



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

JUUSO NUOTIOMAA

Kylmävalssaimen toiminnan varmistaminen ja kriittisyysluokittelu

KONETEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA
2020

Tekijä(t) Nuotiomaa, Juuso	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 12/2020
	Sivumäärä 50	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Kylmävalssaimen toiminnan varmistaminen ja kriittisyysluokittelu		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan koulutusohjelma		
Tiivistelmä Opinnäytetyön tavoitteena oli kylmävalssaimen kriittisten osien ja laitteiden kartoitus sekä toiminnan varmistaminen. Työ tehtiin Aurubis Finland Oy:n kuparivalssaukseen. Työ kohdistui yrityksen kuormitetuimmalle kylmävalssaimelle, achenbachille. Tavoitteena oli kartoittaa kylmävalssaimen kriittisimmät kohteet kriittisyysluokittelua hyödyntäen ja löytää kunkin laitteen tyypillisin vikamuoto. Työn aikana päivitettiin myös kohteen ennakkohuolto-ohjelma ja käyttäjähuolto sekä keskityttiin varaosasaatavuuteen. Achenbach on yrityksen jatkotuotannon kannalta erityisen tärkeä kone, sillä suurin osa yrityksen tuotteista valssataan sen kautta. Valssain oli myös muodostunut pullonkaulaksi, joka edellyttää kohteelta korkeaa käyttövarmuutta. Työn aikana valssaimella oli myös käynnissä tuottavuusprojekti, jonka tavoitteena oli parantaa valssaimen tuottavuutta. Työn teoriaosuudessa käsiteltiin yleisimpiä kunnossapidon menetelmiä ja toimintatapoja. Kunnossapidon menetelmistä tuottava kunnossapito ja kunnonvalvonta käsiteltiin tarkemmin. Opinnäytetyön teoriaosuudessa tarkasteltiin myös VVKA:n toimintatapoja kriittisyysanalyysin suorittamiseksi. Opinnäytetyön käytännön osuus suoritettiin perehtymällä kylmävalssaimen toimintaan. Käytännön osuudessa tutustuttiin valssaimen päälaitteisiin sekä laadittiin kriittisyysanalyysi kohteista, jotka ovat valssaimen toiminnan kannalta kriittisiä. Lopuksi käsiteltiin kriittisyysanalyysin tulokset sekä kirjattiin suositeltavat toimenpiteet riskien pienentämiseksi.		
Asiasanat kriittisyys, kunnossapito, kylmävalssain, kunnonvalvonta		

Author(s) Nuotiomaa, Juuso	Type of Publication Bachelor's thesis	Date 12/2020
	Number of pages 50	Language of publication: Finnish
Title of publication Ensuring the operation of cold rolling mill and criticality classification		
Degree program Degree Programme in Mechanical Engineering		
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to make an analysis for cold rolling mill's critical parts and actuators and ensuring the operation. The thesis was made for Aurubis Finland's copper rolling mill. This thesis focused on company's most stressed cold rolling mill, achenbach. The aim was to analyze the most critical units of the cold rolling mill by utilizing criticality classification and to find the most typical fault form of each actuator. During the thesis, the preventive maintenance program and user maintenance was also updated and focused on spare part availability.</p> <p>Achenbach is a particularly important machine for the company's further production, for the most part of the company's products are rolled through it. The rolling mill had also formed a bottleneck that requires unit's high reliability. During the thesis, the rolling mill also had an ongoing productivity project, with the goal of improving the rolling mill's productivity.</p> <p>The theoretical part of the work focused on the most common maintenance methods and procedures. Productive maintenance and condition monitoring were discussed in more detail. The theoretical part of the thesis also examined VVKA's operating methods for performing criticality analysis.</p> <p>The practical part of the thesis was carried out by getting acquainted with the operation of a cold rolling mill. The practical part introduced the main equipment of the rolling mill and a criticality analysis was performed on actuators that are critical to the operation of the rolling mill. Finally, the results of the criticality analysis were discussed and the recommended measures to reduce the risks were recorded.</p>		
<p><u>Key words</u> criticality, maintenance, cold rolling mill, condition monitoring</p>		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 KOHDEYRITYS	7
2.1 Aurubis AG	7
2.2 Aurubis Finland Oy	9
2.3 Valssaus toiminta Aurubiksella	10
3 KUNNOSSAPITO YLEISESTI	11
3.1 Tausta	11
3.2 Ehkäisevä kunnossapito	12
3.3 Korjaava kunnossapito	13
3.4 Parantava kunnossapito	14
4 KUNNOSSAPIDON TOIMINTAMALLIT	16
4.1 TPM – Tuottava kunnossapito	17
4.1.1 Päämäärät	18
4.1.2 TPM ohjelman toteutuminen	19
4.2 Käyttäjäkunnossapito	19
5 KUNNONVALVONTA	21
5.1 Syyt	22
5.2 kunnonvalvontajärjestelmät	22
5.3 Vikaantumistavat	23
5.4 Kunnanvalvonnan menetelmät	24
5.4.1 Värähtely	25
5.4.2 Lämpötila	26
5.4.3 Voiteluanalyysi	27
5.4.4 Sähkövirta	28
6 VVKA	29
6.1 VVA tyypit ja lähestymistavat	29
6.1.1 Bottom-up	30
6.1.2 Top-down	30
6.2 PSK 6800 Kriittisyysluokittelu	31
6.2.1 Kriittisyysindeksin laskenta	32
7 ACHENBACH KYLMÄVALSSAIN	35
7.1 Valssaimen päälaitteet	37
7.2 Laitteiden kartoitus	38
7.2.1 Kriittisyysluokat	38
7.3 Kriittisyysanalyysi	39

7.3.1 Tulokset ja suositukset	41
8 VARAOSAT	44
9 HUOLTO-OHJELMAT	45
9.1 Ennakkohuolto	45
9.2 Käyttäjahuolto	47
10 YHTEENVETO	48
LÄHTEET	
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Teollisuuden kasvaessa ja kehittyessä, on nykypäivänä tärkeää varmistaa tuotannon jatkuvuus sekä varautuminen kriittisiin konerikkoihin. Teollisuuden asiakkaat vaativat yhä enemmän toimitusvarmuutta ja lyhyempiä toimitusaikoja. Edellä mainittuihin asioihin kiinnitettiin erityistä huomiota tässä opinnäytetyössä parantaen kylmävalssaimen toimintavarmuutta laitteiden kriittisyysluokittelua hyödyntäen.

Tämän opinnäytetyö tehtiin Aurubis Finland Oy:n valssaamon tärkeimmälle ja kuorimitetuimmalle kylmävalssaimelle. Työssä perehdyttiin kylmävalssaimen toimintaan ja yrityksen kunnossapitojärjestelmään. Päättävöitteena oli kylmävalssaimen kriittisten laitekokonaisuuksien kartoitus ja ennalta arvaamattomien laiterikkojen minimointi sekä varaosien saatavuus. Pääpainona laitekokonaisuuksien kartoittamisessa pidettiin mahdollisia konerikkoja, jotka aiheuttavat huomattavan seisakin tuotannossa. Työssä keskityttiin myös kylmävalssaimen ennakkohuolto-ohjelmaan ja käyttäjähuoltoon sekä varaosien saatavuuteen mahdollisten laiterikkojen varalta.

Aiheena kylmävalssaimen jatkuva käynti on erittäin tärkeä, sillä suurin osa valssaamon koneista ovat riippuvaisia sen toiminnasta. Lisäksi kylmävalssain on muodostunut pullonkaulaksi valssaamossa tuotteiden läpimenoaikojen lyhentyessä. Olen työskennellyt yrityksen tuotannossa sekä tuotannon kehitysinsinöörinä ja ollut mukana kylmävalssaimen tehostamisprojektissa, joten aihe oli erittäin mielenkiintoinen.

Työ rajattiin yhdelle valssaamon kolmesta kylmävalssaimesta, ajatuksena jatkossa soveltaa kylmävalssaimen kriittisten laitekokonaisuuksien kartoitus ja kunnossapidon tehokas optimointi tulevaisuudessa myös yrityksen muilla valssaimilla.

2 KOHDEYRITYS

Tämä opinnäytetyö sijoittuu kupariteollisuuspuistoon, joka on yli 100 hehtaarin kokoinen kupariteollisuuden keskittymä Kokemäenjoen läheisyydessä Porissa. Kupariteollisuuspuiston alueella toimii lukuisia kansainvälisiä yrityksiä, niiden yhteistyökumppaneita sekä alihankkijoita. Suurin osa alueen yrityksistä tekee yhteistyötä sekä toimii kuparin jalostamisen parissa. (kupariteollisuuspuiston www-sivut 2020)

Kupariteollisuuspuisto työllistää noin 1400 työntekijää. Alueen kansainväliset yritykset omaavat alansa uusinta tietoa sekä teknologiaa. Kupariteollisuuspuiston yritykset ovat oman alansa kärkeä sekä kantavat vastuunsa niin ympäristö-, ihmis- kuin talousasioissakin. (kupariteollisuuspuiston www-sivut 2020)



Kuva 1. Kupariteollisuuspuisto (Aurubis Finland Oy:n www-sivut 2020)

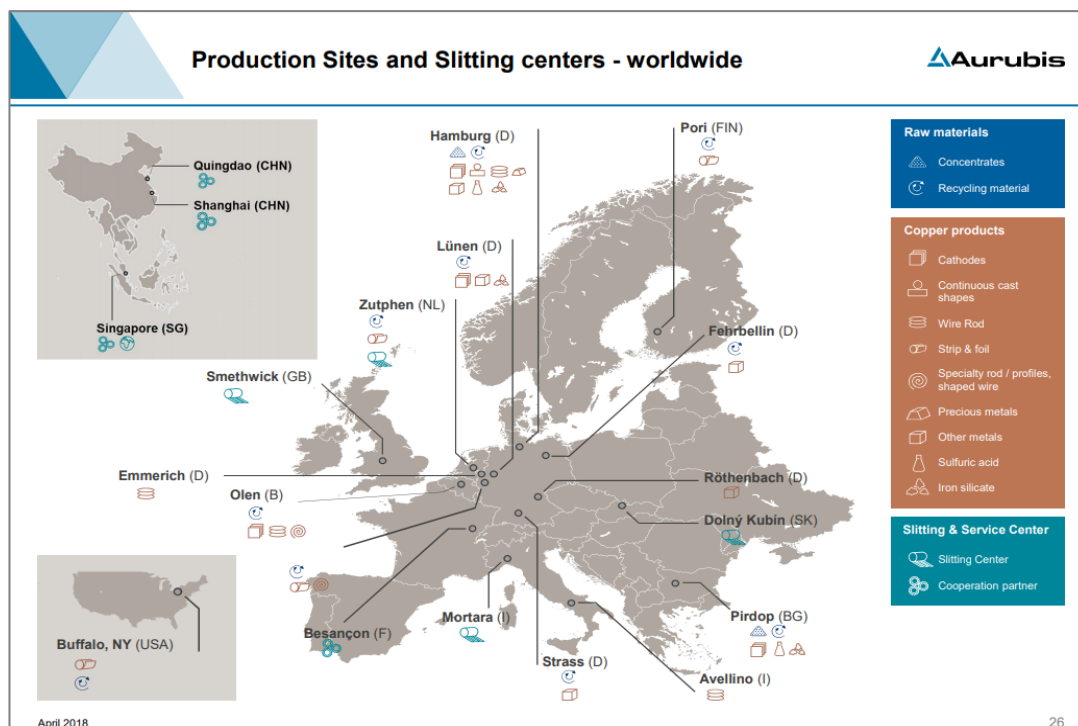
2.1 Aurubis AG

Aurubis AG on yli 150 vuoden kokemuksella Euroopan suurin kuparintuottaja sekä maailman suurin kuparinkierrättäjä. Aurubis-konserni työllistää noin 7400 työntekijää yli 20 maassa, kolmella eli mantereella. Saksalaisomisteisen Aurubis AG:n

ydintoiminta keskittyy pääsääntöisesti Eurooppaan, Saksaan, mutta yhtiöllä on myös tuotantolaitoksia Pohjois-Amerikassa sekä muualla Euroopassa. Aurubis AG:n myynti- ja palvelutoiminta sijoittuu Eurooppaan, Aasiaan ja Pohjois-Amerikkaan. (Aurubis-konsernin [www-sivut 2020](#))

