulla energiantuotannossa voidaan hyödyntää myös kaupan ja teollisuuden jätevirtoja, jotka on tähän asti viety ulkomaille hyödynnettäviksi.



Kuva 2. Vantaan Energian jätevoimala [3].

Martinlaakson biovoimala

Martinlaakson biovoimalaitos on entinen kaasu- ja öljyvoimalaitos, joka on muutettu biovoimalaksi. Vuonna 2019 valmistuneen muutostyön jälkeen voimalaitoksen pääasiallinen polttoaine on kotimainen puupolttoaine [4].

Variston geoterminen lämpölaite

Vantaan Energia rakentaa tällä hetkellä geotermistä lämpölaite Varistoon ja se on tarkoitus ottaa käyttöön vuonna 2022. Laitoksen muodostavat 2 kilometrin syvyyteen ulottuva lämpökaivo ja maan päällä oleva lämpöpumppulaitos, jonka avulla hyödynnetään maaperästä saatava energia lämmöksi. [4.]

3 Kunnossapito

Kunnossapidon ajatellaan käsittävän kaikki ne toimenpiteet, joiden avulla laitteet pidetään toimintakunnossa. Kunnossapitoon kuuluvat myös rikkoutuneiden laitteiden korjaukset, mutta pääpaino ei ole enää korjaavassa kunnossapidossa. Kunnossapito tunnistetaan nykyaikana tärkeäksi tuotantotekijäksi ja toimiva kunnossapitostrategia vaikuttaa suoraan tuotantolaitoksen kilpailukykyyn. [5, s. 25; 6, s. 21.] Kunnossapito ja sen termistö määritellään sekä SFS-EN 13306:2017 että PSK 6201 -standardeissa. Kunnossapidolla tarkoitetaan kaikkia niitä hallinnollisia, liikejohdollisia ja teknisiä toimenpiteitä, joiden tarkoituksena on säilyttää haluttu kohde tilassa tai palauttaa se sellaiseen tilaan, jossa se kykenee suorittamaan sille vaaditut toiminnot. [6, s. 21; 7, s. 5.]

Luotettavuuskeskeisen kunnossapidon kehittäjä John Moubray määrittelee kunnossapidon niin, että laitteiden pitää pystyä suorittamaan sitä toimintoa, jota niiden käyttäjät haluavat niiden tekevän [8]. Moubrayn määritelmässä on keskeistä se, että jonkun tulee tietää, mitä laitteiden halutaan tekevän. Kunnossapidon määritelmät ovat pääpiirteiltään toistensa kaltaisia ja sisältävät seuraavat olettamukset:

- Kunnossapidon toimenpiteillä pyritään siihen, että kohde pysyy toiminnassa tai se kunnostetaan toimintakuntoon.
- Kunnossapito pitää sisällään myös teknisen suorittamisen lisäksi kaikki näihin liittyvät hallinnolliset sekä johtamisen toimenpiteet. [5, s. 26.]

Varhainen kunnossapito oli kohteiden redundanttista eli kohteiden kahdentamista, vikakorjauksia ja huoltoa [9, s. 18]. Kunnossapidon tulevaisuuden kehityksessä on huomattavissa perinteisen teollisuuden toimintatapojen sekä tuotantofilosofian muutokset: kunnossapito tunnistetaan kilpailukykyyn kannalta merkittäväksi tekijäksi. Prosessien sekä kone- että laitekanta kehittyä edelleen. Tämä näkyy esimerkiksi prosessien optimoinnin ja automaation lisääntymisenä. Uudet teknologiat mahdollistavat paremman suorituskyvyn pienemmillä investoinneilla, mutta yhä tarkemmin optimoidut laitteet sekä prosessit toimivat yleensä hyvin kapeassa ajoikkunassa. Tällöin yhdenkin parametrin muuttuessa

voi toiminta häiriintyä. Elinkaarituottojen ja -kustannusten huomioiminen jo laitteen suunnittelu- ja hankintavaiheessa on yhä suuremmassa roolissa, jotta voidaan valita kokonaistaloudellisesti kannattavin vaihtoehto. [5, s. 27.] Kunnossapidon historiassa on havaittavissa kolme merkittävää kehitysvaihetta.

Ensimmäinen kehitysvaihe alkoi 1940-luvulla toisen maailmansodan aikoihin. Laitteet olivat yksinkertaisia, ja niiden suunnittelussa painotettiin varmuuskertoihin. Koneet ja laitteet olivat luotettavia ja helposti kunnossapidettäviä. Kunnossapito ei vielä ollut systemaattista, vaan käsitti pääasiassa yksinkertaiset puhdistukset ja huolto- sekä voitelukierrokset. [9, s. 19–20; 10, s. 17–20.]

Toisen maailmansodan aikana teollisuus alkoi koneistua kasvavaan vauhtiin. 1950-luvulla koneiden määrä oli lisääntynyt ja ne olivat yhä monimutkaisempia. Tuotantokatkoja aiheuttavien vikojen ehkäisyyn alettiin kiinnittää yhä enemmän huomiota – syntyi ennakoiva kunnossapito. Varhainen ennakoiva kunnossapito oli enimmäkseen määrääjoin tapahtuvaa osien vaihtoa tai jaksotettua kunnossapitoa. [9, s. 19–20; 10, s. 17–20.]

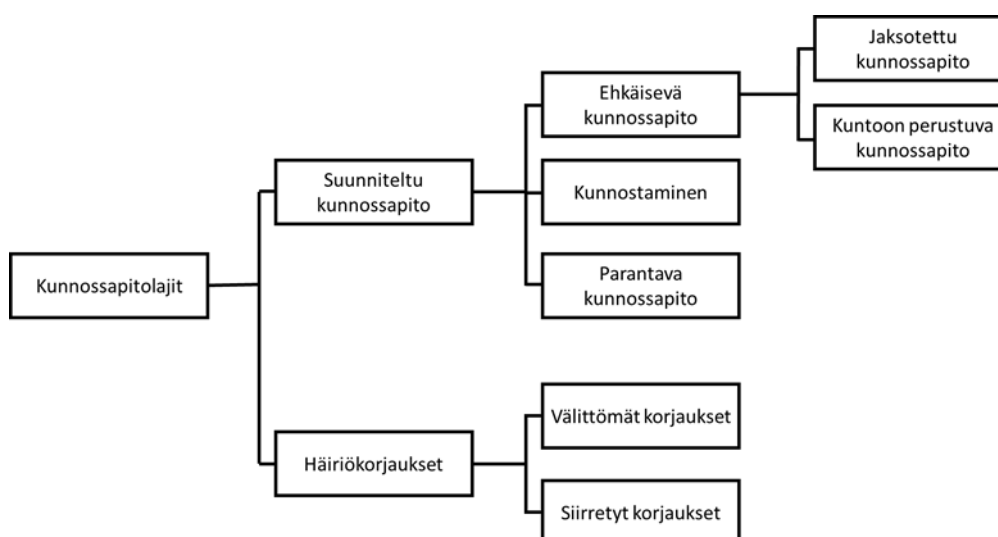
Kehittyvä teknologia ja uudet innovaatiot ovat vauhdittaneet teollisuuden muutosnopeutta 1970-luvun puolivälistä lähtien. Kunnossapidolle asetetut vaatimukset ovat kehityksen myötä kasvaneet. Laitteilta odotetaan pidempää elinikää ja niiden halutaan toimivan kustannustehokkaasti sekä turvallisesti. RCM-analyysi on toimiva työkalu, kun verrataan laitteelle tehtyjä kunnossapitotoimenpiteitä ja sen toimintaa. Analyysin tavoitteena on löytää optimiratkaisu, joka huomioi kaikki näkökohdat. [10, s. 17–20.] Riski-, vikaantumis- ja juurisyyanalyysit ovat osa nykyaikaisen kunnossapidon suunnittelua [9, s. 19–20].

Kunnossapidon ei ajatella enää kohdistuvan vain itse mekaanisten laitteiden kunnossapitoon, vaan myös laitteita ohjaavat anturit sekä ohjelmat ovat kunnossapidon kohteita. Nykyaikainen mittaustekniikka mahdollistaa kohteiden yhä tarkemman ja reaaliaikaisen mittaamisen, jolloin prosesseja on mahdollista seurata valvomosta. Nykyaikainen laitteisto tallentaa tietoja laitteen käynnistä, käyntiolosuhteista sekä käytön laadusta. Anturitietojen ilmoittaessa normaalista

poikkeavasta toiminnasta voidaan olettaa, että laitteen toiminnassa on vikaa tai se on vikaantumassa ja käynnistetään toimenpiteet syyn selvittämiseksi ja korjaamiseksi. Käyttötietoja voidaan käyttää esimerkiksi juurisyy- ja RCM-analyyssissä sekä seurata laitteen ikääntymistä. [9, s. 19–20.]

4 Kunnossapitolajit

Kunnossapitolajit määritellään esimerkiksi SFS-EN 13306:2017 ja PSK 6201 -standardeissa. SFS-EN 13306:2017 mukaan kunnossapidon toimenpiteet jaotellaan vian havaitsemisen mukaan. PSK 6201 -standardissa on kunnossapitolajit määritelty selkeämmin sen mukaan, ovatko ne suunniteltuja kunnossapitoa toimia vai häiriökorjauksia. PSK 6201 -standardin mukaiset kunnossapitolajit on määritelty kuvassa 3. [6, s. 21–23; 7; 9, s. 47–51.]



Kuva 3. PSK 6201 -standardin mukaiset kunnossapitolajit [6, s.22].

Yleensä tuotantolaitoksen kunnossapitolajit on käytännössä jakaantuneet viiteen tunnistettavaan päälajiin, jotka ovat lähellä PSK 6201 -standardin kunnossapitolajeja:

- huolto
- ehkäisevä kunnossapito
- korjaava kunnossapito

- parantava kunnossapito
- vikojen sekä vikaantumisten selvittäminen [9, s.49].

4.1 Suunniteltu kunnossapito

Suunniteltu kunnossapito pitää sisällään ehkäisevän kunnossapidon, kunnostamisen ja parantavan kunnossapidon toimet. Ehkäisevän kunnossapidon tarkoituksena on ylläpitää kohteen ominaisuuksia, palauttaa sen heikentynyt toimintakyky normaalille tasolle ennen vian syntymistä tai ehkäistä vaurioiden syntymisen. Ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteet voidaan toteuttaa jaksotetusti, jolloin kunnossapito on suunniteltu esimerkiksi käyttötuntien, kalenteriajan ja tuotantomäärän mukaan, ilman että kohteen toimintakuntoa on ennalta tutkittu. Ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteitä ovat esimerkiksi kohteen tarkastaminen, kunnonvalvonta, kohteen toimintakunnon toteaminen, käynninvalvonta sekä vikaantumistietojen analysointi. [9, s. 47–51.]

Kuntoon perustuvan kunnossapidon voidaan ajatella olevan yksi kunnonvalvonnan osa-alue. Sen avulla seurataan kohteen suorituskkyä tai suorituskvyn parametrejä. Kuntoon perustuvan kunnossapidon toimenpiteitä ovat esimerkiksi erilaiset värähtelymittaukset tai voiteluaineanalyysit. Kohteen seuranta voi olla aikataulutettua, jatkuvaa tai se tehdään tarpeen vaatiessa. [9, s. 52.]

Huollolla tarkoitetaan jaksotetun kunnossapidon toimenpiteitä, joiden avulla pidetään kohteen toimintakykyä yllä tai palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vikaantumista tai estetään mahdollisten vaurioiden syntyminen. Jaksotettu huolto on tietyn määräajoin tehtävää huoltoa. Aikavälit määräytyvät esimerkiksi käyttöajan tai -määrän mukaan. Jaksotettu huolto käsittää seuraavat toimet:

- kohteen toimintakunnon ylläpito, käytön suorittama kunnossapito
- puhdistus
- voitelu
- huolto: kuluvien osien vaihto ja toimintakyvyn palauttaminen
- kalibrointi. [9, s. 47–51.]

Kunnostaminen on osa korjaavaa kunnossapitoa, ja sen voidaan ajatella sisältävän kunnonvalvonnan tai tarkastustoiminnalla havaittujen kohteiden suunnitellut kunnostamiset. Kunnonvalvonnan avulla määritetään kohteen toiminakunnan tila ja arvioidaan mahdolliset osien kulumiset tai vikaantumismahdollisuudet, jotta voidaan määritellä korjausajankohta. Kunnostamalla palautetaan kuluneen tai vaurioituneen käytöstä pois otettu kohde takaisin käyttökuntoon. [9, s. 47–51.]

Parantavan kunnossapidon avulla parannetaan kohteen käytettävyyttä sekä luotettavuutta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kunnossapidollisesti epäedullisia kohteita muutetaan käytettävyydeltään sekä toimintakyvyltään paremmiksi. Parantava kunnossapito sisältää kolme pääryhmää. [9, s. 47–51.]

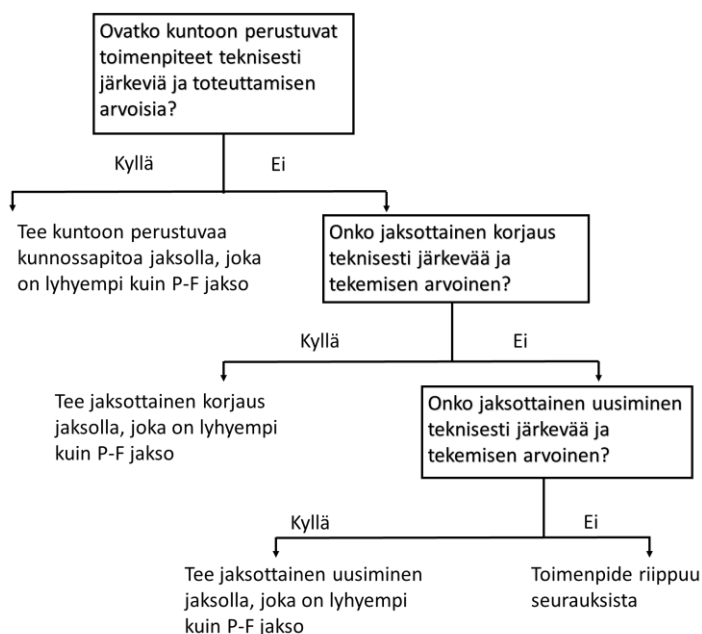
Ensimmäisessä ryhmässä kohteen suorituskyky ei muutu, mutta kohdetta muutetaan käyttämällä uudempia osia tai komponentteja. Toisessa ryhmässä kohteen luotettavuutta parannetaan uudelleensuunnittelun ja korjausten avulla. Kohteen suorituskyky ei varsinaisesti muutu, vaan kohteen toimintaa pyritään muuttamaan luotettavammaksi. Kolmas ryhmä on modernisaatiot, joissa kohteen suorituskykyä muutetaan. Usein modernisaation taustalla on tilanne, jossa koneen elinkaari on pidempi kuin sen valmistamien tuotteiden elinkaari. Vanha kone ei enää kykene valmistamaan tuotteita kilpailukykyisesti, jolloin vaihtoehtoina on joko modernisaatio tai kohteen uusiminen. [9, s. 47–51.]

4.2 Häiriökorjaukset

Häiriökorjauksen tarkoituksena on palauttaa vikaantunut kohde alkuperäistä vastaavaan toimintakuntoon korjaavan kunnossapidon avulla. Korjaava kunnossapito pitää sisällään vian määrittämisen, tunnistamisen ja paikallistamisen, vian korjauksen ja kohteen toimintakunnon palauttamisen. Välitön häiriökorjaus suoritetaan heti vian havaitsemiseen jälkeen. Tällöin kohteen toimintakunto palautetaan tai rajoitetaan vian aiheuttamia seurauksia. Siirrettyä korjauksessa kohteen toimintakunto palautetaan, kun kohteen, tuotannon tai organisaation tila sen sallii. [9, s. 47–51.]

4.3 Kunnossapitolajit RCM-analyysissa

RCM-ajatuksen mukaan kunnossapito jaetaan ennakoivaan eli proaktiiviseen kunnossapitoon sekä reagoivaan kunnossapitoon. Ennakoiva kunnossapito pitää sisällään vikaantumisen havaitsemisen ennen rikkoontumista, vikaantumisen estämisen vikaantumismahdollisuutta pienentämällä ja vikaantumisen estämisen jaksotetulla uusimisella. Reagoivan kunnossapidon tarkoituksena on palauttaa kohde takaisin toimintakuntoon esimerkiksi korjaavan kunnossapidon avulla. [9, s. 47–51.] RCM-analyysin mukaisen päätöksentekologiikka toimenpiteiden valinnassa on esitetty kuvassa 4. [5, s. 158–161].



Kuva 4. RCM-menetelmän mukainen ennakoivien toimenpiteiden valintaprosessi [5, s. 160].

Mikäli kohteen arvo on vähäinen ja sen vikaantuminen ei vaikuta suoraan prosessiin, se voidaan jättää ehkäisevän kunnossapidon ulkopuolelle. Tällöin käytetään usein käsitteitä RTF eli Run To Failure tai OTF eli Operate To Failure. RTF tai OTF tarkoittaa sitä, että kohteen rikkoontuessa se joko korjataan tai korvataan uudella. [9, s. 47–51.]

5 Vika- ja vaikuttavuusanalyysi osana RCM-analyysia

Vikojen ja niiden seurausten tunnistaminen on merkittävä osa toimivan kunnossapitostrategian suunnittelua. Vika ja vaikuttamisanalyysi eli VVA on menetelmä, jonka avulla pyritään tunnistamaan ne vikaantumiset, jotka vaikuttavat tarkasteltavaan prosessiin tai sen suorituskyykyyn. VVA on myös toimiva menetelmä silloin, kun halutaan tarkastella tietyn yksittäisen vikaantumisen vaikutuksia sekä seurauksia prosessin kannalta. [10, s. 32.]

Kun todennäköisimmät vikaantumismekanismit ovat tiedossa, on mahdollista luoda kunnossapitosuunnitelma, jonka avulla pidetään laitos mahdollisimman tehokkaasti kunnossa. Laitteen kunto voidaan arvioida, kun seuraavat kohdat ovat tiedossa:

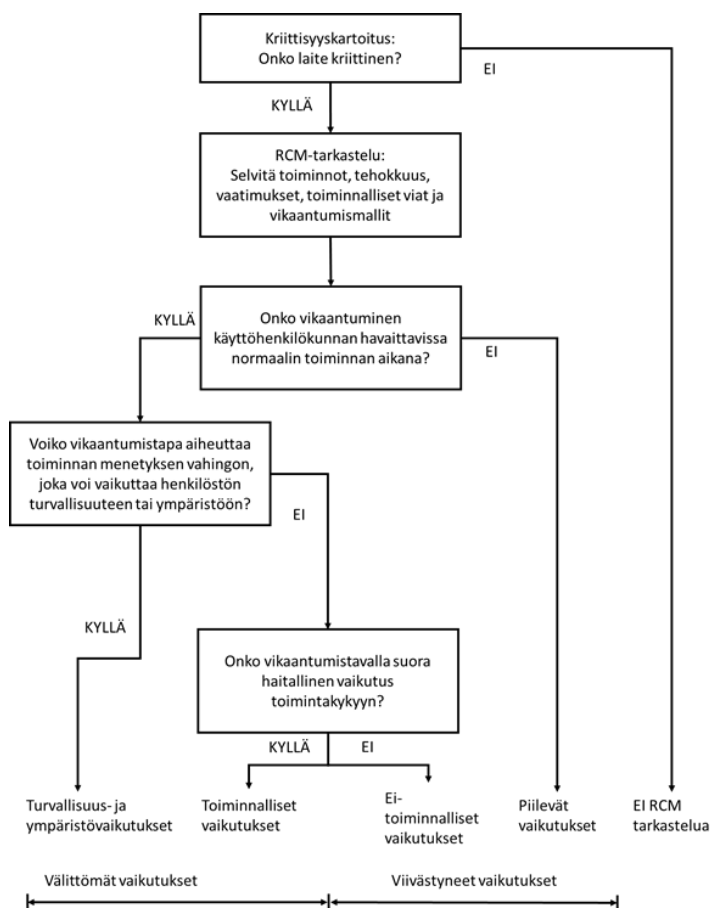
- Vikaantumiseen viittaava raja-arvo, muutos tai muuten määriteltävissä oleva piirre on tunnistettu.
- Aikaväli vian toteamisesta vaurion syntymiseen on riittävän pitkä.
- Vikaantumismekanismi on mahdollista tunnistaa ja vian kehittymistä voi seurata.
- Tarvittavat mittaukset voidaan toteuttaa nopeammalla aikavälillä kuin vika etenee vaurioksi asti. [5, s. 140, 158–161.]

On varsin tavallista, että vikaantumiset havaitaan vasta laiterikon yhteydessä ja korjaavan kunnossapidon tehtävänä on korjata jo aiheutuneet vauriot. Kunnossapidon toimenpiteiden sekä niiden valitsemisen kannalta on tärkeää tunnistaa erilaiset vioittumistavat sekä niihin johtaneet mekanismit. Mekanismien tunnistamisen avulla on mahdollista kohdentaa kunnossapidon tehtävät oikein ja pyrkiä ennaltaehkäisemään vikaantumista johtuvia vakavia riskejä. [5, s. 158–161; 10, s. 33.] VVA:n toteuttamista osana RCM-analyysia käsitellään laajemmin seuraavassa luvussa.

6 RCM-menetelmän käyttöönotto kunnossapidon suunnittelussa

RCM-analyysin toteuttaminen koko tuotantolaitoksen mittakaavassa on työlästä, ja laadukkaan tiedon tuottamiseksi vaadittava työmäärä kasvaa kohtuuttoman suureksi suhteutettuna siitä saataviin hyötyihin. Tässä insinööriyössä keskitytään yhteen Vantaan Energian kanssa yhdessä valittuun kohteeseen, jonka analyysi toimii ohjeistuksena menetelmän käyttöönotossa tuotantolaitoksen laitteiden kunto- ja riskiluokittelun kehittämisessä (liitteet 1–3). Onnistuneessa RCM-analyysissä laitteiden tarkastelutasot on asetettu sopivan laajuisiksi saavutettavaan hyötyyn nähden. On tärkeää, että prosessiin osallistuvat henkilöt ja työryhmä on saanut riittävästi tietoa RCM:n periaatteista. Luotettavan ja monipuolisen tiedon tuottamiseksi työryhmässä on hyvä olla edustettuna useampi henkilöstöryhmä (käyttö, kunnossapito, suunnittelu), jolloin osallistujilla on riittävän laaja laite- ja prosessituntemus. [10, s. 141.]

Yleisin tapa valita analyysiin kuuluvia kohteita tuotantolaitoksessa on tehdä ensin kriittisyyskartoitus ja yhdistää tämän tulokset RCM:n kanssa [5, s. 146–147]. RCM:n ulkopuolelle jää kaikki ei-kriittiset laitteet. Laitteiden kriittisyysluokituksen perusteena voi olla esimerkiksi turvallisuus, ympäristöhaitat, häiriöherkkyys tai kriittisyys prosessin kannalta. [10, s. 141]. Kriittisyysluokittelun sekä RCM-analyysin yhdistävän menetelmän yksinkertaistettu periaate käy ilmi kuvasta 5.



Kuva 5. RCM-analyysin ja kriittisyysanalyysin yhdistävä prosessi [5, s. 146–147].

Kriittisten laitteiden kohdalla toteutetaan RCM:n mukainen yksityiskohtainen tarkastelu, jossa selvitetään laitekohtaisesti seuraavat kohdat:

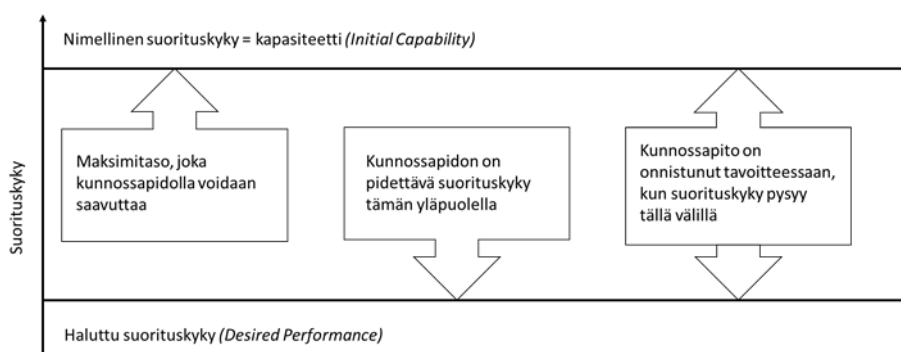
1. laitteen toiminnot ja käyttäjän sille asettamat suorituskykyvaatimukset
2. toiminnalliset viat
3. vikaantumismallit
4. vian vaikutukset
5. vian seuraukset
6. ennakoivat toimenpiteet ja
7. korjaavat toimenpiteet.

Näistä neljä ensimmäistä kohtaa ovat RCM:n kannalta keskeisimmät kohdat. [5, s. 146–147.]

6.1 Laitteen toiminnot ja suorituskyykyvaatimukset

Laitteen toiminnot ja suorituskyykyvaatimukset määritellään sen kaikissa käyttöympäristöissä. Suorituskyykyvaatimuksella tarkoitetaan yksinkertaisesti sitä, miten hyvin laite suoriutuu sille käyttäjän määrittämistä toiminnoista. Suorituskyykyvaatimus voi esimerkiksi olla tuotantoon liittyvä, kuten nopeus- tai laatuvaatimus. Toimintavaatimukset voivat vaihdella riippuen laitteesta tai prosessista. [5, s. 151–153.]

RCM-analyysin näkökulmasta kunnossapidon tavoitteena on ylläpitää laitteen suorituskyykyä sillä tasolla, jonka sen käyttäjä hyväksyy. Laitteen kunnossapitoa suunniteltaessa on oltava yhteinen ymmärrys siitä, miten laite toimii ja mitä sen odotetaan tekevän. Laitteille voidaan määrittää kaksi suorituskyyvyn tasoa kuvan 6 mukaisesti. RCM:n yksi tärkeimmistä kohdista on toteutunut silloin, kun käyttäjän laitteelle asettavat vaatimukset suorituskyyvyn ja toimintojen suhteen on selvillä. [5, s. 151–153.]



Kuva 6. Suorituskyykytasot ja kunnossapidon rooli niiden saavuttamiseksi [5, s. 151–153].

Laitteille voidaan määrittää kaksi suorituskyyvyn tasoa:

- haluttu suorituskyyky, eli mitä käyttäjä haluaa laitteen tekevän
- nimellissuorituskyyky, eli mihin laite kykenee.

RCM-analyysissä laitteen suorituskyykyä määriteltäessä on oleellista tunnistaa ja dokumentoida laitteen tyypillinen toimintaympäristö.

On suuri ero, onko laite varsinainen toiminnon suorittaja vai toiminnon redundanttisuuden takaava laite, jonka toimintoa tarvitaan vain, jos varsinainen laite lakkaa toimimasta. [5, s. 151–153].

Yksinkertaisena esimerkkinä voidaan käyttää prosessin kannalta kriittisen pumpun toimintaa. Pumpun toiminto on varmistettu kahdentamalla pumppu, jolloin yhden pumpun vikaantuminen ei vaaranna prosessia. Toisena esimerkkinä voi käyttää kriittisen pumppaamon ylärajahälytystä. Normaalissa tilanteessa käytetään vain yhtä pumppua, mutta pumppaamon pinnankorkeuden ylärajan hälytyksessä kaikki pumpput käynnistyvät pinnankorkeuden laskemiseksi normaalitasolle. [5, s. 151–153.]

On tavallista, että laitteella on useampi kuin yksi varsinainen toiminto, joka niiden pitää suorittaa käyttäjän vaatimalla tasolla [5, s. 151–153]. Yksinkertaisena esimerkkinä voidaan käyttää tuotantotilojen ilmanvaihdon tulo- ja poistokoneita, joita voidaan käyttää sekä automaattisessa savunpoistossa että ylipainepuhaltimina palo-osastoinnissa. Laitteilla on lähes aina jokin tunnistettava primääri- eli päätoiminto, ja yksi tai useampi sekundääri- eli sivutoiminto. RCM:ssä tunnistetaan ja dokumentoidaan laitteiden päätoiminnot ja oleelliset sivutoiminnot. Varsin usein laitteiden sivutoiminnot eivät ole niin ilmiselviä tai selkeitä kuin päätoiminnot, mutta sivutoimintojen vikaantumisella voi olla itse päätoimintoa vakavammat seuraukset, jotka vaativat enemmän kunnossapitoa kuin itse päätoimintojen ylläpito. [5, s. 151–153.]

6.2 Toiminnalliset viat

Toiminnallisella vialla tarkoitetaan tilannetta, jossa laite ei enää kykene suorittamaan käyttäjän sille asettamaa toimintoa hyväksyttävällä suorituskyvylä. Toiminnallisia vikoja sekä niistä aiheutuvia seurauksia voidaan tarkastella VVA:n avulla. Analyysissa määritellään toimintojen todennäköisimmät viat, joilla on merkittävä vaikutus joko järjestelmän tai prosessin suorituskyykyyn. Menetelmän avulla on myös mahdollista selvittää, minkälaisia vaikutuksia tietty vika aiheuttaa prosessille, sekä tunnistaa mahdollisia tulevia vioittumistapoja. [5, s. 151–153.]