Yritys tuottaa yli miljoona tonnia kuparikatodia vuodessa romukuparista, kierrätetyistä raaka-aineista ja rikasteesta. Kuparikatodit jatkojalostetaan mm. valssatuiksi tuotteiksi, nauhoiksi, profiileiksi, erikoislangoiksi ja arkkitehtuurisiksi julkisivutuotteiksi. Yritys valmistaa myös erikoisseoksia, kuten messinkiä ja tinapronssia sekä kierrättää ja valmistaa myös arvometalleja. Yritys on yksi suurimmista rikkihapon tuottajista sekä tärkeä rikkihapon toimittaja globaaleilla markkinoilla. (Aurubis-konsernin [www-sivut 2020](#))

Aurubis AG:n tytäryhtiöiden tukemana Aurubiksen toimintalaajuus kattaa laajasti kuparin valmistus- ja jalostusprosessin raakamalmista puolivalmisteisiin sekä valmiisiin tuotteisiin. Aurubiksen tuottaman erittäin puhtaiden kuparivalmisteiden asiakkaina ovat pääsääntöisesti autoteollisuus, sähkö- ja elektroniikkateollisuus, rakennusala ja uusiutuvan energia-alan yritykset. (Aurubis-konsernin [www-sivut 2020](#))



Kuva 2. Aurubis AG:n tuotantolaitokset ja leikkuupalvelukeskukset. (Aurubis intranet 2020)

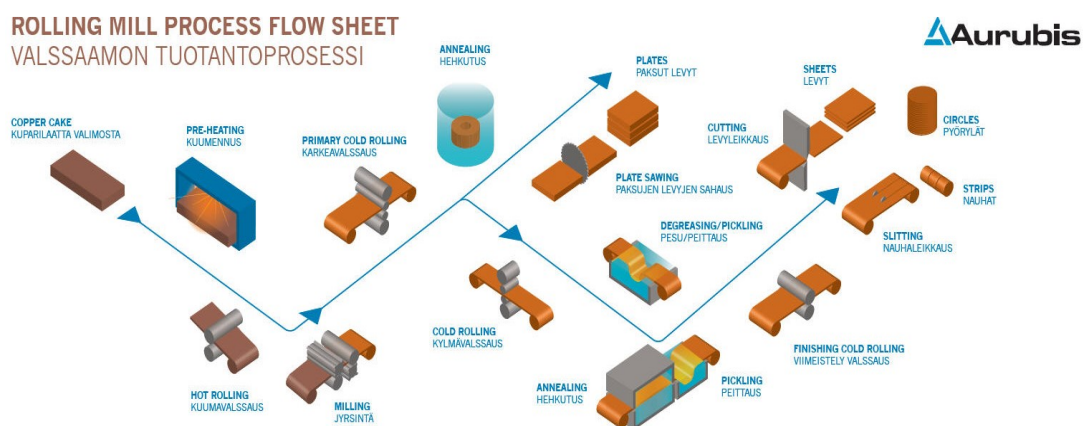
2.2 Aurubis Finland Oy

Aurubis Finland Oy sijaitsee Porin kupariteollisuuspuistossa Kokemäenjoen varrella. Yritys työllistää noin 260 työntekijää ja on pohjoismaiden ainoa kuparivalssaamo, jolla on integroitu valimo sekä patinointilinja julkisivukuparien valmistukseen. Aurubis Finland Oy:n valmistamia tuotteita ovat valanteet, valssatut kuparilevyt, nauhat ja pyörylät. Yritys valmistaa puhtaan kuparin lisäksi tuotteita erilaisista metalliseoksista. (Aurubis Finland Oy:n www-sivut 2020)

Suurin osa Aurubis Finland Oy:n valmistamien tuotteiden asiakkaina ovat sähkö-, elektroniikka- ja rakennusteollisuuden yritykset. Yrityksen tuotteet mahdollistavat laajan käytettävyyden myös muilla teollisuudenaloilla, jotka vaativat korkean sähkön- ja lämmönjohtavuuden lisäksi muokattavuutta. Aurubis Finland Oy:n valmistamista tuotteista menee noin 90 prosenttia ulkomaanvientiin. (Aurubis Finland Oy:n www-sivut 2020)

2.3 Valssaustoiminta Aurubiksella

Valssaamon tuotantoprosessi alkaa valimon valamasta kuparivalanteesta. Valanne hehkutetaan punahehkuiseksi, jonka jälkeen valanne kuumavalssataan ohuemmaksi. Kuumavalssauksen jälkeen tuotteesta voidaan tehdä joko rulla, tai jättää se suoraksi laataksi. Kuumavalssatusta tuotteesta jyrstitään valssauksessa syntynyt oksidi pois jyr-sinkoneella. Jyrsinän jälkeen tuote kylmävalssataan. Kylmävalssauksessa tuote ohenee, pitenee ja muokkaus lujittuu. Kun tuote on kylmävalssattu haluttuun paksuusmittaan, voidaan se hehkuttaa tavoitekovuuden saamiseksi, pestä ja peitata. Tämän jälkeen valssattu tuote leikataan ja pakataan leikkureilla asiakkaan tilauksen mukaisesti.



Kuva 3. Aurubis Finland Oy:n tuotantoprosessi (Aurubis intranet 2020)

3 KUNNOSSAPITO YLEISESTI

Kunnossapito kattaa erilaisten asioiden, kuten prosessien, koneiden, laitteiden, osien ja rakenteiden pitämistä toimintakykyisinä, niin että ne toimivat luotettavasti, ilmenevät viat saadaan korjattua sekä tuotanto pysymään toiminnassa ympäristö- ja turvallisuusriskit huomioiden. Kunnossapidon tavoitteena on tuotantovälineiden, komponenttien ja laitteiden toiminnan varmistaminen niiden koko toimintaiän aikana.

Keskeisiä asioita on varmistaa koneenkäyttäjien, valmistajien ja yhteiskunnan tyytyväisyys sekä valita sopivimmat kunnossapidon menetelmät, joilla saadaan hallittua tehokkaasti tuotantovälineiden vaurioituminen ja vikaantumisen seuraamukset. Kunnossapito voidaan lajitella viiteen eri pääluokkaan; huolto, ehkäisevä kunnossapito, korjaava kunnossapito, parantava kunnossapito sekä vikojen ja vikaantumisien selvittäminen. (Järviö 2006, 14,41)

Kunnossapito määritellään standardin SFS-EN 13306 mukaan seuraavasti: ”kunnossapito koostuu koneen tai toimilaitteen elinkaaren aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa laitteen tai koneen toimintakyky sellaiseksi, että kohde kykenee suorittamaan sille vaaditut toiminnot”. (Järviö 2006, 14)

3.1 Tausta

Kunnossapito on kehittynyt teollisuuden kasvamisen myötä. Alussa kunnossapito oli korjaavaa ja tunnusomaista. Rikkinäisiä koneita voitiin seisottaa, koneet olivat yksinkertaisempia, ylimitoitettuja sekä helpommin korjattavissa olevia. Teollisuuden kehittymisen myötä koneita alettiin automatisoida sekä yhdistettiin pidemmiksi ketjuiksi. Koneista tuli entistä monimutkaisempia, mikä johti lisääntyvään kunnossapidon tarpeeseen sekä koneiden hallittavuuteen. (Järviö 2006, 15,16)

Käyttövarmuusvaatimusten kasvaessa 1970-luvun lopulla kunnossapidon tärkeys kasvoi yhä entisestään. Kilpailu alkoi kiristyä maailmanlaajuisesti yritysten toiminnan, uusien mekanismien sekä automaation lisääntyessä. Koneiden luotettavuus oli saatava

sellaiselle tasolle, ettei kalliita puskurivarastoja ei enää tarvittu ja tuote pystytettiin valmistamaan aikataulun mukaisesti. Tuotantolaitteisiin investoitiin yhtä enemmän pääomaa varmistamaan tehokkaampi käyttö, joka mahdollisti paremman tuottavuuden kustannustehokkaammin. (Järviö 2006, 16)

IT-teknologioiden sekä pienelektroniikan kehittyminen 1990-luvulla johti automaation lisääntymiseen, tuotantokoneiden, kunnossapidon ja korjauskustannusten hintojen nousuun. Teollisuuden kunnossapitovaatimukset ja kunnossapitoasentajien osaamisvaatimukset kasvoivat yhä entisestään uusien teknologioiden kuten elektroniikan, pneumatiikan ja tekoälyn lisääntymisen myötä. (Järviö 2006, 17)

Nykyään kunnossapito ei kohdistu vain mekaaniseen laitteeseen, vaan se kattaa koneen seurannan, etävalvonnan, käynninvalvonnan ja käynnin mittaamisen. Kunnossapidon keskeisessä roolissa nykyään ovat koneturvallisuus, ympäristöystävällisyys ja kunnossapidon tehokkuus. Kunnossapito muodostaa nykypäivänä yrityksen suurimmat kontrolloimattomat kustannuserät. (Järviö 2006, 19)

3.2 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevällä kunnossapidolla pyritään vähentämään koneen tai toimilaitteen mahdollisuutta rikkoutumiseen tai toimintakyvyn heikkenemiseen. Ehkäisevä kunnossapito tehdään kohteelle määrätyn säännöllisin väliajoin tai sille asetettujen kriteerien täytyessä. Ehkäisevä kunnossapito on suunniteltua toimintaa, joka tehdään pääsääntöisesti koneen käydessä, suunniteltujen seisakkien ja häiriöseisakkien yhteydessä. Ehkäisevä kunnossapito pitää sisällään kohteen ympäristön tarkkailua, havainnointia mahdollisesta alkavasta viasta ja korjaamista. Voiteluhuolto, kohteen siistinä pitäminen, osien linjaus ja liitosten kireyden varmistaminen ovat avainasemassa ehkäisevää kunnossapitoa tehdessä. (Järviö 2003, 66)

Tehokkaalla ehkäisevällä kunnossapidolla pyritään pitämään tuotanto tai kone mahdollisimman tehokkaasti käynnissä, välttämään ennalta arvaamattomista konerikoista ja tuotantoseisakeista. Aikataulut, varaosien tilaus, työsuunnittelu ja tarvikkeiden ostot jo hyvissä ajoin ennen suunniteltua huoltopäivää, mahdollistaa sen suorittamisen

tehokkaasti, tuotantoa seisottamatta suunniteltua pidempään. Töiden havaitseminen vasta vikaantumisen jälkeen aiheuttaa ongelmia työsuunnittelussa, varaosien tilaamisessa ja varautumisessa korjattavaan kohteeseen. Kun koneelta vaaditaan luotettavaa, häiriötöntä toimintaa ja koneen on kyettävä suorittamaan luotettavasti sille haluttu toiminto, on ennaltaehkäisevä kunnossapito ensiarvoisen tärkeää. Ehkäisevän kunnossapidon kolme tärkeää elementtiä ovat kohteen säännölliset tarkastukset, kunnostaminen ja toimintaolosuhteiden vaaliminen. (Järviö 2006, 66-67)