Vika- ja vaikuttavuusanalyysia tehdessä on tärkeää, että mahdollisesta vikaantumisesta on riittävän laajasti informaatiota tarjolla. Analyysissa voidaan esimerkiksi hyödyntää myös laitevalmistajilta ja -toimittajilta saatavaa tietoa ja täydentää sitä käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön haastatteluilla. Vikaantumisten taustalla voi myös olla suunnitteluvirhe, jolloin myös suunnittelupuolen näkemykset on hyvä ottaa huomioon. Laitteiden käyttötiedot sisältävät tärkeää informaatiota ja niistä selviävät yleensä vioittumistapojen seuraukset sekä tehdyt vikakorjaukset. On kuitenkin mahdollista, että varsinaisen vioittumisen syy on jäänyt selvittämättä vikakorjauksen yhteydessä. [5, s. 151–153.]

6.3 Vikaantumismallit

Vikaantumisella tarkoitetaan sitä tapahtumaa, joka aiheuttaa vikatilanteen. Vioittumismalli on se mekanismi, jolla vikaantuminen tapahtuu. Vioittumistapa pitää määritellä riittävän tarkasti analyysissa ja käytettävän informaation määrä rajataan, jolloin analyysiin kuluva aika ei kasva liian suureksi työmäärään nähden. Vioittumistapojen listaaminen aloitetaan listaamalla ensin erilaiset vikatilanteet ja sen jälkeen ne vioittumistavat, jotka johtavat kyseiseen vikatilanteeseen. [8, s. 52; 10, s. 32.] Jo pelkästään yksittäisen laitteen kohdalla vikaantumistapoja voi olla useita, tuotantolinjatasolla mahdollisuuksia on satoja ja laitostasolla jo tuhansia. Vikaantuminen havaitaan yleensä vasta silloin, kun se on ehtinyt jo tapahtua. Vikaantumisien ennaltaehkäisy ja korjausten suunnittelu ennen vikaantumista on mahdollista, kun vikaantumismallit on tunnistettu ja dokumentoitu. [5, s. 154–157.]

Yksi yleisimmistä vioittumistavoista on kuluminen, mutta vikaantumisten taustalla vaikuttaa myös muut tekijät, kuten käyttö- ja suunnitteluvirheet. Vika- ja vaikuttavuusanalyysissa on oleellista, että laitteen kannalta kaikki mahdolliset vioittumistavat ovat huomioitu. Vioittumistavat voidaan jakaa kolmeen eri kategoriaan:

- Laitteen suorituskyky laskee alle halutun tason.
- Laitteen suorituskyky nousee yli halutun tason.
- Laitteen toiminta ei täytä sille asetettuja vaatimuksia. [10, s. 34–35].

Vioittumisia voidaan havainnollistaa taulukon 1 avulla, jossa on listattu pump-
puryhmän mahdollisia vioittumistapoja eri tasolla. Mitä alemmalle tasolle taulu-
kossa mennään, niin sitä lähemmäksi vian alkuperää päästään. Alemmille ta-
soille mentäessä saadaan tarkempaa informaatiota, mutta työn ja informaation
määrä kasvaa. Analyysi tulee rajata niin, että työmäärä ei ylitä sen hyötyjä. [5,
s. 154–157; 10, s. 34–35.]

Taulukko 1. Pumppuryhmän vioittumistapoja eri tasolla [5, s. 154–157]

Taso 1	Taso 2	Taso 3	Taso 4	Taso 5	Taso 6	Taso 7
Pumppu- ryhmä vikaantuu	Pumppu vikaantuu	Juoksu- pyörä vikaantuu	Juoksupyörä irtoaa	Kiinnitys- mutteri kiristämättä	Kiinnitys- mutteri kiristetty väärin	Asennus- virhe
				Mutteri kulunut	Erosio/ korroosio	
					Mutterin väärä materiaali	Väärä materiaali- valinta
						Väärä materiaali toimitettu
			Juoksupyörä vioittuu ulkoisen esineen vaikutuksesta	Kunnossapito- työkalu jäänyt prosessiin	Asennus- virhe	
				Vieras esine prosessissa	Suodatin asenta- matta	Asennus- virhe
					Suodatin kulunut puhki	
		Runko murtunut	Rungon pultit irronneet	Pultit kiristämättä	Asennus- virhe	
				Värähtely irrottanut pultit		
				Pultit ruostuneet		

Taso 1	Taso 2	Taso 3	Taso 4	Taso 5	Taso 6	Taso 7
Pumppu-ryhmä vikaantuu	Pumppu vikaantuu	Juoksupyörä vikaantuu	Juoksupyörä irtoaa	Kiinnitys mutteri kiristämättä	Kiinnitysmutteri kiristetty väärin	Asennusvirhe
				Mutteri kulunut	Eroosio/korroosio	
					Mutterin väärä materiaali	Väärä materiaali-valinta
						Väärä materiaali toimitettu
			Juoksupyörä vioittuu ulkoisen esineen vaikutuksesta	Kunnossapitotyökalu jäänyt prosessiin	Asennusvirhe	
				Vieras esine prosessissa	Suodatin asentamatta	Asennusvirhe
				Väsymisvauriot pulteissa		
			Rungon liitokset pettävät	Huonosti sovitetut liitokset	Asennusvirhe	

Ensimmäisen kategorian vioittumistavoissa laitteen suoritustaso on alkujaan ollut käyttäjän haluamalla tasolla, mutta on jostain syystä laskenut alle halutun tason. Yleisimpiä syitä suorituskyvyn laskulle ovat kulumisen, voiteluhäiriöt, laitteen likaantuminen, osien irtoaminen tai inhimillinen tekijä, joka vaikuttaa suorituskyvyn. [10, s. 34–35.]

Kulumisella tarkoitetaan kaikkia kulumisen muotoja kuten korroosiota ja eroosiota, sekä materiaalien ominaisuuksien heikentymistä käytön aikana. Analyysia tehdessä tulee ottaa huomioon kaikki todennäköiset kulumisen muodot. Voiteluhäiriöiden taustalla voi olla itse voiteluaineen puute tai sen laadun heikkeneminen. Laitteiden likaantumisen aiheuttamia seurauksia ovat usein erilaiset jumitumiset ja tukkeutumiset. Likaantuminen voi aiheuttaa myös laadullisia ongelmia, jos se aiheuttaa esimerkiksi asetusten epätarkkuutta. Likaantuminen lisätään analyysissä vioittumistavaksi, mikäli se aiheuttaa ongelmia

tarkasteltavan laitteen toiminnassa. Osien irtoaminen laitteesta aiheuttaa usein vakavan häiriön laitteen toiminnassa. Analyysissa on tärkeää huomioida esimerkiksi hitsien, juotosten, pulttiliitosten ja lukitusmekanismien pettäminen. [10, s. 34–35.]

Yksinkertainen esimerkki inhimillisestä erehdyksestä, joka vaikuttaa laitteen toimintaan, on väärään asentoon jäänyt venttiili, huonosti asennettu komponentti tai laitteen väärät säädöt. Potentiaalisten inhimillisten virheiden mahdollisuudet tulee huomioida analyysissa, jolloin voidaan tehdä oikeat toimenpiteet vikojen ennaltaehkäisemiseksi tai korjaamiseksi. Inhimillisten virheiden kohdalla on oleellista selvittää, mikä johti vikaantumiseen, eikä etsiä syyllistä. [10, s. 34–35.]

Toisen kategorian vioittumistavoissa laitteen kuormitustaso tai haluttu suoritustaso nousee käyttäjän määrittämän tason yläpuolelle, jolloin se aiheuttaa kahdenlaisia toimintahäiriöitä: haluttu suoritustaso nousee, kunnes laite ei enää suoriudu sille määritetystä tehtävästä tai halutun korkeamman suoritustason aiheuttama lisääntynyt kuormitus aiheuttaa vikaantumisia, jolloin laitteen luotettavuus putoaa. [10, s. 34–35.]

Halutun suoritustason nousun taustalla voi johtua seuraavista syistä:

- hyväksytty tarkoituksellinen ylikuormitus
- hyväksytty vahingossa tapahtuva ylikuormitus
- äkillinen vahingossa tapahtuva ylikuormitus
- väärät tai huonolaatuiset materiaalit.

Suoritustason nousun taustalla saattaa olla myös inhimillinen tekijä. Tarkoituksellisella ylikuormituksella tarkoitetaan esimerkiksi sellaista tilannetta, jossa kiinteästä investoinnista saatavien tuottojen maksimoimiseksi laitteiden suoritustasoa pyritään nostamaan suunniteltua suoritustasoa korkeammaksi. Metodi on toimiva usein lyhyellä aikavälillä, mutta pitkällä aikavälillä saadut hyödyt pienyvät, kun laitteen luotettavuus saattaa laskea. [10, s. 34–35.]

Tuotantolinjan suoritustasoa nostaessa pyritään poistamaan mahdolliset pullonkaulat tuotantolinjasta. On varsin yleistä, että pullonkaula kuitenkin siirtyy jonnekin muualle linjastossa, jolloin nostettu suoritustaso saattaa aiheuttaa toisen kohteen altistumisen suuremmalle kuormitukselle. Tällöin kyseessä on vahingossa tapahtuva ylikuormitus hyväksyttävällä tasolla. Linjaston pullonkauloja poistettaessa vika- ja vaikuttavuusanalyysi on toimiva työkalu, kun halutaan minimoida uudet vikaantumiskohteet. [10, s. 34–35.]

On yleistä, että vaurioiden taustalla on äkillinen ja suunnittelematon kuormituksen kasvu, joka saattaa olla seurausta esimerkiksi asennusvirheestä, käyttövirheestä tai laitteen toimintaa vaikuttavasta ulkoisesta tekijästä, jolloin kyseessä on vahingossa tapahtuva äkillinen ylikuormitus. Todennäköiset vikaantumistapahtumat selvitetään vika- ja vaikuttavuusanalyysillä. [10, s. 34–35.] Väärät tai huonolaatuiset materiaalit altistavat toimintahäiriöihin tuotantoprosessissa. Materiaaliongelmien alkuperä saattaa olla vaikea jäljittää, sillä ne heijastuvat usein toimintahäiriönä prosessin muissa laitteissa, jolloin analyysia voi käyttää vian alkuperän paikantamiseksi. [10, s. 34–35.]

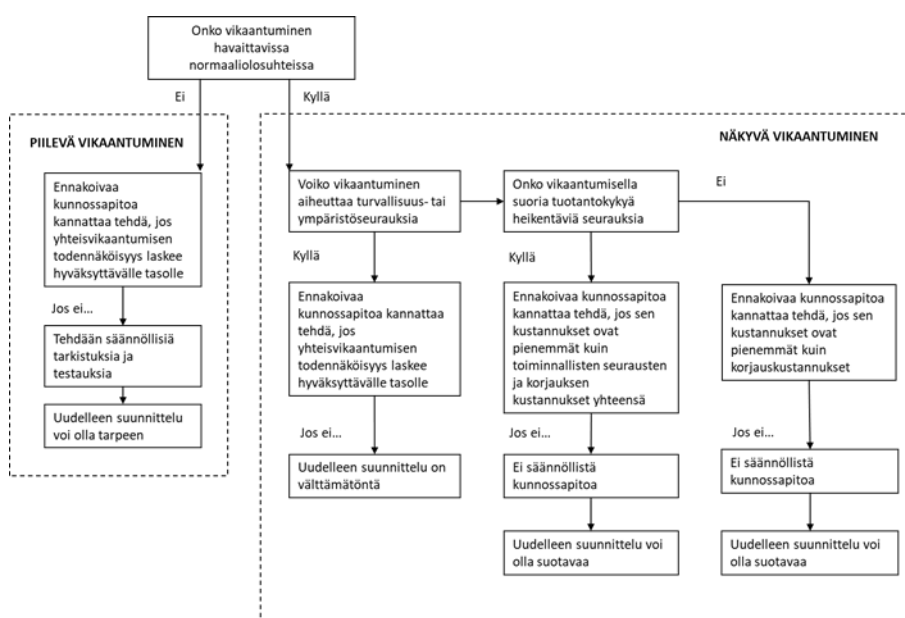
Kolmannen kategorian vioittumistavat johtuvat siitä, että laitteelta vaadittu suoritustaso on liian korkea ja laite ei sitä pysty täyttämään. Yleensä tällaiset ongelmat vaikuttavat vain pieneen osaan prosessia, mutta niiden vaikutukset voi heijastua prosessin muihin osa-alueisiin, joten niiden tunnistaminen on tärkeää. [10, s. 34–35.]

6.4 Vian vaikutukset

Vian vaikutuksia arvioitaessa on tärkeää selvittää kunkin vioittumistavan vaikutukset tuotantoprosessiin, turvallisuuteen sekä kustannuksiin. Vioittumistavan aiheuttamien seurausten kuvauksen täytyy olla riittävän tarkka ja sisältää tarvittava määrä tietoa, jotta sen vaikutukset pystytään arvioimaan realistisesti. [10, s. 38–39.] On luontevaa tarkastella vikaantumisia niiden seurausten luonteen ja vakavuuden perusteella. Mikäli vikaantumisen seuraukset ovat vakavia, on kannattavaa tehdä toimenpiteitä vikaantumisen estämiseksi tai ainakin pyrkiä

ennustamaan sen tapahtumishetki, jolloin on mahdollista pienentää seurauksia. Jos seuraukset ovat luonteeltaan vähäisiä ei ennakoivia toimenpiteitä välttämättä tehdä ja kohde vain yksinkertaisesti korjataan vikaantumisen tapahtuessa. [5, s. 158–161.]

Vikaantumisen seuraukset voidaan jakaa kuvassa 7 esitettyihin kahteen tasoon: piilevä tai näkyvä vikaantuminen. Piilevällä vikaantumisella tarkoitetaan sellaista vikaantumista, jota ei välttämättä huomaa normaaliolosuhteissa. Esimerkkinä voidaan käyttää kahdennettua laitetta, jossa varalaitteen vikaantuminen saate- taan huomata vasta silloin kun sitä tarvitaan normaalista poikkeavassa tilanteessa. [5, s. 158–161.]



Kuva 7. Vikaantumiset ja niihin kohdistettavat toimenpiteet jaoteltuna seurausten perusteella. [5, s. 158–161].