Ehkäisevä kunnossapito määritellään standardien SFS:n ja PSK:n mukaan seuraavasti; SFS-EN 13306: ”Ehkäisevää kunnossapitoa suoritetaan täyttyneiden kriteerien sekä säännöllisten, asetettujen välien täytyessä. Pää tavoitteena on välttää koneen tai toimilaitteen rikkoontumisen mahdollisuus tai toimintakyvyn heikkeneminen.” PSK 6201 määrittelee ehkäisevän kunnossapidon seuraavanlaisesti:” Kohteen toimintaominaisuuksia pidetään yllä, palautetaan laitteen toimintakunto ennen vian syntymistä tai esitetään vaurion syntyminen.” (Järviö 2006, 66)

Eräs kunnossapidon haastavimmista kunnossapidon osa-alueista on ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu. Työlistojen laatiminen perustuu kokemuksiin aikaisemmista vikaantumisista, koneen ja sen osien toimintatavoista sekä konevalmistajien suosituksista. Ehkäisevällä kunnossapidolla pyritään estämään aikaisemmin ilmenneet rikkoontumistapaukset. Liiallinen varmuuden tavoittelu, koneen moitteettoman toiminnan varmistaminen ja ylimitoitettut huolto-ohjelmat, joilla konevalmistaja pyrkii varmistamaan toimintavarmuuden ovat tehottomia ja kustannustehottomia ehkäisevän kunnossapidon kannalta. Ehkäisevää kunnossapitoa on järkevää tehdä, mikäli kohteesta aiheutuvat huoltokustannukset ovat pienemmät kuin aiheutetun konerikon aiheuttamat kustannukset ja tuotantomenetykset sekä kohteelle on tehokas ennakkohuoltomenetelmä. (Järviö 2006, 69)

3.3 Korjaava kunnossapito

Korjaavassa kunnossapidossa todettu osa, komponentti tai kone palautetaan takaisin käyttökuntoon sen vikaantuessa. Usein laitteen vaurioituminen johtaa tuotannon katkeamiseen ja näin ollen tuotannon menetyskustannukset ovat suuremmat kuin

normaalisti itse korjaustoimenpiteen aiheuttamat kustannukset. Osan tai komponentin elinaika voidaan todeta korjaavan kunnossapidon vaativan ajan perusteella. Häiriökorjaus on suunnittelematonta korjaavaa kunnossapitoa, kun taas kunnostus on suunniteltua kunnossapitoa. Vian määrittäminen, vian tunnistaminen, korjaus, väliaikainen korjaus, toimintakunnon palauttaminen ja vian paikallistaminen ovat korjaavan kunnossapidon tunnusomaisia termejä. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07, Luku, 23; Järviö 2006, 43-44)

Vian havaitsemisen jälkeen voidaan suorittaa välitön korjaus, jolla saadaan palautettua koneen kriittinen osa tai toimilaite takaisin toimintakuntoon välittömästi. Siirretyllä korjauksella vika havaitaan, paikallistetaan ja korjaustoimenpide siirretään myöhemmäksi, jolloin saadaan korjaus suoritettua asianmukaisesti. (Järviö 2006, 43-44)

3.4 Parantava kunnossapito

Parantavan kunnossapidon päämääränä on vähentää kohteen kunnossapidon tarvetta. Käytettävyyden, luotettavuuden ja suorituskyvyn lisäävän toiminnan avulla kohteesta saadaan poistettua valmistusvirheistä johtuvat vaurioiden perussyyt ja ongelmatapaukset. Kohteen uusiminen ja modernisointi voidaan katsoa kuuluvan parantavaan kunnossapitoon. Edellytyksenä kuitenkin toteuttamisen taustalla oleva kunnossapidollinen ongelma tai muutostyö, jolla pyritään parantamaan laitteen käytettävyyttä ja luotettavuutta. Usein koneen elinkaari on pidempi kuin sen valmistamien tuotteiden elinkaaret. Vanhalla koneella ei siis pystytä enää tuottamaan kilpailukykyisiä tuotteita, joita kehittyvät markkinat vaativat. Parantavan kunnossapidon tavoitteena on välttää kohteen uushankinta modernisoinnin ja laiteuusintojen avulla. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-7, Luku, 23)

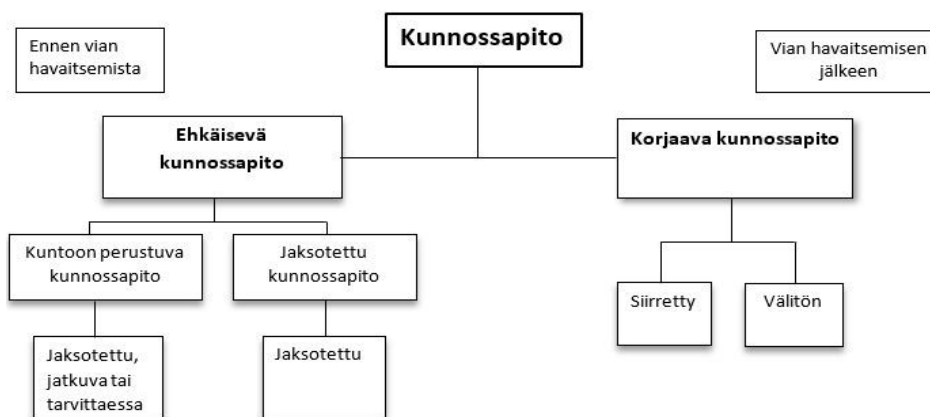
Juurisyyanalyysi (Root Cause Analysis) on parantavan kunnossapidon perusta. Juurisyyanalyysin avulla kohteen ilmennyt ongelma pyritään kartoittamaan ja tämän jälkeen kehittää paras mahdollinen ratkaisu perussyyn poistamiseen. Juurisyyanalyysia tehdessä tietolähteinä ovat laitteen vikahistoria ja erilaiset mittaustiedot. Juurisyyanalyysi vie aikaa ja on vaativa prosessi, mutta onnistuessaan tuloksena saadaan korjausratkaisu, jolla saadaan vika korjattua ja viasta johtuvien seurausten toistuminen tulevaisuudessa ehkäistyä. Mikäli vikaa ja sen toistumista ei saada pysyvästi hallintaan,

pyritään sen aiheuttamat seuraukset minimoimaan käyttämällä esimerkiksi parempia materiaaleja, vahvempia osia ja voiteluaineita. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07, Luku 23)

Parantava kunnossapito voidaan lajitella kolmeen osa-alueeseen. Ensimmäisessä osa-alue keskittyy kohteen rakenteellisiin muutoksiin vaihtamalla uudemmat osat tai komponentit alkuperäisten tilalle. Kohteen suorituskykyä ei varsinaisesti muuteta. Esimerkkinä ensimmäisestä osa-alueesta tasavirtakäyttöjen korvaaminen taajuusohjauilla oikosulkumoottoreilla. (Järviö 2006, 45)

Toinen osa-alue kattaa parantavat toimenpiteet epäluotettavuuden pois saamiseksi. Tällaisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi erilaiset uudelleensuunnittelut ja laitekorjaukset. Tavoitteena on muuttaa kohteen toimintaa luotettavammaksi muuttamatta kuitenkaan suoranaisesti sen suorituskykyä. (Järviö 2006, 45)

Kolmanteen osa-alueeseen kuuluu koneiden ja laitteistojen modernisointi suorituskyvyn muuttamiseksi. Koneen valmistusprosessi uudistetaan yleensä modernisoinnin yhteydessä. Esimerkkinä jos vanha paperikone ei pysty tuottamaan enää uutta paperilajia kilpailukykyisesti, vaikka koneen elinikä sen sallisi, on järkevää ja kustannustehokkaampaa uudistaa vanha kone kuin hylätä ja ostaa uusi tilalle. Modernisaatiot nousevat esille yhä useammin, kun koneen valmistamien tuotteiden elinkaaret ovat lyhyempiä kuin itse kone ja kehittyvien markkinoiden tarpeeseen ei pystytä vastaamaan. (Järviö 2006, 45)



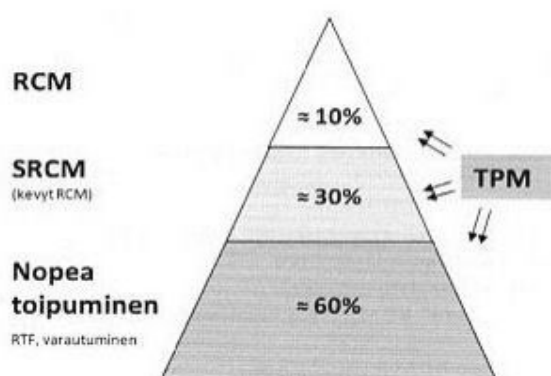
Kaavio 1. Kunnossapidon toimintamallit. (Järviö 2006, 43)

4 KUNNOSSAPIDON TOIMINTAMALLIT

Kunnossapidon toimintamallit jaetaan kolmeen eri toimintamalliin. Ensimmäinen toimintamalli kattaa laatujohtannaiset strategiat, mukaan lukien Six Sigman. Six Sigma keskittyy vaihteluun tarkastettavien otoksien välillä, keskiarvoon verraten. Tämä toimintamalli painottuu pääsääntöisesti työtehtävien suorittamiseen oikein ensimmäisellä kerralla. (Järviö 2006, 77,91)

Toiseen toimintamalliin sijoittuu TPM eli tuottava kunnossapito, jonka tavoitteena on motivoida koneen käyttäjää huolehtimaan koneestaan ja toimimaan yhteistyössä yrityksen muiden osastojen kanssa. Toimintamalli pyrkii osallistamaan yrityksen kaikki osastot jatkuvaan parantamiseen ja aktiivisuuteen. (Järviö 2006, 77)

RCM, SRCM ja Asset Management ovat osa kolmatta toimintamallia. Tämä toimintamalli pyrkii valitsemaan tehokkaat kunnossapidon strategiat ongelmien poistamiseksi. RCM pyrkii optimoimaan kunnossapidon tehokkaasti kohdistamalla kunnossapito prosessin laitteille, joissa sitä eniten tarvitaan. SRCM on kevyempi versio RCM:stä, sillä se on halvempi, nopeampi ja antaa riittävän hyvän tuloksen. Asset management pyrkii optimoimaan edellä mainitut strategiat systemaattisella lähestymistavalla. (Järviö 2006, 77)

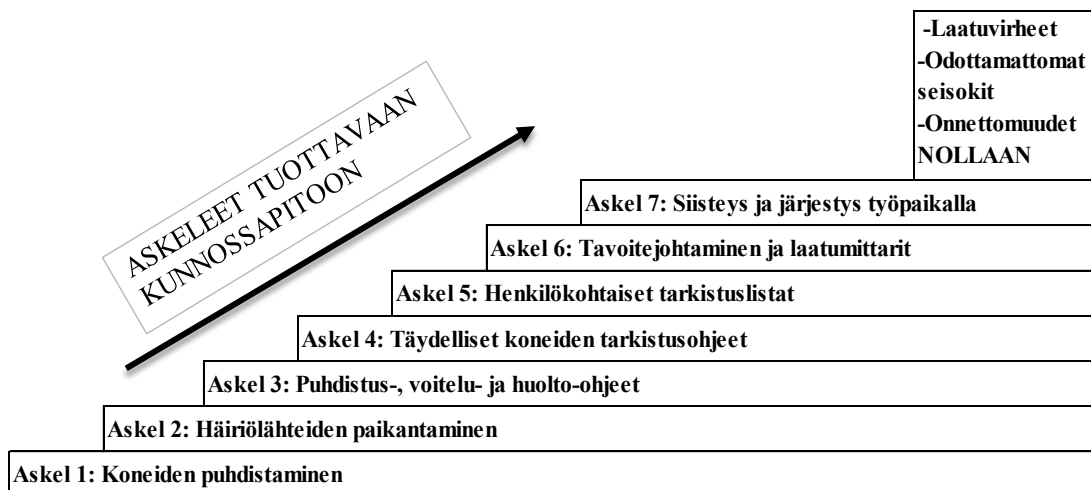


Kuva 4. SAMI:n ja SKF:n esitys onnistuneesta strategiavalinnasta (Järviö 2006, 77)

4.1 TPM – Tuottava kunnossapito

TPM - Total Productive Maintenance on japanilaisen Seiici Nakajiman luoma perusta Japanin vahvalle talouskasvulle 1970-luvun lopussa. Nakajiman opit perustuvat vahvasti nykypäivän tuottavan kunnossapidon toimintamalliin. Nakajiman viisi kulmakiiveä ovat; suunnittelun avulla laitteiden tehokkuuden parantaminen häviötä karsimalla, ennustavan ja ehkäisevän kunnossapidon tasojen parantaminen, vaatimustasojen määrittely tekemille puhdistus ja huoltotöille sekä henkilökunnan ja kunnossapidon motivaation kasvattaminen. (Laine 2010, 41,43)

TPM-Total Productive Maintenance sitouttaa koko organisaation ylläpitämään, huoltamaan ja kehittämään tuotantokapasiteettia. TPM:n ominaispiirteitä ovat yrityksen kokonaisajattelu, jossa kunnossapito on niin osana tuotantoa kuin markkinointi ja myyntiorganisaatiotkin. Tavoitteena on luoda koko tehtaan eliniän kattava tuottavan kunnossapidon menetelmä sitouttaen mukaan kaikki osastot, kuten suunnittelu, tuotanto ja kunnossapito. Lähtökohtana on luoda tuotannon koneille parhaimmat toimintaolosuhteet, jotka ylläpidetään. (Laine 2010 41, 43; Järviö 2006, 106)



Kuva 5. Esimerkki Toyotan kehitysaskeleista (Muokattu lähteestä Laine 2010, 65)

4.1.1 Päämäärät

TPM-tehdään yritysکوhtaiseksi, yrityksen maasta ja kulttuurista riippuen. Näin ollen tulee ottaa huomioon kunkin yrityksen erityispiirteet ja kulttuurin asettamat vaatimukset. TPM:n päämäärät ovat kuitenkin aina taustalla:

- a) Laitteiden tehokkuuden maksimoinnin asettaminen
- b) Koko tehtaan elinkaaren kattava tuottavan kunnossapidon menetelmän luonti
- c) Kaikkien osastojen kuten kunnossapito, suunnittelu ja tuotannon sitouttaminen mukaan
- d) Huolenpito koko henkilöstön osallistumisesta ylimmästä johdosta lattiatasolle saakka.
- e) Pienryhmien perustaminen tuottavan kunnossapidon tueksi ja motivoimiseksi.

Kunnossapidon käsite on laajentunut sillä ei pidä sisällään enää vain korjaavaa ja ehkäisevää kunnossapitoa. Kunnossapidon käsite pitää sisällään esimerkiksi kunnossapidon näkemisen kokonaistuottavuutta lisäävänä toimialana, olevan osana yrityksen kehitystyötä koneiden suorituskyvyn ja laadun osalta, kunnossapidon menojen painottamisella yrityksen kokonaistuloihin ja -menoihin verraten ja töiden jakamisella asentajien kesken kunnossapitotarpeen vähentämiseksi. (Laine 2010, 43; Järviö 2006, 107)

Tuottava kunnossapito koostuu tiedonkeruusta, ongelmaratkaisusta ja analysoinnin menetelmistä, joilla pyritään tehostamaan kohteen suorituskykyä. Tuottava kunnossapito pyrkii motivoimaan kunnossapitoa ja henkilökuntaa yhteistyöhön tasavertaisina toimijoina. Eri organisaatiot kuten suunnittelu, laatu, tuotannonohjaus, ostotoiminta sekä valvonta ja johto ovat osana TPM:n sisältäviä toimintoja, jotka sidotaan yhteen toimivuuden ja tehokkaamman tuotannon parantamiseksi. Tavoitteena on edistää työpaikkojen organisointia, visuaalista johtamista, ongelmanratkaisua ja jatkuvia laiteparannuksia. (Järviö 2006, 107)

Kunnossapidosta syntyvät kustannukset arvioidaan yleiskustannuksina, alihankintatöinä, tunteina ja näistä kertyvinä yhteiskustannuksina. Näistä muodostuvien kustannusten arviointi on vaivatonta. Kustannusten ja hyötyjen rinnastaminen suoritettuihin kunnossapitotöihin on kuitenkin haastavampaa arvioida. Laajojen tuotantoseisakkien kustannusten arvioiminen on helposti laskettavissa mutta ongelmallista on pienten

katkosten, tyhjäkäynnin, laatuhävikkien ja rajoitetun tuotantokoneen käynnin aiheuttamien kustannusten laskenta. TPM pyrkii parantamaan laitteen kokonaistehokkuutta karsimalla koneen luotettavuusongelmia, jotka taas heijastuvat vaikeasti mitattaviin häviöihin ja todellisiin kustannuksiin, joiden arviointi yrityksessä on haastavaa. (Järviö 2006, 107)

4.1.2 TPM ohjelman toteutuminen

TPM-ohjelma perustuu pääsääntöisesti laatuongelmiin. Käyttäjien tulee omaksua TPM:n tuoma aktiivinen kulttuuri muutosprojektin onnistumisessa. Resurssien ottaminen vakavasti ja ajan varaaminen hankkeelle mahdollistavat projektin onnistumisen. Yritykset, joissa TPM otetaan onnistuneesti käyttöön, ottavat hankkeen vakavasti sekä varaavat aikaa ja resursseja riittävästi, jotka mahdollistavat uudenlaisen, tehokkaamman yrityskulttuurin luonnin. (Järviö 2006, 121)

Tuottavan kunnossapidon toiminta muuttaa koneenkäyttäjien ja kunnossapitoasentajien perinteisiä käsityksiä työnjaosta. Luotettavuudesta vastaa kunnossapitoasentajien lisäksi koneenkäyttäjä, jonka tehtäviin kuuluu käynnin seuranta, kunnossapitotöiden valvonta ja korjaustöiden seuranta sekä osallistuminen niihin tarvittaessa. Tehtävien jakautuminen riippuu suoritettavista korjaustöistä, yrityskulttuurista ja valmistusprosessista. Kunnossapitotöiden valmistuttua koneenkäyttäjä hyväksyy suoritettut konekohtaiset kunnossapitotyöt. (Järviö 2006, 121)

4.2 Käyttäjäkunnossapito

Käyttäjäkunnossapito velvoittaa koneenkäyttäjien osallistumisen kunnon seurantaan ylläpitämällä ja lisäämällä toiminnan luotettavuutta. Käyttäjäkunnossapito on TPM:n keskeisempiä peruspilareita, mutta on jokseenkin vaikea toteuttaa. Käyttäjäkunnossapidon perustamisvaiheessa organisaation vastustamisen ja muutosvastarinnan voittaminen puolelleen vaatii yrityksen johdolta tietotaitoa ja asiantuntemusta. (Laine 2010, 221)

Käyttäjäkunnossapidon laatimisvaiheessa käyttöhenkilöstö kokee tulevat muutokset työmäärän kasvamisella ja esiin nousee keskustelut palkankorotuksista. Kunnossapitoasentajat kokevat puolestaan, että heiltä viedään töitä käyttöorganisaation puolelle, joka johtaa mahdollisesti keskusteluihin irtisanomisista. Yhtenä muutoksen vastustamisen taustalla on mahdollisesti myös solidaarisuus työkavereita kohtaan. (Laine 2010, 221)

Yrityksen johdon tulee käsitellä syntyvä muutoksen aiheuttama vastarinta ja luoda positiiviset odotukset vastarinnan voittamiseksi. Mikäli muutoksen tavoitteena ei ole henkilöstön vähentäminen, tulee johdon pyrkiä luomaan uusia toimenkuvia TPM:n pitkän aikajänteen tehtävistä, joilla vältetään käyttäjäkunnossapidon alkuvaiheessa muutosvastarinnan nousua vähentämättä työntekijöitä. (Laine 2006, 221)

Käyttäjäkunnossapidon alkuvaihe tulee aloittaa maltillisesti. Johdon tulee varmistaa käyttäjien osaaminen nykyisissä kunnossapitotehtävissä ennen uusien laatimista. Käyttäjien osaamisen puutteellisuus, kehittyminen ja nopea siirtyminen uusiin tehtäviin johtavat epäonnistumisiin ja edesauttavat koko projektin kaatumista. Projektin etenemisnopeus tulee sovittaa käyttäjäkohtaiseksi sekä mahdollistaa tarvittava koulutus uusien asioiden ilmentyessä. (Laine 2010, 22)

5 KUNNONVALVONTA

Kunnonvalvonnan tarkoituksena on seurata koneen käytön ja huoltojen aikana sen toimintakuntoa. Kunnonvalvonta on tärkeä osa ehkäisevää kunnossapitoa ja sen päätaivoitteena on havaita viat ja vikaantumisen merkit, jotka pysäyttävät laitteen toiminnan tai huonontavat sitä. Koneiden ja laitteiden seuranta, seurannan menetelmät ja niiden tarve kunnonvalvonnassa kartoitetaan tutkittavan kohteen perusteella. Seuranta voi olla jatkuvaa, aikataulutettua tai tehdään silloin kun se nähdään hyödylliseksi havaitujen häiriöiden perusteella. Kunnonvalvontaa suorittavat koneen käyttäjät ja kunnossapitäjät silmämääräisesti, mittalaitteilla, prosessin automaatiojärjestelmillä ja kunnonvalvontamittauksiin pohjautuvina erillisinä toimina. (Heinonkoski 2013, 186)

Yrityksen kunnonvalvonta tuottaa yritykselle oleellista tietoa investointien, käytön ja kunnossapidon toimivuuden kannalta. Kunnonvalvonta on yritykselle kannattavuutta lisäävää toimintaa, jolla pyritään pitämään kunnossapidon kustannukset alhaisina, estetään katastrofit sekä varmistetaan laitteiden toimivuus ja käytettävyys. (Edun www-sivut 2020)

Kunnonvalvonta on lisääntynyt teollisuuden organisaatioissa, sillä sen seuraukset ovat olleet myönteisiä kannattavuuden ja laitteiden käyttöasteen kannalta. Viimeisen kymmenen vuoden aikana kunnonvalvonta on tehostunut tietokoneiden kehittymisen myötä. Tietokoneavusteinen kunnonvalvonta on mahdollistanut suurten mittausmäärien hallitsemisen ja käsittelemisen, jotka mahdollistavat yrityksen koneiden jatkuvan kunnonseurannan. (Edun www-sivut 2020)

Kunnonvalvonta mahdollistaa seisakin vaatimien odotusaikojen poistamisen, sillä seisakkiin liittyvät toimenpiteet pystytään suorittamaan koneen käydessä. Koneiden ja laitteiden keskimääräinen kunnossapitoaika lyhenee, sillä viat havaitaan jo aikaisessa vaiheessa eivätkä ne pääse kehittymään laajemmiksi vaurioiksi. Vikojen aikainen havainnointi ja niiden tiedostaminen mahdollistavat tarvittavien kunnossapitotöiden kattavan suunnittelun. Toimiva kunnonvalvonta pidentää koneiden elinikää, harkitsemattomat seisakit vähenevät, kunnossapidon suunnitelmallisuus paranee, yrityksen

tuottavuus saadaan nousuun sekä seisokkiaikoja pystytään hyödyntämään paremmin. (Edun www-sivut 2020)

5.1 Syyt

Kunnonvalvonnan käytön tärkeimmät syyt;

- a) Yksittäisen koneen toimintavarmuuden kasvattaminen, sillä tuotantolinja rakennetaan ilman varakoneita ja kriittisyys kasvaa.
- b) Seisakkien aiheuttamat tuntikustannukset ovat kasvaneet tuotantomäärien kasvaessa.
- c) Viat muodostuvat nopeammin laitteiden pyörimisnopeuksien kasvaessa.
- d) Koneiden ja toimilaitteiden kokoonpanojen mitoittaminen kevyemmäksi on aiheuttanut tärinävalvonnan rakenteiden keston yhä kriittisemmäksi.
- e) Säännöllinen tarkkailu ja aisteihin perustuva valvonta on heikentynyt kunnossapito- ja koneenkäyttäjien vähentyessä.
- f) Koneiden kunnonvalvonnassa aistinvaraista havainnoista ei saada kirjattua tunnuslukuja.
- g) Aistivaraisten havainnot ovat siirtyneet mittauksiin ympäristön vaarallisuuden, epämiellyttävyyden tai melun vuoksi.