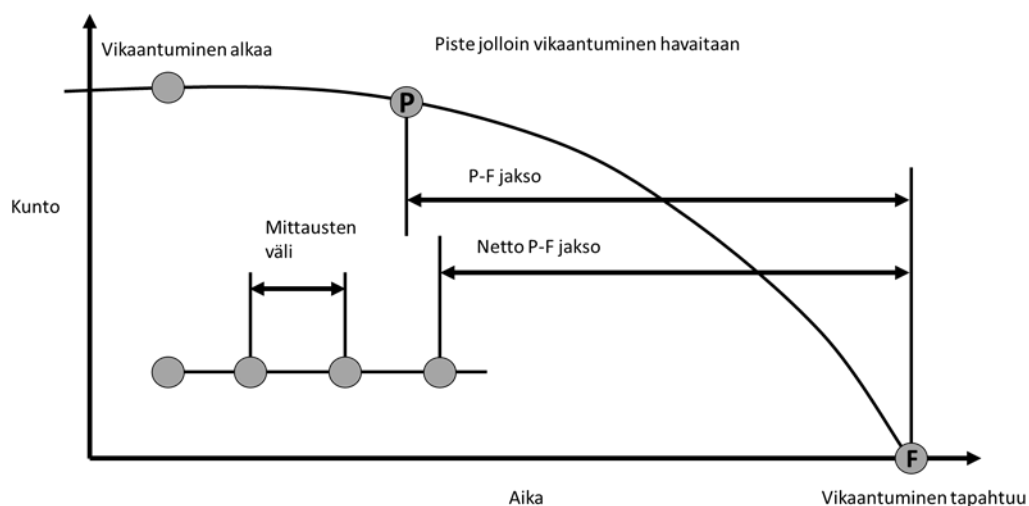
Näkyvät vikaantumiset jaetaan edelleen kolmeen kategoriaan: turvallisuus- ja ympäristöseuraukset, toiminnalliset seuraukset ja ei-toiminnalliset seuraukset. Turvallisuusseuraukset vaikuttavat suoraan esimerkiksi työturvallisuuteen ja saattavat aiheuttaa loukkaantumisriskin, vakavimmillaan kuolemaan johtavan riskin. Ympäristöön kohdistuvat riskit ovat yleensä poikkeamia ympäristöstandardista, -luvasta tai säännöksistä. Toiminnallisia seurauksia ovat ne

seuraukset, jotka vaikuttavat tuotantoon tai muuhun organisaation toimintaan. Ei-toiminnalliset seuraukset ovat näkyviä vikaantumisia, jotka eivät suoraan vaikuta turvallisuuteen tai toimintoihin. Ne näkyvät vain muodostuneina korjauskustannuksina. [5, s. 158–161.]

7 P-F-käyrä

Kuvassa 8 oleva P-F-käyrä kuvaa laitteen kunnon heikentymistä. Ensimmäinen kuvaan merkitty piste on se hetki, jossa vikaantuminen alkaa eli laitteessa tapahtuu jonkin sellainen muutos, joka heikentää sen kuntoa. P on se piste, jossa jollain kunnonvalvonnan menetelmässä pystytään havaitsemaan alkava vikaantuminen. F on se piste, jossa laite menettää toimintakykynsä eli vikaantuu.

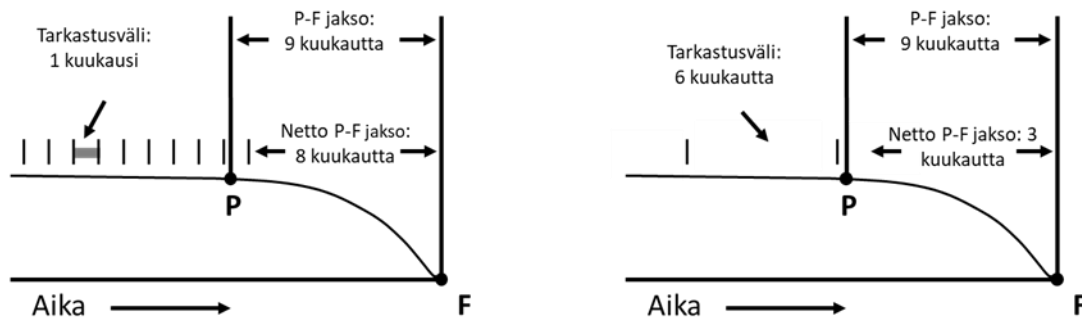
P-F-jakso on se aika, joka alkaa oirehtivan vian havaitsemisesta ja päättyy toiminnalliseen vikaantumiseen. P-F-jaksoa saatetaan kutsua myös nimillä varoituskakso tai vian kehitymisjakso. Ajan mittaamiseksi voidaan käyttää mitä tahansa rasituksen kestoa kuvaavaa suuretta kuten käyttöaika tai tuotantosuuheet, mutta käytännössä rasitusta mitataan usein ajalla. P-F-jakson pituus vaihtelee eri vikaantumistavoilla. Kunnonvalvontatoimenpiteet tulee tehdä pienemällä aikavälillä, mitä P-F-jakso on, jotta on mahdollista havaita oirehtiva vika ennen kuin se muuttuu toiminnalliseksi viaksi. Käytännössä tarkistusväliksi valitaan usein puolet P-F-jaksosta ja näin varmistetaan, että vika havaitaan ja on aikaa vian vaikutuksien seurausten ennaltaehkäisemiseksi. [8, s. 145–149; 10 s. 65–69.]



Kuva 8. P-F-käyrä [5, s. 158–161].

Netto-P-F-jakson käsitteellä tarkoitetaan sitä aikaväliä, joka on vian havaitsemisen (P) ja vikaantumisen (F) välillä. Netto-P-F-jakso saadaan vähentämällä tarkastusjakso P-F-jaksosta ja se kuvaa minimiaikaa vian havaitsemisesta toiminnallisen vian syntymiseen. Netto-P-F-jakson aika on aika, joka on käytettävissä vian tai vian seurausten ennaltaehkäisemiseksi. Netto-P-F jakson on oltava riittävän pitkä, jotta kunnonvalvonta sekä kunnossapidon toimenpiteet on mahdollista suorittaa järkevällä aikataululla. Jos netto-P-F-jakso on liian lyhyt mihin tahansa kunnonvalvonnan toimenpiteisiin, niin kunnonvalvontaa ei ole teknisesti järkevää suorittaa. [5, s. 158–161; 10, s.65–69.] Esimerkkinä voidaan käyttää tilannetta, jossa sama kohde tarkistetaan joko kuukausittain tai kerran 6 kuukaudessa (kuva 9).

Mikäli tarkistus väli on 1 kuukausi, niin netto-P-F jakso on 8 kuukautta. Jos kohde tarkistetaan 6 kuukauden välein, netto-P-F jakso on 3 kuukautta. Ensimmäisessä tapauksessa vähimmäisaika havaita mahdollinen vikaantuminen on 5 kuukautta pidempi kuin toisessa, mutta kohde on tarkistettava 6 kertaa useammin. [8, s. 145–149]



Kuva 9. Netto-P-F jakso joko 1 kuukauden tai 6 kuukauden tarkistusvälillä [8, s. 145–149].

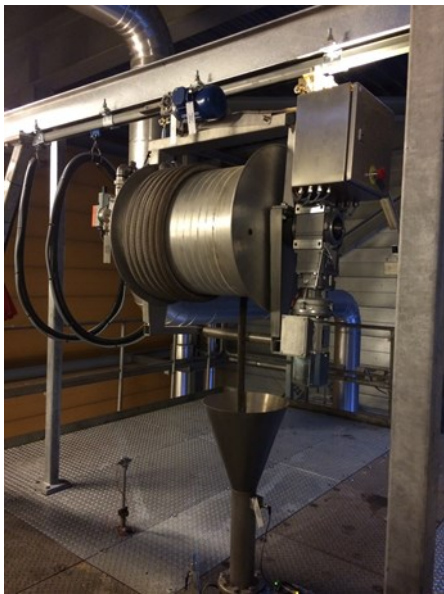
Käytännössä pyritään pitkiin P-F-jaksoihin, koska tällöin on mahdollista tehdä kaikki ne välttämättömät toimenpiteet, joilla hallitusti vältetään vian seuraukset ja tarvitaan harvempia kunnonvalvontatoimia. [8, s. 145–149]

8 Vesinuohousjärjestelmä ja sen toiminta

Vantaan Energian jätevoimalaitoksella on käytössä DD-Jet-vesinuohousjärjestelmä. Järjestelmä toimii korkeissa lämpötiloissa (600–1250 °C), jolloin se soveltuu jätettä energiana käyttäville voimalaitoksille [11]. Dublixin DD-Jet-vesinuohousjärjestelmässä (kuva 10) on pyörivä suutinjärjestelmä, joka on suunniteltu puhdistamaan kattilan lämmönsiirrinpintoja normaalin käytön aikana, lisäksi vesinuohous alentaa kattilasta poistuvien savukaasujen lämpötilaa. Vantaan Energian jätevoimalan järjestelmässä on 4 nuohousaukkoa, joista 2 sijaitsee kattilan 2-vedossa ja 2 kattilan 3-vedossa ja kummassakin kattilassa on identtiset nuohoimet.

Nuohoimen vedenkulutus on 30–60 l/min, ja tyypillisesti nuohoussekvenssien kesto on 5–10 minuuttia. Täyden nuohoussyklin kesto on 40 tuntia. Nuohous aloitetaan ensimmäistä nuohousaukosta, ja 10 tunnin päästä nuohoin siirtyy seuraavalle nuohousaukolle [12]. Järjestelmän käyttöveden paineeksi riittää normaali 2 baarin verkostopaine. Vesinuohoimen suutinpään muotoilu mahdollistaa tehokkaan vesisuihkun muodostumisen vähäisellä vedenpaineella. Nuohouksen teho perustuu siihen, että vesisuihkun osuessa kuumalle

lämmönsiirrinpinnalle vesi höyrystyy ja aiheuttaa samalla paineiskun, joka puhdistaa kattilan pintoja. Vesinuohoimen letku sekä suutinpää, jotka menevät käytön aikana kattilan sisälle, ovat materiaailtaan ruostumatonta terästä. Erillistä jäähdytysjärjestelmää ei tarvita, sillä nuohousvesi toimii samalla jäähdytysnesteenä. Nuohousjärjestelmä toimii automaatio-ohjauksella, jolloin se suorittaa nuohouksen sille ohjelmoidun logiikan mukaisesti. Nuhousta ohjaavia tietoja ovat nuohousyksikön sijainti, kattilan syvyys, puhdistusprosessin nopeus ja kattilan pinnan eri osiin tarvittava vesimäärä. [11.]



Kuva 10. DD-Jet-vesinuohoinyksikkö tanskalaisen AffaldPlusin jätteenpolttolaitoksessa Næstvedssä [13].

9 RCM-analyysin toteutus

Tämä insinöörityö käsittelee vain yhden kohteen eli jätevoimalan molempien kattiloiden vesinuohoimien kevennettyä RCM-menetelmää yhdistettynä kriittisyysanalyysiin. Analyysin kohteen rajausta on suhteutettu työn laajuuteen. PSK 6800 -standardin mukainen kriittisyysanalyysi oli itsessään liian laaja ja monimutkainen pelkästään yhden laitteen tai laitetason tarkasteluun. Opinnäytetyössä päädyttiin muokkaamaan Vantaan Energian tarpeisiin sopiva kevennetty kriittisyysanalyysipohja, jossa yhdistyy myös kuntoluokitus osana laitteiden kriittisyyttä. Tämän jälkeen asetettiin raja-arvo kriittisen ja ei-kriittisen

vikaantumisen välille. Lomakepohja pidettiin mahdollisimman yksinkertaisena ja helppokäyttöisenä.

Työ lähti liikkeelle vesinuohoimien työtilaushistoriasta saatavilla olevan datan tarkastelulla. IFS-järjestelmästä tulostettiin Excel-taulukko koonti vuosien 2015–2021 työtilauksista, joiden pohjalta analysoitiin kohteen yleisimmät vikailmoitukset sekä niiden lukumäärä. Tietojen tarkastelussa tehtiin rajausta, että peruutetut ja vuosihuoltoon suunnitellut työtilaukset jätettiin ulkopuolelle. Vikaantumistietojen analysointi aloitettiin luokittelemalla vikaantumiset vikaantuneiden osien mukaan, minkä jälkeen jokaiselle osalle määritettiin oma väri taulukon 2 esimerkin mukaisesti:

- vihreä, nuohousletkun vikaantuminen
- harmaa, vesivuoto
- keltainen, nuohousvaunun automaatioon liittyvät vikaantumiset
- tummansininen, suutinpään vikaantumiset
- vaaleansininen, nuohoussuppilo irti
- oranssi, siirtokelkan vikaantumiset
- vaaleanoranssi, kiskon linjaus ja huoltotyöt
- vaaleanpunainen, rummun moottorin suojakotelo puuttuu ja
- punainen, yhteishälytys.

Osa vikailmoituksista sopivat kahteen ryhmään, jolloin niitä kuvaava värikoodi muodostui kahden eri vikaantumisen yhdistelmästä, kuten kuvassa 11 näkyvä ”vesinuohous ei toimi”. Tämä vikailmoitus sisälsi sekä nuohousvaunun automaation tarkastuksen että nuohousletkun vikaantumisen.

Kohteen kuvaus	Kuvaus	Osasto
Vesinuohoin	Ykköskattilan vesinuohojen letkun uusinta.	HMJK
Vesinuohoin	Yhteishälytys.	HMJK
Vesinuohoin	Yhteishälytys!!!	HMJK
Vesinuohoin	Vääränlainen toiminta vesinuohouksen logikassa.	HSJS
Vesinuohoin	vuoto liitoskohdasta	HMJK
Vesinuohoin	Vuotaa vettä pesupäästä	HMJK
Vesinuohoin	Vesivuoto vesinuohoimella	HMJK
Vesinuohoin	Vesinuohouske lkan asennoituminen.	HSJS
Vesinuohoin	Vesinuohouske lkan asennoituminen.	HSJS
Vesinuohoin	Vesinuohous ei toimi oikein./paikointi ei toimi/letku vaihtokunnossa	HMJK
Vesinuohoin	Vesinuohoin vaunun kohdistus/tamu vika	HSJS
Vesinuohoin	vesinuohoin vaunu jumissa.	HMJK
Vesinuohoin	Vesinuohoin suutin	HMJK
Vesinuohojen letkukelan moottori	Vesinuohoin rikki drum invertter	HSJS

Kuva 11. Työtilaushistorian vikadatan lajittelu vikaantuneen kohteen mukaan.