Mittauksen tarve ja sen laajuus laaditaan konetietojen perusteella. Työsuunnittelun tehtävänä on laatia mitattavat kohteet ja mittauspisteet sekä valvoa laadittujen mittaus-ten toteutuminen. Pääsääntöisesti mittaustulokset ja havainnot aiheuttavat hälytyksen, mutta monissa tilanteissa mittaustuloksia tulee eritellä, jotta ne saadaan kohdistettua ja ovat hyödyllisiä kunnossapidon kannalta. (Edun www-sivut 2020)

5.2 kunnonvalvontajärjestelmät

Kunnonvalvonta pyrkii havaitsemaan alkavat vikaantumiset merkit ja muutokset mitattavassa suureessa. Kunnonvalvonnan päätavoitteena on havaita poikkeama normaalitilanteesta. Pelkkä vian havaitseminen ei yleensä riitä, sillä on oleellista selvittää myös vian vakavuusaste ja varautuminen korjaustoimenpiteisiin. Kunnonvalvonta voidaan jakaa karkeasti seuraaviin osa-alueisiin:

- Poikkeavuuden havaitseminen normaaliolosuhteista.
- Poikkeaman juurisyyn selvitys.
- Poikkeaman vakavuuden arviointi.
- Korjauksen toimenpidesuositus, mahdollinen parantava toimenpide ja alkusyn selvitys.

(ABB:n TTT-käsikirja 2000-07, Luku 23)

Kunnonvalvonnanjärjestelmät keskittyvät useiden laajojen prosessien suureiden mittaamiseen tai voivat olla yhden toiminnan tai suureen mittaamista. Kunnonvalvonnan mittausmenetelmiä on lukuisia:

Taulukko 1. Kunnonvalvonnan seurantamenetelmät (Muokattu lähteestä Heinonkoski 2013, 186-187)

Vuodon mittaus	Optinen mittaus
Lämpötilamittaus	Öljyanalyysit
Painemittaus	Radiografinen mittaus
Kovuuden mittaus	Mekaaninen kalibrointi
Termo- eli lämpötilagrafia	LPR-anturi
Tärinämittaus	Tunkeumavärin tarkastus
Stroboskooppi	Magneettitulppa
ER-anturi	Virtausmittaus

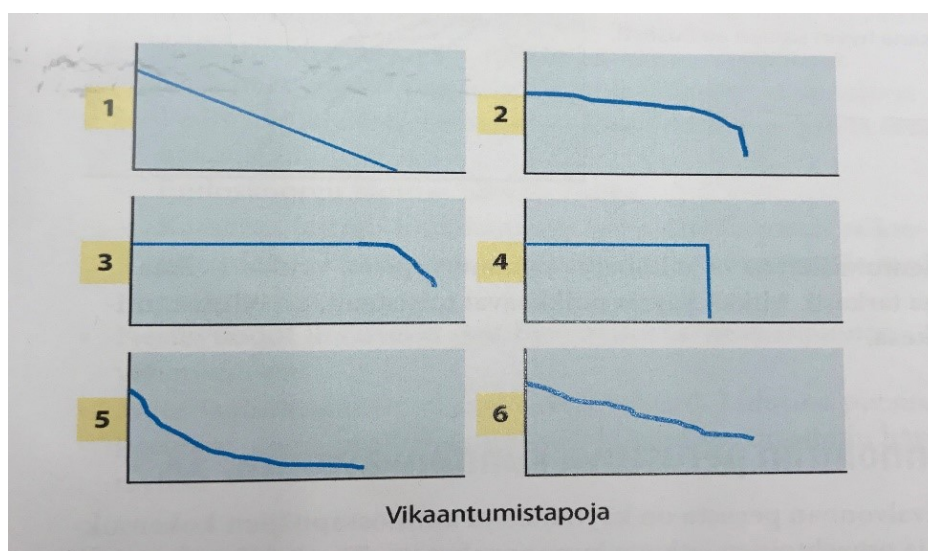
5.3 Vikaantumistavat

Kunnonvalvonnan onnistumiseen vaikuttavat vikaantumistavat olennaisesti. Kuusi tyypillisintä vikaantumistapaa ovat:

- 1) Lineaarinen vikaantuminen, josta voidaan määrittää mittausajankohdat ja vikaantumisrajat
- 2) Vikaantumiskäyrän nopea lasku sen loppuvaiheessa. Tästä pystytään määrittelemään jaksottainen seuranta, mutta seurannan arvio on haastavaa.
- 3) Vikaantumiskäyrän hidas lasku, josta voidaan päätellä mittausajankohdat ja vikaantumisrajat

- 4) Äkillinen vioittuminen tasaisen toimivuuden seurauksena. Jatkuvaa ja jaksotaista seuranta on hankalaa tehdä, esimerkkinä led-valon sammuminen.
- 5) Loivasti laskeva vikaantumiskäyrä, josta pystytään määrittelemään jaksottainen ja jatkuva seuranta.
- 6) Satunnaisesti ja loivasti laskeva käyrä, josta mittaukset ja seuranta on määriteltävissä.

(Heinonkoski 2013, 188-189)



Kuva 6. Vikaantumistavat ajan suhteen (Heinonkoski 2013, 189)

5.4 Kunnonvalvonnan menetelmät

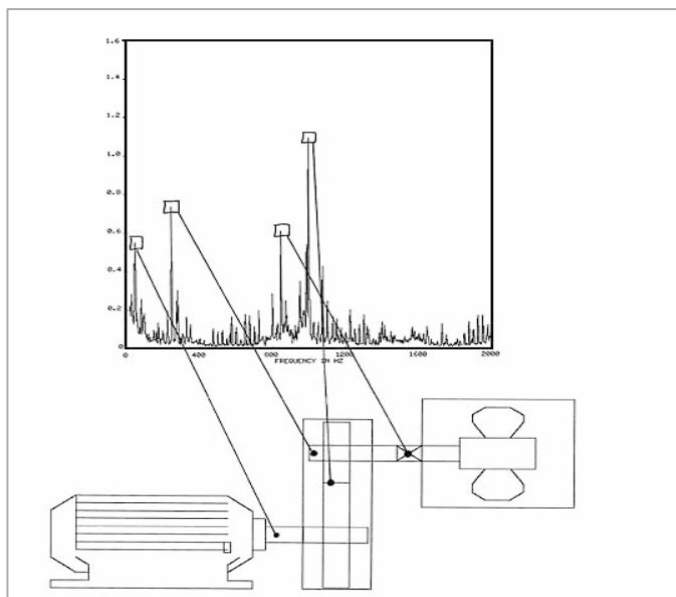
Kunnonvalvonnan mittausmenetelmät perustuvat monenlaisten fysikaalisten suureiden mittaamiseen koneen tai laitteen käynnin aikana. Mittaustuloksesta saadaan paras mahdollinen, kun mittaukset suoritetaan säännöllisin väliajoin ja niin että eri kerroilla mitatut tulokset ovat keskenään verrattavissa. Mittaustulokset voidaan asettaa samalle asteikolle, jonka avulla pystytään seuraamaan tuloksien kehittymistä eli trendiä. Mikäli samasta koneesta saadaan mitattua useita eri suureita, on analyysien luotettavuus parempi verrattuna yksittäisiin mittauksiin. Useista mittauksista koostuvaa kunnonvalvontaa kutsutaan moniparametrivalvonnaksi, joka voi perustua ainakin tärinään, lämpötilaan, sähkövirtaan, voiteluöljyn puhtauteen, paineeseen ja virtaukseen. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07, Luku 23)

Kunnonvalvonnan mittausmenetelmistä tärinä eli värähtelyn mittaus on huomattavasti tärkein mittausmenetelmä. Kunnonvalvonnassa on tunnettava mittausmenetelmien edut ja rajoittavat tekijät, jotta koneen toimintakuntoa pystytään valvomaan parhaalla mahdollisimmalla tavalla. Kunnonvalvontaohjelmaa laatiessa on tiedettävä, mitä mittauksia tulee tehdä ja miksi, mistä kohteesta mittaukset ovat järkevintä tehdä ja miten mittaukset suoritetaan. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07, Luku 23)

5.4.1 Värähtely

Värähtelyn eli laitteen aiheuttaman tärinän mittauksiin perustuvia menetelmiä pidetään toimivimpina koneiden kunnonvalvonnassa, erityisesti silloin kun dynaamista tasapainoa, laakerien kuntoa ja laitteen komponentteihin kohdistuvia voimia arvioidaan. Analysaattorit ja tiedonkeruulaitteet ovat värähtelyn mittauksessa yleisesti käytetyimpiä mittareita ja tiedonkeruuprosessi tehdään yleensä tietokoneella. Analysoimalla laitteen aiheuttamaa tärinää, voidaan havaita esimerkiksi taipunut akseli, asennusvirhe, epätasapaino, epäedulliset mekaaniset välitykset ja laitteen resonanssitaajuuudet. Tärinän analysoinnissa on olemassa lukuisia menetelmiä, joista yleisimmät ovat nopeuden tehollisarvon mittaaminen ja spektrianalyysit. Suurin osa vaurioista voidaan löytää käyttämällä näitä perusmenetelmiä värinää mitattaessa. (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07, Luku, 23)

Värähtelyn mittauksen avulla saadaan käsitys pyörivien koneistojen kunnosta ja niiden toiminnasta. Värähtelymittauksilla voidaan myös selvittää kunnostuksen tai uudistuksen jälkeinen laitteen kunto ja mahdolliset poikkeamat. Lisäksi mittauksella pystytään havaitsemaan alkavat vauriot tai häiriöt hyödyntämällä vianmäärittystä koneen olosuhteiden muuttuessa. (Nomen [www-sivut](http://www.nomen.fi) 2020)

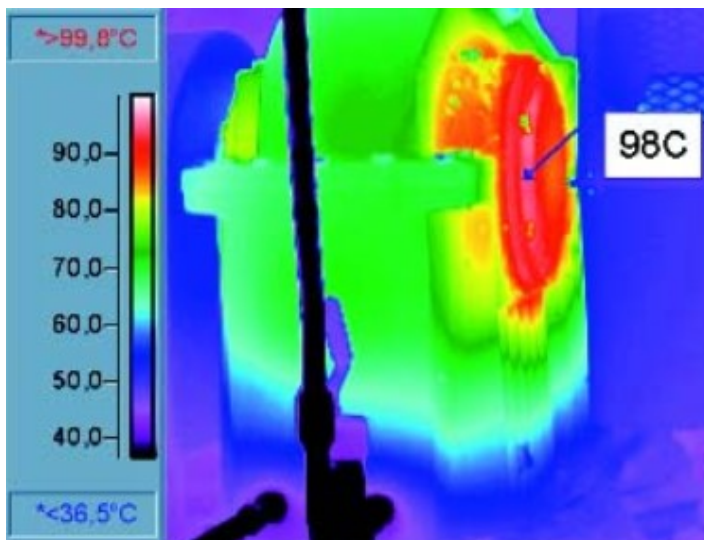


Kuva 7. Koneen värähtelymittauksen tärinätaajuuudet (Edun www-sivut 2020)

Kohteisiin, joissa analysointi on koettu haastavaksi, on kehitetty tehokkaampia mitausmetodeja. Yksi esimerkki on verhokäyräanalyysi, jossa ennen spektrianalyysia signaalille tehdään toimenpiteitä laakerivikojen havaittavuuden parantamiseksi. Korkeataajuinen akustinen mittaus voidaan laskea myös tärinämittauksen menetelmäksi. Korkeaa taajuuskaistaa käytettäessä mittauksesta saadaan tietoa metalli-metalli kosketuksesta, joka voi indikoida riittämättömästä voitelusta tai mahdollisesta syntyvästä laakerivauriosta. SKF käyttää korkeataajuusmittauksesta nimitystä SEE (Spectral Emitted Emission). (ABB:n TTT-käsikirja 2000-07, Luku, 23)

5.4.2 Lämpötila

Mekaanisen laitteen käynnin aiheuttama lämpötilan nousu on yleensä merkki lisääntyneestä kitkasta, joka kasvaa esimerkiksi puutteellisen voitelun tai vaurion takia. Kunnonvalvonnan menetelmänä lämpötilan mittaus on tietyissä tapauksissa käyttökelpoinen, mutta usein lämpötila alkaa nousta vasta kun vaurio on jo kriittisellä asteella ja korjaustoimenpiteiden valmisteluun jää liian vähän aikaa. Teollisuuden kunnossapidon apuvälineeksi on vakiintunut lämpökamera, jonka käyttö perustuu kohteen lähettämän infrapunasäteilyn kuvaamiseen. Kohonnut lämpötila on helposti havaittavissa, kun tunnetaan ympäristö ja sen laitteiden normaalilämpötilat. (ABB:n TTT-käsikirja 20007-07, Luku, 23)



Kuva 8. Viallinen laakeri lämpökameralla mitattuna (Edun www-sivut 2020)

Lämpökameran käyttökohteita ovat ennen olleet lämmönjakelu ja lämpövoimalaitokset mutta se soveltuu hyvin myös voimalinjojen ja sähkökytkinten kunnonvalvontaan. Vikaantumiset aiheuttavat lämpökameralla helposti havaittavaa lämpötilan nousua. Pyörivien koneiden vikojen havaitseminen perustuu kitkasta johtuvaan lämpötilan nousun mittaamiseen. (ABB:n TTT-käsikirja 20007, Luku, 23)

5.4.3 Voiteluanalyysi

Teollisuuslaitosten voiteluaineanalyysit painottuvat pääsääntöisesti kiertovoitelujärjestelmien analysointiin laboratoriossa. Öljyn puhtaus ja voiteluöljyjen ominaisuudet saadaan selville mitatuilla analyyseilla. Epäpuhtauden öljyssä luokitellaan syntyänpansa mukaan kolmeen eri ryhmään. (ABB:n TTT-käsikirja 20007, Luku, 23)

Ensimmäisessä ryhmässä ovat koneen tai laitteen kulumisesta syntyneet pienet partikkelit eli metallihiukkaset. Pienet metallihiukkaset syntyvät metallin ollessa kosketuksessa toiseen metalliin tai metallien väsymisen takia. Laakerien kuluessa voi niistä irrota esimerkiksi muovi- ja keraamihiukkasia, jotka saadaan selville suoritetuilla analyyseilla. Koneen ollessa kunnossa ja käydessä normaalisti, hiukkasten lukumäärä on pieni ja niiden koko pieni. Esimerkiksi oirehtiva laakeri voidaan havaita voiteluaineanalyysillä pienhiukkasten koon- ja määrän kasvuna. (ABB:n TTT-käsikirja 20007, Luku, 23)

Toiseen ryhmään kuuluvat järjestelmään kuulumattomat, ulkopuolelta tulevat epäpuhtaudet, kuten hiekka, kondensoitunut vesi ja prosessipöly. Kolmas ryhmä käsittelee voiteluaineen ominaisuuksia. Öljy hapettuu itsestään sen vanhetessa, joka synnyttää epäpuhtauksia järjestelmään mutta nämä eivät kuitenkaan vaikuta koneen kuntoon vaan lähinnä öljyn toiminta- ja voiteluominaisuuksiin. (ABB:n TTT-käsikirja 20007, Luku, 23)

Voiteluaineanalyysin yleisimpiä menetelmiä ovat hiukkaslaskenta, ferrografia, kiintoaineiden mittaus ja spektrometriset hiukkasanalyysit. Voiteluaineanalyysit joudutaan tekemään vielä laboratorio-olosuhteissa sillä toimivia ratkaisuja, jotka voitaisiin suorittaa kentällä, ei ole vielä kehitetty. (ABB:n TTT-käsikirja 20007, Luku, 23)

5.4.4 Sähkövirta

Roottorin eli sähkömoottorin pyörivästä osasta voidaan sähkömoottorin kunto arvioida luotettavasti spektroanalyysin avulla. Spektroanalyysi perustuu moottorin ottamaan sähkövirtaan. Roottorin sähkömittausanalyysia tehdessä voidaan tiedonkeruulaitteena käyttää samaa laitetta kuin tärinämittausta tehdessä. Sähkömoottorin syöttävästä vaihejohdosta mitataan virtapihdin avulla virtasignaali, joka tallennetaan käytettävän tiedonkeruulaitteen muistiin. Virtamittaus mitataan sähkömoottorin joko ensiö- tai toisiovirtapiiristä. (ABB:n TTT-käsikirja 20007, Luku, 23)

Sähkömoottorin virtasignaalista laskemalla taajuusspektri, voidaan moottorin kunto arvioida. Taajuusspektrin linjataajuus pohjautuu 50Hz toimintaympäristöön amplitudiasteikkoa hyödyntäen. Mahdollinen vika sähkömoottorissa havaitaan linjataajuuden molemmiin puolin sivunauhojen jättämän etäisyydellä. Sivunauhojen paikat ja voimakkuudet ilmaisevat vian tyypin ja vakavuusasteen. Sivunauhojen erottaminen spektrissä edellyttää riittävää resoluutiota, joka mahdollistaa jättämäätaajuuksilla nauhojen havaitsemisen. Mittausta tehdessä, tulee sähkömoottorin olla riittävän raskaasti kuormitettu ja käyntinopeus pidettävä vakiona. (ABB:n TTT-käsikirja 20007, Luku, 23)

6 VVKA

VVKA eli vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi on järjestelmällinen toimintavarmuuden analysoinnin menetelmä. Menetelmä pyrkii havaitsemaan ja analysoimaan tapahatumia, jotka voivat aiheuttaa kriittisyydeltään eri asteisiin seurauksiin ja seisakkeihin. Menetelmä keskittyy tarkastelemaan kaikkia mahdollisesti syntyviä vikaantumistapoja sekä niistä johtuvia vaikutuksia kone- ja laitetasoilla. VVKA:n päätavoitteena on löytää ratkaisut kriittisten, jo tiedossa olevien vikaantumistapojen riskien vähentämiseksi tai edesauttaa niiden havaitsemista. (Ramentorin [www-sivut](#) 2020)

Menetelmää voidaan hyödyntää koko järjestelmän tai koneen elinkaaren aikana suunnitteluvaiheesta toiminnan tarkasteluun, kunnossapitosuunnitelman muodostamisessa ja käytön toiminnan kehittämisessä. VVKA:n avulla yleisiä analysoinnin kohteita ovat tekniikkaa sisältävät järjestelmät, inhimilliset tekijät ja ohjelmistot. VVKA:sta käytetään usein termiä FMEA (Failure mode and effects analysis). (Lehtinen 2018; Ramentorin [www-sivut](#) 2020)

6.1 VVA tyypit ja lähestymistavat

VVA eli vika- ja vaikutusanalyysi jaetaan suunnittelu-, prosessi- ja järjestelmäosioihin riippuen toteutusajankohdasta ja analyysin päämäärästä. Suunnitteluvaihe pyrkii poistamaan mahdolliset vikaantumistavat suunnittelun ratkaisulla koko laitteen elinkaaren aikana. Prosessivaihe keskittyy koneen tai laitteen valmistusvaiheeseen, kunnossapitoon ja ongelmiin, jotka liittyvät koneen toimintaan. Järjestelmävaihe tutkii suurempien kokonaisuuksien mahdollisia ongelmia ja solmukohtia. Menetelmää voidaan käyttää esimerkiksi kunnossapito-ohjelman luomisessa tai sen päivittämisessä. (Ramentorin [www-sivut](#) 2020; Lehtinen 2018)

FMEA:n toteuttamiseksi on olemassa kaksi erilaista lähestymistapaa, bottom-up ja top-down menetelmät. Molemmat menetelmät pyrkivät ohjaamaan analyysiryhmää laatimaan syy-seuraussuhteita kuvaavat ketjut osoittamaan mahdolliset vikaantumiset kriittisyyttä hyödyntäen erilaisiin toimenpiteisiin. Bottom-up ja top-down menetelmät

pyrkivät löytämään tehokkaimmat ratkaisut vikaantumisketjujen katkaisemiseksi tai niistä johtuvien seurausten pienentämiseksi. (Ramentorin www-sivut 2020)

6.1.1 Bottom-up

FMEA:n bottom-up -lähestymistavassa keskitytään jokaisen hierarkian alimman tason analysointiin perusteellisesti. Bottom-up pyrkii kartoittamaan osan aiheuttaman vikamuotojen vaikutukset koneen toimintaan. Lopputuloksena saadaan selville vikamuodon vaikutus itse osaan ja tämän kautta ratkaisu kohteen turvalliseen käyttöön. Bottom-up lähestymistapa on työmäärältään suuri, sillä jokainen prosessin laite käydään perusteellisesti läpi. (Lehtinen 2018; Ramentorin www-sivut 2020)

Bottom-up lähestymistapa koostuu seuraavista portaista:

- a) Kohteen osa valitaan tutkittavaksi.
 - b) Tunnistetaan kohteen vikamuodot ja valitaan se arvioitavaksi.
 - c) Vikamuodon kohdetasolle aiheutuvien vaikutusten arviointi.
 - d) Vikamuodon aiheuttajien arviointi ja niiden havainnointi.
 - e) Määritetään riskityökaluilla vikamuodon merkittävyys.
 - f) Määritetään ja arvioidaan kriittisten vikamuotojen toimenpiteet sekä toimenpiteiden vaikutus vikamuodon toteutumisiin ja siitä johtuviin seurauksiin.
 - g) FMEA-analyysin päivitys kohteen tietojen karttuessa.
- (Ramentorin www-sivut 2020)