Tämän jälkeen työtilausten kuvaukset käytiin läpi ja ne yhtenäistettiin, jolloin oli mahdollista luokitella vikaantumisia analyysin kannalta sopiviin kategorioihin. Näin saatiin selkeä käsitys siitä, mitkä ovat kohteen merkittävimmät vikamuodot. Vesinuohojen vikamuodoissa sekä niiden lukumäärissä ei ollut merkittävää eroa 1 ja 2 kattilan nuohojen välillä, mikä ilmenee kuvasta 12. [14.]

	Työtilaukset K1 vesinuohoin			Työtilaukset K2 vesinuohoin	
Mekaaninen kunnossapito	Vesinuohojen letku vaurioitunut	39	Mekaaninen kunnossapito	Vesinuohojen letku vaurioitunut	34
	Vesinuohojen letku kelaantuu väärin	7		Vesinuohojen letku kelaantuu väärin	3
	Vesinuohojen letku vuotaa	8		Vesinuohojen letku vuotaa	6
	Suutinpää ei toimi	25		Suutinpää ei toimi	25
	Suutinpää on irronnut	2		Suutinpää on irronnut	1
	Suutinpään toiminnan tarkastus	1		Suutinpään toiminnan tarkastus	1
	Vesinuohojen siirtokelkan jumittaa	3		Suutinpää kiilautunut jumiin	1
	Vesinuohojen paikointi ei toimi	6		Vesinuohojen siirtokelkan vika	4
	Vesinuohoin häiriössä	2		Vesinuohojen siirtokelkan jumittaa	4
	Jäähdytysletkussa reikä	1		Vesinuohojen paikointi ei toimi	2
	Vesinuohoin ei saa vettä	1		Lämpösuojan vesinuohoimelle	1
	Lämpösuojan vesinuohoimelle	1		Vesinuohojen sulkupeitti liikkuu huonosti	1
	Suppilo irti	1		Vesinuohojen letkun kannakointi rikki	3
	Varaosavetopöytä kunnostus	1		Siirtokelkan kisko nitkahtanut	1
	Kiskon linjaus ja huolto	1		Kiskon linjaus ja huolto	1
	Vesinuohojen letkun kannakointi rikki	1			
	Yleishälytys	2			
	Luištiventtiili jumissa	1			
	Kattilan menevien putkien tarkastus	1			
Sähkö- ja automaatio-kunnossapito	Automaation tarkastus	1	Sähkö- ja automaatio-kunnossapito	Pulssianturin häiriö	1
	Vesinuohojen siirtokelkan jumittaa	1		Vesinuohojen siirtokelkan jumittaa	1
	Vesinuohojen letku kelaantuu väärin	6		Vesinuohojen letku kelaantuu väärin	7
	Magneettiventtiili ei toimi	1		Taajuusmuuttajan häiriö	1
	Vesinuohojen paikointi ei toimi	11		Vesinuohojen paikointi ei toimi	9
	Vesinuohojen häiriö (esim. invertterihäiriö)	1		Vesinuohojen häiriö (esim. invertterihäiriö)	4
	Yhteensä:	126		Muu vika	2
				Yhteensä:	113

Kuva 12. Vesinuohojen työtilaushistoria vuosina 2019–2021 [14].

Työtilaushistorian lisäksi tarkasteltiin ennakko- huollon työtilauksia, joita ovat vesinuohoimen laakerien voitelu sekä ilmanpuhaltimien äänen, värinän ja lämpötilan tarkkailu. Työtilaushistoriasta löytyi 1 tapaus molempien kattiloiden vesinuohoimelle, jossa puhaltimen lämpötila oli kohonnut likaantuneen imusuodattimen seurauksena. [14.]

Työtilaushistoriaa tarkastellessa nousi esille, että työtilauksen eli tässä tapauksessa vikailmoituksen sisältö saattoi vaihdella hyvin paljon tekijän mukaan. Ilmoituksista kävi lähes aina ilmi vikaantunut osa ja siihen mahdollisesti vaikuttaneet tekijät. Hyvälaatuisessa työtilauksessa oli kohde valittu oikein, selkeä kuvaus kohteesta ja vian kuvauksessa avattu mahdollista vikamuotoa tai siihen vaikuttaneita tekijöitä. Esimerkkinä voidaan ottaa työtilaus, jossa kuvauksesta käy ilmi, että vesinuohoimen vaunun asemointi ei toimi ja vian kuvauksessa on avattu tähän mahdollisesti johtaneita syitä, kuten häiriö vaunun automaatiassa tai se, että vaunu jumiutuu aina samaan kiskon kohtaan, jolloin syy voi olla myös mekaaninen. Hyvälaatuisen työtilauksen avulla kunnossapidon toimenpiteiden suunnittelu etukäteen on mahdollista. Heikompileatuisia työtilauksia oli vain muutama, ja niissä saattoi olla lyhyesti ilmaistuna vain tiedot, että laite ei toimi, ja mahdollista kuvausta viasta ei ollut ollenkaan. Pääsääntöisesti työtilauksissa laitteen osista käytetään yhtenäisiä nimityksiä, mutta esimerkiksi nuohoimen pyörivästä suutinpäästä käytettäviä nimityksiä oli useita: glunssi, klunssi, lunssi, nuppi, pää, suutin ja suutinpää. [14.]

Voimalaitoksen oma henkilökunta tuntee laitteelle käytettävät nimitykset, mutta esimerkiksi tätä opinnäytetyötä tehdessä Exceliin tulostetussa tekstimuodossa olevasta datassa suuttimelle kohdistuvien työtilausten etsiminen oli työlästä.

Vikaantumisien korjausajankohta luokitellaan toteuttavaksi kriittisyyden mukaan asteikolla:

- 0 - kiireellinen/pakottava, tehtävä välittömästi
- 1 - kriittinen, tehtävä heti kun mahdollista
- 2 - tehtävä seuraava tuotantokatkoksessa
- 3 - tehtävä seuraavassa huollossa/revisiossa/seisokissa

4 - ajankohta vapaa tuotannollisesti

5 - ei suoraa vaikutusta prosessiin [14].

Vesinuohojen kunnossapitotöiden kohdalla yleisimmin käytetyt kriittisyydet olivat 1 tai 4 mutta vain muutama vikaantuminen oli saanut luokituksen 0. Saman vikamuodon välillä saattoi olla suurta vaihtelua sen suhteen, miten kriittiseksi vika arvioidaan. Esimerkiksi vikaantuneen letkun tai toimimattoman suuttimen kriittisyys saattoi olla joko 1 tai 4 riippuen työtilauksen tekijästä. Laadullisesti luotettavamman tiedon tuottamiseksi kohteen eri vikamuotojen kriittisyys pitäisi olla yhtenäinen, jolloin saadaan selkeä ja yksiselitteinen näkemys korjausajankohdasta. [14.]

9.1 Vesinuohojen muunneltu kriittisyysanalyysi

Vesinuohojen kriittisyysanalyysi toteutettiin nuohojen alilaitteille sekä varaosille (liite 1). Molempien kattiloiden nuohojet ovat identtiset ja niillä on samat varaosanimikkeet, joten kriittisyysanalyysi toteutettiin vain toiselle nuohojelle. Kriittisyysanalyysin valittiin vesinuohojelle seuraavat kriittisyyden perusteet: kriittisyys prosessin kannalta, häiriöherkkyys, korjauskustannukset, turvallisuus sekä ympäristöriski. Jokaiselle perusteelle määriteltiin oma painoarvonsa. Kriittisyys prosessin kannalta valittiin tärkeimmäksi, ja se sai painoarvon 30, häiriöherkkyydelle sekä korjauskustannuksille annettiin painoarvoksi 20, turvallisuus ja ympäristöriskin painoarvoksi annettiin 5. Turvallisuus- ja ympäristöriskin painoarvo on pieni, sillä analyysin kohde on sellainen, jonka toiminnan häiriintyminen tai pysähtyminen ei aiheuta välitöntä turvallisuus- tai ympäristöriskiä.

Painoarvojen tarkastelun jälkeen määriteltiin kertoimet, joiden kanssa yhdessä painoarvo määrittävät kohteen kriittisyyttä. Kertoimien määrittelyn apuna käytettiin PSK 6800 -standardia.

Kriittisyys prosessin kannalta:

0 – kohteen pysähtymisellä tai vikaantumisella ei ole merkitystä tuotantoon

2 – kohteen pysähtyminen tai vikaantuminen ei aiheuta prosessin pysähtymistä ja korjaus voidaan tehdä käytön aikana

4 – kohteen pysähtyminen tai vikaantuminen vaikuttaa prosessiin ja korjaus aiheuttaa lyhyen seisokin, joka on korkeintaan 2 tuntia

6 – kohteen pysähtyminen tai vikaantuminen vaikuttaa prosessiin ja korjaus aiheuttaa lyhyen seisokin, joka on korkeintaan 24 tuntia

8 – kohteen pysähtyminen tai vikaantuminen aiheuttaa täydellisen pysähtymisen. Varaosien saatavuus on heikko ja seisokin kesto ei pystytä määrittelemään [15].

Häiriöherkkyys:

1 – pitkä vikaantumisväli, yli 5 vuotta

2 – pitkäkö vikaantumisväli, kohde on toiminut 1–5 vuotta ilman vikaantumisia

4 – lyhyehkö vikaantumisväli. Kohde on toiminut keskimäärin 1 vuoden ilman vikoja

8 – lyhyt vikaantumisväli. Kohde on vikaantunut esimerkiksi alle 3 kuukauden välein tai viikoittain [15].

Korjauskustannukset:

0 – korjauskustannuksilla tai seurauskustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin

1 – vähäiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (≤ 2 h)

2 – kesinkertaiset korjauskustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (≤ 10 h)

3 – korkeat korjauskustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (10–24 h)

4 – korkeat korjauskustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (≥ 24 h) [15].

Turvallisuus:

0 – ei turvallisuusriskiä

2 – vähäinen turvallisuusriski

4 – kohtalainen turvallisuusriski

8 – merkittävä turvallisuusriski

16 – vakava turvallisuusriski [15].

Ympäristöriski:

- 0 – ei ympäristöriskiä
- 2 – vähäinen ympäristöriski
- 4 – kohtalainen ympäristöriski
- 8 – merkittävä ympäristöriski
- 16 – vakava ympäristöriski [15].

Kohteelle ja sen osille suunniteltu kriittisyysanalyysi on rakenteeltaan kevyempi ja yksinkertaisempi kuin PSK 6800 -standardi. Kriittisyysanalyysiin sisällytettiin myös kohteen osien kuntoluokittelu. Kuntoluokituksessa osan tai laitteen kunto luokitellaan seuraavan asteikon mukaisesti:

- Erittäin hyvä, kunto on uutta vastaava ja kunnossapitotarvetta ei ole.
- Hyvä, normaalia kulumista esiintyy, mutta kunnossapitotarvetta ei vielä ole.
- Tyydyttävä kunto, jolloin kunnonvalvontaa kannattaa tehostaa ja yksittäiset kunnossapidon toimenpiteet voivat olla perusteltuja.
- Huono kunto, joka vaatii korjausta eikä kestä enää käyttöä ilman kunnossapidon toimenpiteitä.
- Erittäin huono kunto, jolloin kohteen kunto ei ole enää hyväksyttävällä tasolla.
- RTF eli Run to Failure, jolloin osaa käytetään vikaantumiseen asti.

Kriittisyysanalyysin lomake (liite 1) täytettiin yhdessä koneinsinööri Jani Hurmeen ja kehitysinsinööri Antti Oikarisen kanssa. Analyysin tuloksien pohjalta määriteltiin kriittisyyden raja-arvot seuraavasti:

- kriittinen laite, pisteet yli 150
- melko kriittinen laite, pisteet yli 100
- ei kriittinen laite, pisteet alle 100 [16].

Kriittisen laitteen pisteet täyttyivät vesinuohoimen sekä seuraavien varaosien kohdalla, pyörivä suutinpää, ohjainholkki ja teräsletkut. Tällä hetkellä vesinuohoimen varaosissa on useampaa letkumallia, koska käytössä on sekä vanhoja että uudelleen suunniteltuja versioita letkusta. RCM-analyysi toteutettiin edellä mainituille kohteille.

9.2 RCM-analyysi

Informaatiolomakkeen (liite 2) tarkoituksena on tarjota yksinkertainen työkalu, jonka pohjalta määritellään seuraavat kohdat:

- laitteiden tehokkuusvaatimukset ja sen toiminnot
- laitteen toiminnalliset viat
- laitteen vikaantumismallit
- vian vaikutukset
- vian seuraukset
- ennakoivat toimenpiteet
- korjaavat toimenpiteet.

RCM-menetelmän pääkohtien lisäksi lomakkeeseen yhdistettiin riskiluokitus. Riskiluokituksen apuna käytettiin Rakennusteollisuuden Työturvallisuuspakin materiaaleja. Riskiluku muodostuu kyseisen vian vakavuuden ja todennäköisyyden pohjalta. Riskin arviointi perustuu kuvan 13 mukaiseen logiikkaan. Lomakkeessa on sarakkeet riskiluokitus ja riski, johon Excel laskee automaattisesti riskiluvun. Analyysin tulosten perusteella vikaantumisten aiheuttamat riskit prosessille olivat joko vähäisiä tai kohtalaisia.

Millä todennäköisyydellä vikaantuminen tapahtuu	Vian todennäköisyys	RISKILUOKITUS		
		Vian vaikutukset, seurausten vakavuus		
		1. Vähäiset	2. Merkittävät	3. Vakavat
	1. Epätodennäköinen	1. Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski
	2. Mahdollinen	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski
	3. Todennäköinen	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

Kuva 13. Laitteen vikaantumisen aiheuttaman riskin arviointi [17].

RCM-informaatiolomakkeen käytön yksinkertaistamiseksi hyödynnettiin Excelin ominaisuutta luoda pudotusvalikkoja (kuva 14), jolloin lomakkeen täyttöön

kuluva aika väheni. Pudotusvalikkojen antamat vaihtoehdot myös rajaavat vastausmahdollisuuksia, jolloin vastauksien tulkinnanvaraisuus väheni.

Vian aiheuttaja	Vian luonne	Arvioitu vikaväli MTTF	Vian vaikutukset
Mistä syystä vikaantuminen tapahtuu? Esim. olosuhteet, kuormitus, kuluminen jne.	Satunnainen vai toistuva vika	Kuinka usein vika ilmenee [vuosittainen/kuukausittainen/viikottainen]?	Mitä tapahtuu vian seurauksena? (Miten tilanne havaitaan, mitä toimenpiteitä joudutaan tekemään välittömästi...)
Letku on alttiina kuumuudelle kattilan sisällä nouhouksen ajan. Letku saattaa myös hankautua kattilan sisäisiin rakenteisiin. Letku saattaa hankautua myös syöttösuppiloon. Väärän mittaisen letkun asennus, 2-osaisen letkun liitoskohta jää kattilan ulkopuolelle oikean mittaisilla letkuilla. Letku saattaa kilautua nuohoilman pellin väliin.	Toistuva	Puolivuositain	Viottunut letku havaitaan yleensä normaalien tarkastuskierroksien yhteydessä tai kun kohteella ollaan tekemässä jotain toista kunnossapidon toimenpidettä. Viottuneen letkun korjaustyöstä tehdään työtilaus. Ei vaikutusta suoraan tuotantoon.
		Kuinka usein vika ilmenee? Vuosittain Puolivuositain Kuukausittain Viikottain	Havaitaan normaalien tarkastuskierroksien yhteydessä tai kun

Kuva 14. Esimerkki lomakkeen pudotusvalikosta.