6.1.2 Top-down

Top-down -menettelytapaa käytetään pääasiallisesti aikaisessa suunnitteluvaiheessa, ennen koko järjestelmärakenteen päättämistä tai keskityttäessä jo olemassa olevan kohteen ongelmakohtiin. Top-down -menettelytavalla koneen toimintaa analysoidaan sen toimintojen kautta. Menetelmä keskittyy kohteen toiminnallisiin vikoihin, jotka johtavat jonkin prosessin puuttumiseen. Kohteen toiminnalliset viat juontavat juurensa aina jostain pienemmästä tapahtumasta eli vikamuodosta. Menettelytapa painottuu

vaikutuksiin, joita koneen tai laitteen toiminnallisilla vioilla on sekä niiden aiheuttajiin. (Lehtinen 2018; Ramentorin www-sivut 2020)

6.2 PSK 6800 Kriittisyysluokittelu

PSK 6800 -standardia käytetään pääsääntöisesti tuotantoprosessin tarkasteluun sen laitteiden kriittisyyden kannalta. Menetelmä arvioi tietyn kohteen kriittisyyttä taloudellisten, henkilöturvallisuuden ja ympäristövaikutusten näkökulmista. Menetelmässä oletetaan käyttöhyödykkeiden, kuten sähkö, paineilma tai höyryn tuotantojen toimivan poikkeuksetta. Kriittisyysindeksin laskemiseksi, tulee ensin etsiä kaikki tarvittavat arvot ja määritellä kertoimet valintakriteerien mukaan analyysin tekemiseen. Arvoina voi olla esimerkiksi laitteen vikaantumisväli, tuotannon menetykset, sekä laatu-, korjaus- tai seurauskustannukset. (PSK 6800 2008, 4)

Laitteiden kriittisyyteen vaikuttavat tekijät on esitelty taulukossa 2. Taulukon avulla muodostuva kriittisyysindeksi on luku, jonka avulla laitteet voidaan luokitella niiden kriittisyyden mukaan. Taulukkoa voidaan hyödyntää turvallisuus- ja ympäristövaikutusten sekä tuotanto-, korjaus- ja seurauskustannusten näkökulmasta, tai kaikkien näiden summana. (PSK 6800 2008, 7)

Kriittisyys kuvaa tiettyyn laitteeseen liittyvää riskin suuruutta. Toimilaite määritellään kriittiseksi, mikäli se aiheuttaa henkilön loukkaantumisen, merkittävät aineelliset vahingot tai muut ei hyväksyttävät seuraamukset. Laitteen riskin suuruus määritellään vikaantumisen vaikutuksen ja todennäköisyyden tulona. Riskianalyysi on osa riskienhallintaa, joka auttaa ennakoimaan mahdolliset vahinkotapahtumat ja tunnistamaan riskit. Riskianalyysillä voidaan selvittää mahdollisten riskien kohteet, luonteet ja niiden toteutuminen seurauksineen. (PSK 6800 2008, 2)

Taulukko 2. Laitetason kriittisyyden tekijät (PSK 6800 2008, 7)

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

6.2.1 Kriittisyysindeksin laskenta

Turvallisuusriskillä tarkoitetaan henkilön terveyteen kohdistuvaa vaaraa ja sen mahdollisuutta. Laitteen turvallisuuden kriittisyysindeksi (K_s) lasketaan kaavalla (PSK 6800 2008, 9):

$$K_s = p \times (W_s \times M_s), \quad (1)$$

Ympäristöriskillä tarkoitetaan tehdasalueelle tai sen ulkopuolelle suuntautuvaa ympäristön saastumisen mahdollisuutta. Riskin kerroin on eksponentiaalisesti suureneva. Laitteen kriittisyysindeksin laskeminen (K_e) ympäristön kannalta (PSK 6800 2008, 10):

$$Ke = p \times (We \times Me), \quad (2)$$

Tuotannon menetys tarkoittaa menetettyä aikaa tuotannossa, jonka suunnittelematon seisokki on aiheuttanut. Tuotannon laitteen kriittisyysindeksi (Kp) tuotannon menetyksen kannalta saadaan kaavalla (PSK 6800 2008, 10):

$$Kp = p \times (Wp \times Mp), \quad (3)$$

Laatukustannukset tarkoittavat PSK 6800 standardissa kustannuksia, jotka aiheutuvat ylimääräisistä toimenpiteistä, joilla tuotteen laatu palautetaan alkuperäiselle, suunnitellulle tasolle tai tuote myydään laatuvirheen takia halvemmalla. Laitteen kriittisyysindeksi (Kq) lasketaan tuotteen laadun kannalta kaavalla (PSK 6800 2008, 11):

$$Kq = p \times (Wq \times Mq), \quad (4)$$

Korjauskustannukset syntyvät laitteen vikaantuessa ja seurauskustannukset silloin kun kohteen vikaantuminen johtaa sen vaurioitumiseen tai toisen laitteen vikaantumiseen. Laitteen kriittisyysindeksiluku (Kr) lasketaan korjauskustannusten näkökulmasta seuraavasti (PSK 6800 2008, 11):

$$Kr = p \times (Wr \times Mr), \quad (5)$$

Kokonaisvaltainen laitteiden kriittisyysindeksin (K):n arvot saadaan PSK 3800 standardin laatimasta taulukosta 2. Kriittisyysindeksi K lasketaan seuraavanlaisesti (PSK 6800 2008, 8):

$$K = p \times (Ws \times Ms + We \times Me + Wp \times Mp + Wq \times Mq + Wr \times Mr), \quad (6)$$

Laitos

Kriittisyysluokittelun kohde

Tekijät

Versio

Päiväys

Kriittisyyden raja-arvo

700

Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp

100

Toimintopaikan tunnistus	Toimintopaikan nimitys	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö 0...16	Tuotannonmenetykset (0...4)	Lopputuotteen laatuolosuhteet (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriittisyysindeksi	Kriittisyyden osaindeksit					
		Painoarvot W →	30	20	100	30	20		K	Ks	Ke	Kp	Kq	Kr
KO-248	3.PURISTIN YLÄTELA	3	8	0	3	2	3	1980	720	0	900	180	180	
KO-247	3.PURISTIN ALATELA	3	8	0	3	2	3	1980	240	0	270	180	180	
KO-250	2.KUIVAUSRYHMÄN KÄYTTÖ	3	4	4	3	2	2	1800	120	240	270	180	120	
KO-244	1.PURISTIN YLÄTELA	3	4	0	3	2	3	1620	360	0	900	180	180	
KO-243	1.PURISTIN ALATELA	3	4	0	3	2	3	1620	360	0	900	180	180	
KO-242	2.PURISTIN ALATELAN KÄYTTÖ	2	2	8	4	2	3	1480	120	320	240	120	120	
KO-241	2.PURISTIN ALATELAN KÄYTTÖ	2	2	8	4	2	3	1480	120	320	800	120	120	
KO-239	1.PURISTIN KK1 ALAHUOVANJOHTOTELAT 3 kpl	3	2	0	2	2	2	1080	180	0	600	180	120	
KO-233	3.PURISTIN KARTONGINJOHTOTELA	3	2	0	2	2	2	1080	180	0	600	180	120	
KO-210	VIIRAN IMUTELA	2	4	2	3	3	3	1220	240	80	180	180	120	
KO-210	VIIRAN IMUTELAN KÄYTTÖ	2	4	4	2	2	2	1000	240	160	120	120	80	
KO-238	Puristin 1 alateilan käyttö	2	2	2	1	2	2	600	120	80	60	120	80	
KO-209	VIIRAN VETOTELA	2	4	2	2	2	2	920	240	80	400	120	80	
KO-232	KK 1:N PAINESIHTI	2	2	2	1	2	1	560	120	80	60	120	40	
KO-204	RINTATELA	2	2	2	1	2	1	560	60	80	60	120	40	
KO-266	3.KUIVAUSRYHMÄN KÄYTTÖ	2	2	2	1	2	1	560	60	80	60	120	40	
KO-200	KK 1 PERÄLAATIKKO	2	0	0	2	2	0	520	0	0	120	120	0	
KO-264	YLÄVIIRAN KIRISTIN, 3.KUIVAUSRYHMÄ	1	4	4	2	2	2	500	120	80	200	60	40	
KO-257	KUIVAUSSYLINTERI N:O 1	1	2	4	2	3	2	470	60	80	200	90	40	
KO-258	KUIVAUSSYLINTERI N:O 2	1	2	4	2	3	2	470	60	80	200	90	40	
KO-251	KUIVAUSSYLINTERI N:O 3	1	2	4	2	3	2	470	60	80	200	90	40	
KO-235	VIIRAN JOHTOTELAN KÄYTTÖ	2	2	2	1	0	2	480	120	80	200	0	80	
KO-232	VIIRAN JOHTOTELAN KÄYTTÖ	2	4	2	2	0	2	800	240	80	120	0	80	
KO-226	VIIRAN PALAUTUSTELA 2 kpl	2	2	2	2	1	1	700	120	80	120	60	40	
KO-222	VIIRAN PALAUTUSTELA 2 kpl	2	2	2	2	1	1	700	60	80	120	60	40	
KO-225	HUOVANKIRISTIN, 2 PUR. YLÄHUOPA	1	2	4	1	1	1	250	60	80	100	30	20	
KO-219	YLÄVIIRAN KIRISTIN, 3.KUIVAUSRYHMÄ	1	2	2	1	2	2	300	60	40	100	60	40	
KO-214	YLÄVIIRAN OHJAUSTELA, 3.KUIVAUSRYHMÄ	1	2	2	1	2	2	300	60	40	100	60	40	
KO-206	HUOVANKIRISTIN, 2 PUR. YLÄHUOPA	1	2	2	1	1	1	250	60	40	100	30	20	
JÄ-210	JÄLKIJÄLJIN 2	1	0	0	0	0	4	80	0	0	0	0	80	
KO-208	Puristin 1 alahuovan suhkuputken oskiloitsi	1	0	0	0	2	0	60	0	0	0	0	60	

Kuva 9. Kartongikoneelle suoritettu kriittisyysluokittelu. (PSK 6800 2008, 12)

7 ACHENBACH KYLMÄVALSSAIN

Kylmävalssaus on metallin kylmämuokkausta, jonka avulla saavutetaan haluttu pinnanlaatu, kovuus, loppumitta ja toleranssi. Kylmävalssauksen aikana valssattu tuote kovenee ja muuttaa muotoaan. Kylmävalssauksesta johtuvat jännitteet poistetaan hehkuttamalla tuote pehmeäksi, joka mahdollistaa uudelleen valssattavuuden yhä ohuemmaksi. (Aurubis Finland Oy:n sisäiset tiedostot)

Achenbach on valssaamon kuormitetuin kylmävalssain ja samalla tärkein. Achenbachin edelliset vaiheet ovat kuumavalssaus sekä jyrsintä. Kuumavalssauksessa punahehkuinen valanne valssataan haluttuun mittaan, jolloin se ohenee ja pitenee huomattavasti. Kuumavalssauksessa kuparilaatan pintaan muodostuu oksidikerros, joka jyrsitään pois jyrsinkoneella. Achenbachilla voidaan valssata ainoastaan jyrsittyjä tuotteita, sillä kuumavalssauksesta syntynyt kuparioksidi likaa ja pilaa työvalssit sekä valssausemulsion. Tuote kovenee valssauksen aikana ja se joudutaan hehkuttamaan valssauskertojen välissä Ebner-panoshehkutusuunissa tai läpivetouunissa. Tuote menee maksimissaan kaksi kertaa valssauskertojen välissä hehkutusuuniin ja sieltä takaisin valssille. Valssilla työskentelee 2-4 henkilöä valssaustavasta riippuen.