RCM-informaatiolomakkeen täyttämässä hyödynnettiin IFS-järjestelmästä saatuja tietoja ja niitä täydennettiin haastattelemalla mekaanisen kunnossapidon asentajaa. Eri vikamuotojen vaikutukset prosessiin olivat pääosin samoja. Puutteellisesti tapahtuva tai kokonaan väliin jäänyt nuohous aiheuttaa kattilan lämmönsiirripintojen likaantumista, sekä tulistinpakettien ja savukaasujen lämpötilan kohoamisen. Likaantuneet lämmönsiirripinnat vaikuttavat kattilan käytön optimointiin ja savukaasujen lämpötilan kohoamisella saattaa olla välillisesti vaikutusta savukaasujen puhdistusprosessiin.

Päätöksentekolomakkeen (liite 3) tarkoituksena on mahdollisten vikaantumisen riskiä alentavien korjaustoimenpiteiden tarkastelu. Korjaavia kunnossapidontoimenpiteitä tarkasteltiin kohtalaisen riskin aiheuttavien vikamuotojen kohdalla. Päätöksentekolomakkeessa nousi esille se, että tiettyjen vikamuotojen kohdalla on tärkeää tietää, että kyseinen vikamuoto saattaa olla toisen osan vian oire. Esimerkiksi siirtokelkan vetopyörästä vikaantuminen saattaa näkyä vesinuohoilman pulssianturien toiminnassa. Vikaantuneen vetopyörästä halkaisija

saattaa olla muuttunut, jolloin pulssiantureille välittyvä tieto ei pidä paikkaansa. Tämä saattaa heijastua siten, että vesinuohoimen paikoitus ei toimi oikein. Kunnossapidon korjaavat toimenpiteet on mahdollista kohdentaa oikein, kun mahdolliset vikamuodot ja niiden aiheuttamat riskit on tunnistettu.

10 Pohdinta

Tämän opinnäytetyön keskeisenä tavoitteena oli tarjota Vantaan Energialle yksinkertainen työkalu voimalaitoksen laitteiden kunto- ja riskiluokittelun kehittämiseksi. Kriittisyysanalyysin sekä RCM-menetelmän yhdistäminen yhdeksi lomakekokonaisuudeksi, jossa oli mukana myös kunto- ja riskiluokittelu, osoittautui toimivaksi ratkaisuksi. Lomakkeiden tarjoama informaatio on rajattu, jolloin analyysin käytetty aika on suhteessa itse työhön käytettyyn aikaan. Lomakkeiden avulla on jatkossa mahdollista lähteä kehittämään laitteiden vikaantumistietojen tarkempaa juurisyysanalyysiä, mikäli sille on tarvetta.

Yksi tärkeimmistä havainnoista menetelmän toimivuudesta oli se, että useassa vikaantumisessa oli tunnistettavissa yhtymäkohtia toiseen osaan ja itse vika saattoi olla eri osassa kuin itse vikailmoitus oli tehty. RCM-analyysin avulla voidaan tarkastella vikaantumismalleja, jolloin esitetyn tapaiset tilanteet ovat mahdollista tunnistaa ja kohdistaa kunnossapitotoimet oikein. Opinnäytetyön tekeminen Vantaan Energialla antoi hyvän näkymän siihen, minkälainen työ on voimalaitoksen laitteiden vikaantumismallien selvittämisessä. Työn aikana huomasi myös, että laadukkaasti tehty kunnossapitotöiden raportointi auttoi vikaantumismallien sekä vikaantumiseen johtaneiden syiden tarkastelussa.

Opinnäytetyössä kunnossapitohenkilöstön haastatteluiden osuus jäi suunniteltua pienemmäksi, joten tulokset perustuvat pääosin IFS-järjestelmästä saatavilla olevien tietojen tarkasteluun sekä kehitysinsinöörin, koneinsinöörin sekä kunnossapitoasentajan kanssa käytyihin keskusteluihin. Tuloksia voidaan pitää suuntaa antavina ja melko luotettavina. Itse analyysin tekemiseen käytetty aika olisi pitänyt suunnitella tarkemmin, jolloin haastattelut olisi pystynyt toteuttamaan laajemmin luotettavamman otannan saamiseksi.

IFS-järjestelmästä saatuja tietoja voidaan pitää laajuudeltaan melko luotettavina, sillä ne sisälsivät vikatietoja sekä kunnossapito- ja huoltotöiden raportointeja vuosien 2014–2021 ajalta. Tietoja tarkastellessa tuli kuitenkin huomioida, että jätteenpolttolaitos aloitti toimintansa vuonna 2014, joten osa tarkastelujakson alkupuolella ilmenneistä vioista on saatettu korjata laitteen takuukorjauksina. Vuosien aikana tieto kohteen toiminnasta on myös lisääntynyt, joten vikamuotojen tunnistaminen sekä kunnossapitotöiden kohdentaminen on kehittynyt. Työ toteutettiin rajattuun kohteeseen, jolloin informaation määrä pysyi kohtuullisena ja sen tulkitsemisen oli mahdollista. Vikaantumistietojen tulkintaa helpotti aiempi kokemus kunnossapitotöistä sekä työnjohdosta jätevoimalalla.

Lähteet

- 1 Vantaan Energia lyhyesti. Vantaan Energia Oy. Verkkoaineisto. <<https://www.vantaanenergia.fi/ykv/ykv-2019/vantaan-energia-lyhyesti/>>. Luettu 10.8.2021.
- 2 Vantaan Energia. Vantaan Energia Oy. Verkkoaineisto. <<https://www.vantaanenergia.fi/me/vantaan-energia/>>. Luettu 10.8.2021.
- 3 Verkkoaineistojen kuvat. Vantaan Energia Oy. Verkkoaineisto. <https://vantaanenergia.emmi.fi/l/8mwwqfJHwz2J?_ga=2.175189984.370348346.1621757077-880283249.1619863605&_gac=1.113037814.1619863605.Cj0KCQjw-LOEBhDCARI-sABrC0Tmwt2rmO7eLt9ktKQAoRgm6guJbv2wZgekpS4D2bKm4DSUi-HAS8JKQaAsqmEALw_wcB>. Luettu 10.8.2021.
- 4 Monenmuotoista energiaa. Vantaan Energia Oy. Verkkoaineisto. <<https://www.vantaanenergia.fi/me/energiantuotanto/>>. Luettu 10.8.2021.
- 5 Mikkonen, Henry 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. 1. painos. Helsinki: Kunnossapitoyhdistys, Promaint.
- 6 PSK 6201. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. PSK Standardisointiyhdistys ry.
- 7 SFS-EN 13306:2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS ry.
- 8 Moubray, John. RCM II, Reliability Centered Maintenance. Second Edition, Industrial Press Inc. 1997.
- 9 Järviö, Jorma, Piispa, Taina, Parantainen, Timo & Åström, Thomas. 2011. Kunnossapito. 4. painoksen lisäpainos. Helsinki: KP Media Oy.
- 10 Järviö, Jorma. 2000. RCM, Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Rajamäki: KP-Tieto Oy.
- 11 Brochure DD-Jet EN 9.4.2018. Dublix Technology Aps. Verkkoaineisto. <<https://www.dublix.com/sites/default/files/2018-04/Brochure%20DD-Jet%20EN%209.4.2018.pdf>>. Luettu 10.12.2021.
- 12 Hietala, Pekka. 2022. Päivämestari. Vantaan Energia Oy. Vantaa. Haastattelu. 27.4.2022.

- 13 AffaldPlus+, Næstved, 1*8 ton waste/h and 2*4,5 waste/h. Dublix Technology ApS. <<https://www.dublix.com/library/references/affaldplus-naestved-18-ton-wasteh-and-245-wasteh>>. Luettu 10.12.2021.
- 14 Oikarinen, Antti. 2022. Kehitysinsinööri. Vantaan Energia Oy. Vantaa. Sähköpostiviesti. 7.3.2022.
- 15 PSK 6800. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. PSK Standardisointiyhdistys ry.
- 16 Riskienhallinta. Työturvallisuuspakki. Verkkoaineisto. <<https://xn--tyturvallisuuspakki-r6b.fi/riskienhallinta/>>. Luettu 12.2.2022.
- 17 Hurme, Jani. 2022. Koneinsinööri. Vantaan Energia Oy. Vantaa. Puhelinkeskustelu. 21.4.2022.

Kriittisyysanalyysi (laitetaso)

Vantaan Energia

Jätevoimala

Kriittisyysanalyysi vesinuohojen osalle

Vesinuohojen (K1 & K2)

Tekijät: Jani Hurme, Antti Oikarinen ja Anniina Paakkasmaa

Painoarvo

Kerroin

Kriittisyys prosessin

30

Häiriöherkkyys

20

Korjauskustannukset

20

Turvallisuus

5

Ympäristörisi

5

Huom! Kriittisyysluokat pitää määrittää pisteiden pohjalta.

Huom. näitä kertomien arvoja voi muuttaa, päivittyvät taulukkoon.

Kohde	Laitte/apulaite	KKS	Laitte/osa	Kriittisyys	Pisteet	Painoarvo	Kerroin	Pisteet	Painoarvo	Kerroin	Pisteet	Painoarvo	Kerroin	Pisteet	Painoarvo	Kerroin	Pisteet	Painoarvo	Kerroin	Pisteet	Kunto/uoitus
vesinuohojen syöttömoduulin 1 säätöventtiili	Laitte	J1HCC10AA110	KV - Venttiili	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
vesinuohojen syöttömoduulin 1 säätöventtiili	Apulaite	J1HCC10AA110-Y01	IA - Toimilaite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
vesinuohojen vedensyötön moduulin 1 ohjausventtiili	Laitte	J1HCC10AA120	KV - Venttiili	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
vesinuohojen vedensyötön moduulin 1 ohjausventtiili	Apulaite	J1HCC10AA120-Y01	IA - Toimilaite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
vesinuohojen syöttömoduulin 1 sulkuventtiili	Laitte	J1HCC10AA210	KV - Venttiili	90	90	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	2	10	5	0	0	RTF
vesinuohojen vedensulkuventtiili	Laitte	J1HCC10AA220	KV - Venttiili	90	90	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	2	10	5	0	0	RTF
vesinuohojen vedensulkuventtiili	Laitte	J1HCC10AA230	KV - Venttiili	90	90	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	2	10	5	0	0	RTF
Vesinuohojen	Laitte	J1HCC10AF001	K2 - Muu laite/ kone	240	240	30	2	60	20	8	160	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
Vesinuohojen letkukelan moottori	Apulaite	J1HCC10AF001-M01	SM- Sähkö moottori	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
vesinuohojen prosessilaitteet	Laitte	J1HCC10AF100	K2 - Muu laite/ kone	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
vesinuohojen prosessilaitteet	Apulaite	J1HCC10AF100-M01	SM- Sähkö moottori	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
vesinuohojen puhallin 1	Laitte	J1HCC10AN001	KF - Puhallin, kompressor	120	120	30	2	60	20	2	40	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
vesinuohojen puhallin 1	Apulaite	J1HCC10AN001-M01	SM- Sähkö moottori	100	100	30	2	60	20	2	40	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
vesinuohojen vesisuodatin	Laitte	J1HCC10AT001	IN - Instrumenttialite	100	100	30	2	60	20	2	40	20	0	0	5	0	0	5	0	0	4
VESINUOHJOIN ILMAN SUODATIN	Laitte	J1HCC10AT002	KM - Suodatin	100	100	30	2	60	20	2	40	20	0	0	5	0	0	5	0	0	4
VESINUOHJOIN VEDENSYÖTTÖMODUULIN 1 VIRTAUS	Laitte	J1HCC10CF001	IN - Instrumenttialite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
VESINUOHJOIN ISKULETKU 1 ASENTO	Laitte	J1HCC10CG001	IN - Instrumenttialite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
VESINUOHJOIN ASENTO	Laitte	J1HCC10CG002	IN - Instrumenttialite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
VESINUOHJOIN PÄÄTY	Laitte	J1HCC10CG101	IN - Instrumenttialite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
VESINUOHJOIN KOTI	Laitte	J1HCC10CG102	IN - Instrumenttialite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
VESINUOHJOIN VEDEN PAINE	Laitte	J1HCC10CP101	IN - Instrumenttialite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
VESINUOHJOIN MODUULIN 1 VEDEN PAINE	Laitte	J1HCC10CP501	IN - Instrumenttialite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
Painemittari	Apulaite	J1HCC10CP501-P01	IN - Instrumenttialite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
VESINUOHJOIN MODUULIN 1 VEDEN PAINE	Laitte	J1HCC10CP502	IN - Instrumenttialite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
Painemittari	Apulaite	J1HCC10CP502-P01	IN - Instrumenttialite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
VESINUOHJOIN MODUULIN 1 VEDEN PAINE	Laitte	J1HCC10CP503	IN - Instrumenttialite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
Painemittari, paineenalennusventtiili	Apulaite	J1HCC10CP503-P01	IN - Instrumenttialite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
RADIATION PASS CLEANING	Laitte	J1HCC10EA101	IN - Instrumenttialite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
RADIATION PASS CLEANING	Laitte	J1HCC10EA102	IN - Instrumenttialite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
RADIATION PASS CLEANING	Laitte	J1HCC10EA103	IN - Instrumenttialite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
RADIATION PASS CLEANING	Laitte	J1HCC10EG101	IN - Instrumenttialite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
RADIATION PASS CLEANING	Laitte	J1HCC10EG102	IN - Instrumenttialite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF

vesinuohoin ohjauskaappi	Laitte	J1HCC10GH501	KZ - Muu laite / kone	130	130	30	2	60	20	1	20	20	2	40	5	2	10	5	0	0	RTF
vesinuohoin ohjauskaappi	Apulaite	J1HCC10GH501-G01	SL - Muu laite / sähkö	90	90	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	2	10	5	0	0	RTF
vesinuohoin ohjauskaappi	Apulaite	J1HCC10GH501-G02	SL - Muu laite / sähkö	90	90	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	2	10	5	0	0	RTF
vesinuohoin käyttöasema	Laitte	J1HCC10GH510	KZ - Muu laite / kone	130	130	30	2	60	20	1	20	20	2	40	5	2	10	5	0	0	RTF
VESINUOHAIN SUKULUUSTI 1	Laitte	J1HCC11AA101	KV - Venttiilit	90	90	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	2	10	5	0	0	RTF
vesinuohoin suljinkytkinten 1 ohjausventtiili	Apulaite	J1HCC11AA101A	KV - Venttiilit	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
vesinuohoin instrumentti-ilman syötön palloventtiili	Laitte	J1HCC11AA201	KV - Venttiilit	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
VESINUOHAIN ASETO	Laitte	J1HCC11CG001	IN - Instrumenttilaite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
VESINUOHAIN SUKULUUSTIN AUKI	Laitte	J1HCC11CG102	IN - Instrumenttilaite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
VESINUOHAIN SUKULUUSTIN KIINNI	Laitte	J1HCC11CG103	IN - Instrumenttilaite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
VESINUOHAIN SUKULUUSTI 2	Laitte	J1HCC12AA101	KV - Venttiilit	90	90	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	2	10	5	0	0	RTF
vesinuohoin suljinkytkinten 2 ohjausventtiili	Apulaite	J1HCC12AA101A	KV - Venttiilit	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
vesinuohoin instrumentti-ilman syötön palloventtiili	Laitte	J1HCC12AA201	KV - Venttiilit	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
VESINUOHAIN ASETO	Laitte	J1HCC12CG101	IN - Instrumenttilaite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
VESINUOHAIN SUKULUUSTIN AUKI	Laitte	J1HCC12CG102	IN - Instrumenttilaite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
VESINUOHAIN SUKULUUSTIN KIINNI	Laitte	J1HCC12CG103	IN - Instrumenttilaite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
VESINUOHAIN SUKULUUSTI 3	Laitte	J1HCC13AA101	KV - Venttiilit	90	90	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	2	10	5	0	0	RTF
vesinuohoin suljinkytkinten 3 luistiventtiili	Apulaite	J1HCC13AA101A	KV - Venttiilit	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
vesinuohoin instrumentti-ilman syötön palloventtiili	Laitte	J1HCC13AA201	KV - Venttiilit	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
VESINUOHAIN ASETO	Laitte	J1HCC13CG101	IN - Instrumenttilaite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
VESINUOHAIN SUKULUUSTIN AUKI	Laitte	J1HCC13CG102	IN - Instrumenttilaite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
VESINUOHAIN SUKULUUSTIN KIINNI	Laitte	J1HCC13CG103	IN - Instrumenttilaite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
VESINUOHAIN SUKULUUSTI 4	Laitte	J1HCC14AA101	KV - Venttiilit	90	90	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	2	10	5	0	0	RTF
vesinuohoin suljinkytkinten 4 ohjausventtiili	Apulaite	J1HCC14AA101A	KV - Venttiilit	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
vesinuohoin instrumentti-ilman syötön palloventtiili	Laitte	J1HCC14AA201	KV - Venttiilit	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
VESINUOHAIN ASETO	Laitte	J1HCC14CG101	IN - Instrumenttilaite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
AUKI OLEVA LIUKULUKKU MUHVIN 4 KOHDALLA VASEMMALLA KA	Laitte	J1HCC14CG102	IN - Instrumenttilaite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF
LIUKULUKKU KIINNI LIITÄNNÄSSÄ 4, KATTILAN VASEN PUOLI	Laitte	J1HCC14CG103	IN - Instrumenttilaite	80	80	30	2	60	20	1	20	20	0	0	5	0	0	5	0	0	RTF

Kriittisyysanalyysi (varaosat)



Jätevoimala
Kriittisyysanalyysi vesinuohojen osille
Vesinuohaimet (K1 & K2)
Tekijä(t): Jani Hurme, Antti Oikarinen ja

Painoarvo	Kerroin
Kriittisyys prosessin kannalta	30
Häiriöherkkyys	20
Korjauskustannukset	20
Turvallisuus	5
Ympäristöriski	5

HUOM! Kriittisyysluokat pitää määrittää pisteiden pohjalta.

Huom. näitä kertoimia
arvojavoi muuttaa
päivityvät taulukloon.

Kohde	KKS	Laite/osa	Kriittisyys	Pisteet	Kriittisyys prosessin kannalta			Häiriöherkkyys			Korjauskustannukset			Turvallisuus			Ympäristöriski			Kuntoluokitus
					Painoarvo	Kerroin	Pisteet	Painoarvo	Kerroin	Pisteet	Painoarvo	Kerroin	Pisteet	Painoarvo	Kerroin	Pisteet	Painoarvo	Kerroin	Pisteet	
J1HCC10AF001- Vesinuohoin		PYÖRIVÄ SUUTINPÄÄ DUBLIX	240	240	30	2	60	20	8	160	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AF001- Vesinuohoin		TERÄSLETKU DN25 RS331S12 25m	240	240	30	2	60	20	8	160	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AF001- Vesinuohoin		PULSSIAANTURI MIG140-11-02075 STRÖTER	120	120	30	2	60	20	2	40	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AF001-M01- Vesinuohojen letkukelan moottori		PULSSIAANTURI MIG140-11-02075 STRÖTER	120	120	30	2	60	20	2	40	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AF001- Vesinuohoin		PULSSIAANTURI MIG090-11-0167 STRÖTER	120	120	30	2	60	20	2	40	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AF001- Vesinuohoin		MAGNETTIVENTTIILI EV220B 6-22 DN10 2/2 230VAC	100	100	30	2	60	20	1	20	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AT002- VESINUOHJOIN ILMANSUODATIN		IMUSUODATIN MF-16 2" L215MM D103MM 100 MESH	120	120	30	2	60	20	2	40	20	1	20	5	0	0	5	0	0	4
J1HCC10AF001- vesinuohoin puhallin 1		IMUSUODATIN MF-16 2" L215MM D103MM 100 MESH	120	120	30	2	60	20	2	40	20	1	20	5	0	0	5	0	0	4
J1HCC10AF001- Vesinuohoin		LEVYLUISTIVENTTIILI DN 100 ORBINOX EX04 TOIMILAITTEELLA	120	120	30	2	60	20	2	40	20	1	20	5	0	0	5	0	0	4
J1HCC10AF001- Vesinuohoin		PAINELMÄSYNTERTIN TIIVISTESARJA ORBINOX DIR/2006/42/CE(MACH)	120	120	30	2	60	20	2	40	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AF001- Vesinuohoin		LUUKUVAUNU HELM 600	120	120	30	2	60	20	2	40	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AF001-M01- Vesinuohojen letkukelan moottori		MOOTTORI LETKUKELAN JARRULLINEN BN 63C 4 230/400-50 IP55 CLF B14 FA 3.5 230 SA JARRUMOOTTORI	100	100	30	2	60	20	1	20	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AF001- Vesinuohoin		VETOPYÖRÄPARI D58 W35 05B-1 X 19	120	120	30	2	60	20	2	40	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AT001- vesinuohoin vesisuodatin		PUHALLIN KLEEBLOWER KB-429L VESINUOHJOIMEN JÄÄHDYTYSPUHALLIN	100	100	30	2	60	20	1	20	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AN001- Vesinuohojen jäähdytyspuhallin		LUUKUKISKO HELM 600 90DEG R790	120	120	30	2	60	20	2	40	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AF001- Vesinuohoin		LUUKUKISKO HELM 600 SUORA	120	120	30	2	60	20	2	40	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AT001- vesinuohoin vesisuodatin		PAINEENALENNUSVENTTIILI HONEYWELL D06F PN16 DN25 5627266/4132206	100	100	30	2	60	20	1	20	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AT001- vesinuohoin vesisuodatin		SUODATINPATRUUNA HONEYWELL D06F 1 IN	120	120	30	2	60	20	2	40	20	1	20	5	0	0	5	0	0	4
J1HCC10AF001- Vesinuohoin		MERKKIVALO QDS LED ORANSSI 24V AC/DC	100	100	30	2	60	20	1	20	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AF001- Vesinuohoin		VETOPYÖRÄSTÖ VESINUOHJOIMEEN	140	140	30	2	60	20	2	40	20	2	40	5	0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AF001- Vesinuohoin		OHJAINHOLKKI VESINUOHJOIMEEN 253MA LÄMMÖNKESTÄVÄ	240	240	30	2	60	20	8	160	20	1	20		0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AF001- Vesinuohoin		JÄÄHDYTYSVESILETKU VESINUOHJOIMEN SUPPILON	100	100	30	2	60	20	1	20	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AF001- Vesinuohoin		METALLILETKU DN25 L= 14 METRIÄ AISI 316L/304 SUUTTIMEN PÄÄ	240	240	30	2	60	20	8	160	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AF001- Vesinuohoin		METALLILETKU DN25 L= 11 METRIÄ AISI 316L/304 RUMMUN PÄÄ	240	240	30	2	60	20	8	160	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AF001- Vesinuohoin		VAIHTOSUODATIN ES06F-1B 4132282	120	120	30	2	60	20	2	40	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AF001- Vesinuohoin		10010914- METALLILETKU DN25 L= 11 METRIÄ AISI 316L/304 RUMMUN PÄÄ KEHITETTY KIINNITYS	240	240	30	2	60	20	8	160	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF
J1HCC10AF001- Vesinuohoin		10010913- METALLILETKU DN25 L= 14 METRIÄ AISI 316L/304 SUUTTIMEN PÄÄ KEHITETTY KIINNITYS	240	240	30	2	60	20	8	160	20	1	20	5	0	0	5	0	0	RTF

RCM-informaatiolomake

[illegible]

Vesinuohoimen letkukela: J1HCC10AF001 ja J2HCC10AF001	Letku kelaautuu ja laskeutuu automaattisesti nuohouksen syklien mukaisesti. Logiikka perustuu pulssianturien välittämään sijaintitietoon. Letku laskeutuu alas nuohottavan supplon kohdalla ja kelaautuu ylös kun nuohous on ohi.	Letku saattaa kelaautua kaksinkerroin tai jäädä roikkumaan liian alas. Liian alhaalla roikkuva letku saattaa osua suppiloihi, joka altistaa letkun rispaantumislle. Vesinuohoin ei näytä matka-/paikkatietoja näyttöillä.	Pulssinanturi on rikki. Letkukukelan moottorin ja jarrun vika	Pulssianturi on vikaantunut käytön aikana. Letkun vaihdon jälkeen vesinuohointa ei ole uudelleenkäynnistetty ja vaunun kotipaikka (nolla haku) haku on jäänyt tekemättä.	Satunnainen	Puolivuositain	Mekaanisen kunnossapidon asentaja käy tarkastamassa, onko vika letkusta johtuva. Mikäli mekaanista vikaa ei löydy, niin sähkö- ja automaatioasentaja tulee tarkastamaan kohteen. Korkeudensäädön nollaus sekä uudelleen säätö poistaa yleensä ongelman.	Korjaus onnistuu yleensä yhden työpäivän aikana.	Violtunut letku voi laskea nuohouksen tehokkuutta, jolloin kattilan lämmönsiirrin pinnat likaantuvat, joka vaikuttaa kattilan ajoon mm. tehon alentumisella. Tulistuspaketin lämpötila nousee, jos nuohous ei toimi. Vesinuohous myös alentaa savukaasujen lämpötilaa, joten alentunut nuohousteho saattaa vaikuttaa savukaasujen puhdistusprosessiin.	2	2	3
J2HCC10AF001-M01 Vesinuohoimen letkukelan moottori	Letkukelan moottori nostaa ja laskee nuohoimen letkun.	Rummun moottorin suojakotelon tarkoituksena on vähentää tapaturmariskiä.	Rummun moottorin suojakotelo ei ole paikallaan	Kotelo tai sen kiinnitys on saattanut hajota. Inhimillinen virhe ja kotelo on jätetty asentamatta takaisin kunnossapitotöiden jälkeen.	Satunnainen	Vuosittain tai harvemmin	Työturvallisuusriski: Riskistä ilmoittaminen ja korjaustöiden tekeminen mahdollisimman nopeasti.	Vika voidaan korjata kattilan normaalin käytön aikana. Korjauksen kesto ≤ 3h		2	2	3
J2HCC10AF001-M01 Vesinuohoimen letkukelan moottori	Letkukelan moottori nostaa ja laskee nuohoimen letkun.	Siirtokellon ylös/alas liikkeissä moottorin jarru ei vapaudu. Kolkuttelemalla jarrua kylkeen lähtee letkukela taas kelautumaa hetkeksi.	Tamussa häiriö A2010 Mikä viittaa moottorin yllilämpöön.	Taajuusmuuttajan häiriö A2010 (yllilämpö): - siirtokellon jumittanut liukukiskoon - jumittumisen syynä voi olla vikaantuneet tai huonokuntoiset vetopyörien kumipäälysteet tai kiskossa oleva ulkonema/notko, johon vetopyörästä jumittuu - vetopyörästä kumipinnnoiteen liimaus voi pettää, jolloin kumipinnnoite lähtee "sutimaan" ja vaunu ei liiku Logiikkavirhe: - järjestelmän logiikka voi jostain syystä olla resetoitunut	Satunnainen	Vuosittain tai harvemmin		Korjaus onnistuu yleensä yhden työpäivän aikana.	Violtunut letku voi laskea nuohouksen tehokkuutta, jolloin kattilan lämmönsiirrin pinnat likaantuvat, joka vaikuttaa kattilan ajoon mm. tehon alentumisella. Tulistuspaketin lämpötila nousee, jos nuohous ei toimi. Vesinuohous myös alentaa savukaasujen lämpötilaa, joten alentunut nuohousteho saattaa vaikuttaa savukaasujen puhdistusprosessiin.	1	2	2
Vesinuohoin (nuohoslogiikka) J1HCC10AF001 ja J2HCC10AF001	Nuohous toimii pääsääntöisesti autonomaatiolla, mutta sitä on myös mahdollista ajaa käsiajolla. Nuohouksen sijaintitieto perustuu pulssianturien välittämään tietoon.	Vääränlainen logiikkaa nuohouksessa: - Nuohoin ei kohdistaa nuohous suppilolle - Letku kelaautuu väärin - Letku roikkuu liian alhaalla, jolloin se osuu suppiloihin - Letku ei rekisteröidy putkeen.	Letkukelan moottorin ja jarrun vika Vikaantunut pulssianturi: - sijaintitieto ei välity - pulssia ei tule letkurummun moottorilta - vääränlainen pulssianturi Järjestelmän logiikan tahaton resetointi	Jarrun likaantuminen. Pulssianturien logiikka saattaa olla peilikuva, vaikka anturi muuten samanlainen. Voidaan asentaa ristiin logiikkatuloon. Järjestelmä on saatettu resetoitua vahingossa, esim. sähkösuodattimen alustulon yhteydessä.	Satunnainen	Vuosittain tai harvemmin			Puutteellisesti tapahtuva tai kokonaan väliin jäävä nuohous aiheuttaa kattilan lämmönsiirrinten likaantumista, joka saattaa vaikuttaa kattilan ajoon. Tulistuspaketin lämpötila nousee, jos nuohous ei toimi. Vesinuohous myös alentaa savukaasujen lämpötilaa, joten alentunut nuohousteho saattaa vaikuttaa savukaasujen puhdistusprosessiin.	2	2	3
Vesinuohoin: magneettiventtiili J1HCC10AF001 ja J2HCC10AF001	Vesinuohoin käyttää vettä vain nuohouksen aikana.	Nuohoin ei saa vettä	Vesinuohoimen vedensyöttö ei toimi.	Vedensyöttö ei toimi vikaantuneiden magneettiventtiilien seurauksena. Magneettiventtiilien kelat vääriä jännitteillä.	Satunnainen	Vuosittain tai harvemmin	Nuohous voi tapahtua ilman vettä, jolloin kattilaan menevät osat altistuvat liian korkeille lämpötiloille, Vedensyöttö toimii myös nuohoimen jäähdytysjärjestelmänä.		Vesinuohoin ei saa vettä, jolloin nuohousta ei tapahdu. Vesi toimii myös nuohoimen jäähdytysnesteenä, joten kattilaan menevät osat eivät kestä korkeita lämpötila ilman vesijäähdytystä.	2	1	2

Vesinuohoimen siirtokelkka: J1HCC10AF001 ja J2HCC10AF001	Vesinuohoimen siirto kotipesältä nuohoussuppliloiden päälle. Siirtokelkka laskee sijainnin kotipesästä vetopyörän halkaisijan ja pulssinaturin avulla.	Siirtokelkka jää jumiin kiskoon. Siirtokelkan vetopyörästä suti. Siirtokelkan vetopyörästä ei ota kiinni kiskoon. Nuohouksen automaatio ei toimi, koska pulssianturien toiminta häiriintyy kelkan jumittassa.	Siirtomoottorin häiriöt: - siirtokelkan jäädessä jumiin se saattaa aiheuttaa taajuusmuuttajan häiriön - moottori ottaa tehója yli 100% Paikoitusongelmat: - vesinuohoin ei löydä supplilaa tai ajaa ohi - letku kelaatuu väärin - letku ei rekisteröidy putkeen	Kiskot kuluneet mutkasta, koska kannatinrisat hankaa, tästä syystä ohjainrulla jäi jumiin kiskon väliin. Kiskojen metalli on saattanu elää, jolloin kiskot eivät ole enää suorassa linjassa. Kiskoissa saattaa olla ulkonema kuten hitsisauma, johon vetopyörästä jumittaa.	Satunnainen	Vuosittain tai harvemmin	Siirtomoottorin häiriöistä tulee ilmoitus		Puutteellisesti tapahtuva tai kokonaan väliin jäävä nuohous aiheuttaa kattilan lämmönsiirringintojen likaantumista, joka saattaa vaikuttaa kattilan ajoon. Tulistinpakettien lämpötila nousee, jos nuohous ei toimi. Vesinuohous myös alentaa savukaasujen lämpötilaa, joten alentunut nuohousteho saattaa vaikuttaa savukaasujen puhdistusprosessiin.	2	2	3
Vesinuohoimen siirtokelkka ja vetopyörästä: J1HCC10AF001 ja J2HCC10AF001	Vesinuohoimen siirto kotipesältä nuohoussuppliloiden päälle. Siirtokelkka laskee sijainnin kotipesästä vetopyörän halkaisijan ja pulssinaturin avulla.	Siirtokelkka jää jumiin kiskoon. Siirtokelkan vetopyörästä suti. Siirtokelkan vetopyörästä ei ota kiinni kiskoon. Nuohouksen automaatio ei toimi, koska pulssianturien toiminta häiriintyy kelkan jumittassa.	Siirtokelkan vetopyörästä vika: - vetopyörästä kumien rikkoontuminen tai kiilautuminen - vetopyörästä muiden osien hajoaminen vetopyörän ja kiskon väliin - vetopyörästä ketjun hajoaminen	Vetopyörän kumipinnoite on kulutusosa, joten rasitus sekä ympäristön olosuhteet altistavat niiden kulumiselle. Kumipinnan asennustapa: - liima ei välttämättä pidä, jolloin kumipinnoite irtaosa ja jää kiskon sekä vetopyörästä väliin.	Satunnainen	Puolivuositain	Vika huomataan yleensä ennakkohuoltotoimin tekemässä tarkastuksessa: melu, lämpötila ja tärinä	Korjaus onnistuu yleensä yhden työpäivän aikana.	Puutteellisesti tapahtuva tai kokonaan väliin jäävä nuohous aiheuttaa kattilan lämmönsiirringintojen likaantumista, joka saattaa vaikuttaa kattilan ajoon. Tulistinpakettien lämpötila nousee, jos nuohous ei toimi. Vesinuohous myös alentaa savukaasujen lämpötilaa, joten alentunut nuohousteho saattaa vaikuttaa savukaasujen puhdistusprosessiin.	2	2	3
Pulssianturi(t) J1HCC10AF001 ja J2HCC10AF001	Pulssianturi laskee siirtokelkan sijainnin ja ohjaa sen kulkua	Pulssianturin sijaintiedot perustuu vetopyörästä liikkeeseen. Rikkiäinen anturi ei toimi tai vikaantunut vetopyörästä aiheuttaa virheen sijaintitietojen laskemisessa.	Vikaantunut pulssianturi (harvinainen) Siirtokelkan vetopyörästä vikaantuminen. Kiskossa esiintyvä vika.	Vetopyörän kumipinnoite on kulutusosa, joten rasitus sekä ympäristön olosuhteet altistavat niiden kulumiselle. Kumipinnan asennustapa: - liima ei välttämättä pidä, jolloin kumipinnoite irtaosa ja jää kiskon sekä vetopyörästä väliin.	Satunnainen	Puolivuositain	Pulssianturin toiminnan häiriintyminen näkyy siinä, että vaunun paikoitus ei toimi.	Korjaus onnistuu yleensä yhden työpäivän aikana.	Nuohoimen toiminta estyy, jos pulssianturi on rikki. Paikoituksen häiriöissä nuohoin saattaa jättää suppliloita välistä. Puutteellisesti tapahtuva tai kokonaan väliin jäävä nuohous aiheuttaa kattilan lämmönsiirringintojen likaantumista, joka saattaa vaikuttaa kattilan ajoon. Tulistinpakettien lämpötila nousee, jos nuohous ei toimi. Vesinuohous myös alentaa savukaasujen lämpötilaa, joten alentunut nuohousteho saattaa vaikuttaa savukaasujen puhdistusprosessiin.	2	2	3
Vesinuohoimen jäähdytyspuhallin J1HCC10AN002	Jäähdytyspuhallin	Puhaltimen lämpötila 120 °C	Puhaltimen lämpötila nousee	Puhaltimen imuosudatin likaantunut	Satunnainen	Vuosittain tai harvemmin	Vika huomataan yleensä ennakkohuoltotoimin tekemässä tarkastuksessa: melu, lämpötila ja tärinä	Puhaltimet huolletaan vuosihuollossa vuosittain	Vesinuohoimen jäähdytyspuhalltimen lämpötila nousee.	1	2	2

RCM-päätöksentekolomake



Vantaan Energia									
RCM-päätöksentekolomake									
Kohde									
Laiteryhmä Vesinuohoimet									
Tekijä(t) Anniina Pakkasmaa									
Päiväys 27.4.2022									
Laite/KKS	Suosittelava toimenpide	TT	Ohje	Huoltoväli	Resurssit	Varaosat	Muuta huomioitavaa	Arvioitu uusi vikaväli MTTF	Muutosehdotus
	Soveltuvin ja tehokkain huoltotoimenpide, jolla vikamuodon riski voidaan alentaa		Onko olemassa ohjetta toimenpiteelle?	Kuinka usein toimenpide tehdään?	Kuka suorittaa toimenpiteen ja siihen kuluva aika	Mitä varaosia tarvitaan ja niiden saatavuus		Mikä on vikaväliarvio, jos huolto tehdään?	Onko vikaantuminen estettävissä uudelleensuunnittelulla?
Vesinuohoin: J1HCC10AF001 ja J2HCC10AF001 Nuohoimen letku	Letkun kelauminen tulee tarkistaa vaihdon yhteydessä. Vaihdon yhteydessä tulee myös ajaa siirtokelkalla täysi kierros ja varmistaa sen asianmukainen toiminta. Nolla-haun teko letkunvaihdon jälkeen. Ylemmän letkun puristeliitoksesta ei kannata pitää kiinni putkareilla koska se saattaa hajottaa liitoksen, kyseisessä kohtaa on mutteri avaimelle.				Letkun vaihto kuuluu mekaanisen kunnossapidon puolelle. Selkeä ohjeistus siitä, kuka tekee nolla haun (mek.kupi vai käyttö) Sähkö- ja automaatiokunnossapito hoitaa automaation tarkastuksen ja säädön, esim. letkun korkeuden säätö.	• 10001330 TERÄSLETKU DN25 RS331S12 25m • 10010913 METALLILETKU DN25 L= 14 METRIÄ AISI 316L/304 SUUTTIMEN PÄÄ • 10010914 METALLILETKU DN25 L= 11 METRIÄ AISI 316L/304 RUMMUN PÄÄ • 10011297 (10010914) - METALLILETKU DN25 L= 11 METRIÄ AISI 316L/304 RUMMUN PÄÄ KEHITETTY KIINNITYS • 10011298 (10010913) - METALLILETKU DN25 L= 14 METRIÄ AISI 316L/304 SUUTTIMEN PÄÄ KEHITETTY KIINNITYS		Letku on muutettu 2-osaiseksi, jolloin on mahdollista vaihtaa vain vioittunut osa letkusta, tämä säästää myös varaosakustannuksissa. 2-osaisen letkun vaihtaminen on myös helpompaa kuin alkuperäisen pitkän letkun.	
Vesinuohoin: J1HCC10AF001 ja J2HCC10AF001 Pyörivä suutinpää DUBLIX	Suutinpään toiminnan tarkastus käsin pyörittämällä. Suuttimen pyörimissuunnalla ei ole merkitystä toiminnan kannalta. Ennakoiva vaihto ennen kuin itse vikaantuminen tapahtuu. Esimerkiksi 6 kuukauden välein. Käyttökäyttöön selkeä ohjeistus siitä, minkälainen on toimiva suutin ja minkälainen on vikaantunut suutin. Tämä helpottaa tulkintaa siitä, onko suutin vikaantunut vai ei. Mekaanisen kunnossapidon puolelta voisi käydä esimerkiksi kunnossapitoasentaja näyttämässä sekä vikaantuneen että ehjän suuttimen.			Puolivuositain	Suutinpään ja ohjainholkkien vaihto kuuluu mekaanisen kunnossapidon puolelle.	• 10001329 PYÖRIVÄ SUUTINPÄÄ DUBLIX • 10009616 OHJAINHOLKKI VESINUOHOIMEEN 253MA LÄMMÖNKESTÄVÄ • Lukitusruuvit			-

Vesinuohojen letkukela: J1HCC10AF001 ja J2HCC10AF001	Siirtokelkan vetopyörästäön kunnan visuaalinen tarkistus säännöllisesti. Kovettunut kumipinta tai vikaantunut kumipinta saattaa aiheuttaa siirtopyörästäön sutimista/vikaantumisen, jolloin pulssiantureille ei välttämättä välity oikea tieto. Tämä saattaa johtaa paikoituksen heittoihin, joka voi aiheuttaa letkun kelautumisen väärin. Letkun vaihdon yhteydessä tulee suorittaa ns. nollahaku ja tarkistaa vaunun toiminta. Tällöin havaitaan onko letku oikealla korkeudella.				Letkun vaihto kuuluu mekaanisen kunnossapidon puolelle. Selkeä ohjeistus siitä, kuka tekee nolla haun (mek.kupi vai käyttö) Sähkö- ja automaatiokunnossapito hoitaa automaation tarkastuksen ja säädön, esim. letkun korkeuden säätö.	• 10003972 PULSSIANTURI MIG090-11-0167 STRÖTER • 10003971 PULSSIANTURI MIG140-11-0207S STRÖTER • 10004142 MAGNEETTIVENTTIILI EV220B 6-22 DN10 2/2 230VAC			-
J2HCC10AF001-M01 & J21CC10AF001-M01 Vesinuohojen letkukelan moottori	Siirtokelkan vetopyörästäön kunnan visuaalinen tarkistus säännöllisesti.				Letkukelan moottori kuuluu sähkö- ja automaatiokunnossapidon puolelle. Mekaanisen kunnossapidon puolelle kuuluu vetopyörästäö.	• 10003971 PULSSIANTURI MIG140-11-0207S STRÖTER • 10009593 VETOPYÖRÄSTÖ VESINUOHOIMEEN • 10005676 VETOPYÖRÄPARI D58 W35 05B-1 X 19			-
Vesinuohoin (nouhoslogiikka) J1HCC10AF001 ja J2HCC10AF001	Siirtokelkan vetopyörästäön kunnan visuaalinen tarkistus säännöllisesti. Nollahaun ajaminen letkun vaihdon yhteydessä. Pulssianturien toiminnan tarkastus.				Selkeä ohjeistus siitä, kuka tekee nolla haun (mek.kupi vai käyttö) Sähkö- ja automaatiokunnossapito: pulssianturit Mekaaninen kunnossapito: vetopyörästäön				-
Vesinuohojen siirtokelkka ja vetopyörästäö: J1HCC10AF001 ja J2HCC10AF001	Siirtokelkan ja vetopyörästäön kunnan visuaalinen tarkkailu. Sopiva liimaa kumipinnoitteen vaihdo yhteydessä (2-komponentti) Tunnistetaan vetopyörästäön vikaantumisen vaikutukset pulssianturien toimintaan.				Mekaaninen kunnossapito: vetopyörästäö Sähkö- ja automaatiokunnossapito: pulssianturit	• 10005267 LIUKUVAUNU HELM 600 • 10009593 VETOPYÖRÄSTÖ VESINUOHOIMEEN • 10005676 VETOPYÖRÄPARI D58 W35 05B-1 X 19 • 10006695 LIUKUKISKO HELM 600 90DEG R790 • 10006696 LIUKUKISKO HELM 600 SUORA • Vetopyörän kumipinnoite (sorvattava)			-