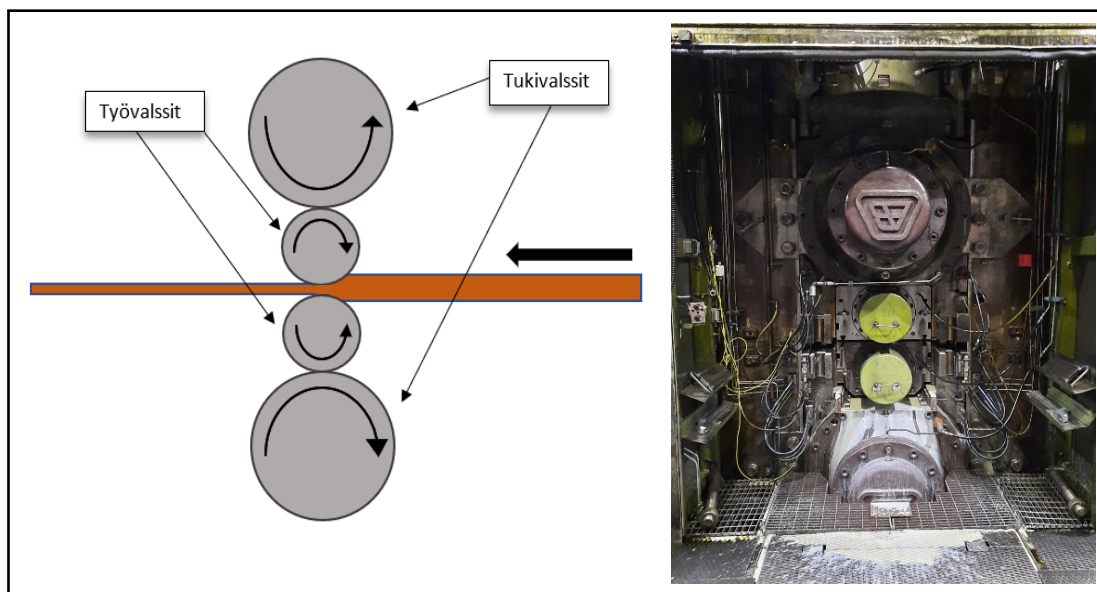


Kuva 10. Achenbach kylmävalssain

Achenbachilla voidaan valssata kahdella eri tavalla; rulla-ajo ja laatta-ajo. Rulla-ajossa valssataan kuparirullia, kun taas laatta-ajossa valssataan kuparilaattaa. Valssattavien tuotteiden reduktio eli muokausprosentti on välillä 15-35%. Tapahtumaa, kun tuote ajetaan valssien välistä, kutsutaan pistoksi. Pistojen määrä ja voimakkuus vaihtelevat muokattavan tuotteen mukaan. Esimerkiksi rulla-ajossa pistot ovat yhdestä yhdeksään kertaan. Kylmävalssaimen konekokonaisuuteen kuuluu myös pesukone, jolla pestään valssatut kuparilaatat emulsiosta ja kuivataan lopuksi. Kylmävalssaimen layout on esitetty liitteessä 1. (Österlund henkilökohtainen tiedonanto 13.11.2020)

Achenbach on nelivalssain, jossa tukivalssit tuottavat tarvittavan valssausvoiman työvalssille. Kylmävalssaimella voidaan valssata 600-1150mm leveitä rullia ja laattoja. Rullat ovat valssille tullessaan maksimissaan 12mm vahvuisia ja laatat maksimissaan 60mm vahvuisia. Rullat valssataan minimissään 0,14mm paksuuteen ja levyt 6mm paksuuteen. (Aurubis sisäiset tiedostot)

Valssatut nauhat painavat n.5000kg ja maksimi valssausvoima valssaimella on 15 000kN, joka on rajoitettu 13 500kN:iin. Valssaimen kelojen jarrutusvoimat eli vedot riippuvat tuotteesta ja pistosarjojen määrästä. Sekä syöttö- että vetokela jarruttaa vuoroperään 30-130kN voimalla valssauksen aikana. Myös ajonopeudet vaihtelevat valssilla tuotteen ja reduktion mukaan. Ajonopeudet asettuvat välille 9-200m/min.



Kuva 11. Nelivalssaimen toimintaperiaate

7.1 Valssaimen päälaitteet

Achenbach -kylmävalssain on yksi tärkeimmistä koneista valssaamon lopputuotannon jatkumisen kannalta. Suurin osa valssatuista tuotteista valssataan siis achenbachin läpi. Achenbachille tehtiin kriittisten laitteiden ja osien kartoitus painottamalla erityisesti laiterikkoja, jotka aiheuttavat huomattavan seisakin valssaimella. Kone on kokonaisuudessaan melko suuri, joten oli tärkeää saada oleelliset toimilaitteet kartoitettua soveltamalla kriittisyysanalyysia. Kylmävalssaimelle tehtiin päälaitteiden luokittelu ja toimintaselostus, huomioiden niiden vaikutus kokonaisuuden toimivuuteen.

Taulukko 3. Valssaimen päälaitteet ja niiden tehtävät

Valssaimen päälaitteet	Laitteen tehtävä
Kelat	Kuparinauhan edestakainen kelaus ja purku.
Oikaisukone	Kuparirullan oikaisu suoraksi ennen valssikita.
Päävaihte	Päävaihteen tehtävä on muuttaa päämoottorin suuri pyörimisnopeus pienemmäksi vääntömomentiksi ja hidas pyörimisnopeus suuremmaksi vääntömomentiksi.
Kelan moottorit	Kelan moottorit (3kpl) pyörittävät purkaukelaan sekä oikeaa ja vasempaa kela.
Päämoottori	Päämoottori pyörittää työvalsseja välittäen voiman vaihdelaatikon ja kardaaniensa kautta.
Raonsäätö sylinteri	Säätölee valssaimen kidan suuruutta, eli valssirakoa, josta valssattava materiaali menee läpi.
Kardaaniakselit	Kardaaniakselit siirtävät voiman vaihdelaatikon työvalsseille.
Sähkökäytöt	Moottoriohjaukset
Emulsiojärjestelmä	Emulsiojärjestelmä jäähdyttää valsseja, toimii valssattavan materiaalin ja työvalssin väliaineena sekä vähentää kitkaa valssauksen aikana.
Ohjausjärjestelmä	Raonsäätö, turvajärjestelmät, käytännössä koko valssaimen ohjaus.
Sammutuslaitteisto	Sammutuslaitteistolla sammutetaan valssaimen kellarin ja valssikidan mahdollinen tulipalo.
Hydrauliikan säätöjärjestelmä	Valssaimen hydrauliikan säätö.

Kiertovoitelujärjestelmä (REPS)	Kiertovoitelujärjestelmä voitelee valssaimen laakereita.
Raonsäätöanturit	Raonsäätöanturit mittaavat valssirakoa.
Leikkurit	Kuparirullan päiden leikkaus.

7.2 Laitteiden kartoitus

Kylmävalssaimelle suoritettiin kriittisyysanalyysi pohjautuen osakseen PSK 6800 -standardiin. Kohteiksi valittiin valssaimen päälaitteet, sillä ne todettiin olevan koneen toimivuuden kannalta elintärkeitä. Päälaitteista tavoitteena oli kartoittaa päälaitteen osasta tai komponentista aiheutuva mahdollinen ja todennäköisin vika. Laitteiden ja osien todennäköisin vikamuoto todettiin haastattelemalla kunnossapitoa, kunnossapidon työnjohtoa ja valssaamon teknistä henkilökuntaa hyödyntämällä kohteiden vikahistoriaa ja varaosavalmiutta. Pääpainona kriittisten osien kartoittamisessa pidettiin vian tai laitteen rikkoutumisesta aiheutuvaa korjausaikaa. Vian korjausaika oli suoraan verrattavissa tuotannon menetyksiin kylmävalssaimella.

7.2.1 Kriittisyysluokat

Kylmävalssaimelle määritettiin kriittisyysluokat pohjautuen suoritettavaan, päälaitteiden kriittisyysanalyysiin. Kriittisyysluokkien laatimisessa otettiin huomioon laitteiden vikahistoria ja aiheutuvat kustannukset, joiden avulla luokat määriteltiin realistisiksi ja mahdollisimman soveltuviksi kohteelle. Kriittisyysluokat määriteltiin myös värikoodilla kuvaamaan vaurion vakavuutta.

Taulukot 4 ja 5. Hinnan- ja turvallisuuden kriittisyysluokat.

Hintaluokittelun kriittisyysluokat	
Mr=1	Ei materiaalihinkoja
Mr=2	< 2000€
Mr=3	2000€ - 10 000€
Mr=4	10 000€ - 35 000€
Mr=5	35 000€ - 100 000€
Mr=6	> 100 000€

Turvallisuusriskin kriittisyysluokat	
Ms=1	Ei turvallisuusriskiä
Ms=2	Vähäinen turvallisuusriski
Ms=3	Kohtalainen turvallisuusriski
Ms=4	Merkittävä turvallisuusriski
Ms=5	Vakava turvallisuusriski

Taulukot 6 ja 7. Vian korjausajan- ja vikaantumisvälin kriittisyysluokat.

Vian korjausajan kriittisyysluokat		Vikaantumisvälin kriittisyysluokat	
Tt=1	0-15 min	P=1	Käytännössä mahdoton
Tt=2	15-30min	P=2	Tapahtuu kerran 10-30 v
Tt=3	30min-1h	P=3	Tapahtuu kerran 3-10 v
Tt=4	1-12h	P=4	Tapahtuu kerran 1-3 v
Tt=5	12-24h	P=5	Tapahtuu 3 kertaa vuodessa
Tt=6	> 24h	P=6	Tapahtuu 4 kertaa vuodessa tai useammin

Taulukot 8 ja 9. Ympäristöriskien- ja vakavuusasteen kriittisyysluokat.

Ympäristöriskien kriittisyysluokat		Vakavuusasteen kriittisyysluokat	
Me=1	Ei ympäristöriskiä	Ps=1	Ei vaikuta tuotantoon.
Me=2	Alhainen ympäristöriski	Ps=2	Alentaa tuotantonopeutta lyhyeksi aikaa
Me=3	Kohtalainen ympäristöriski	Ps=3	Alentaa tuotantonopeutta huomattavasti
Me=4	Suuri ympäristöriski	Ps=4	Pysäyttää tuotannon toistuvasti ja pitkäkestoisesti
Me=5	Vakava ympäristöriski	Ps=5	Pysäyttää tuotannon välittömästi ja pitkäkestoisesti

Kriittisyysluokkien määrittelyssä vikaantumisväli, korjausaika, -ja hintaerittelyindeksit määriteltiin asteikolle 1-6, jotta saadaan tarkempi arvio laitteen kriittisyysluokittelusta. Vian vakavuusasteen, ympäristöriskien, -ja turvallisuusriskien näkökulmasta käytettiin asteikkoa 1-5.

7.3 Kriittisyysanalyysi

Kriittisyysanalyysia laatiessa tärkeimpänä pidettiin korjauksen vaatimaa aikaa. Korjauksen vaatimaa aikaa käytettiin kertoimena vian riskilukua (RPN) laskiessa. Korjauksen vaatima aika on yritykselle tärkeää, sillä korjausajan vaatima aika on suoraan verrattavissa menetettyihin tuotantokiloihin ja kustannuksiin. Vian riskiluku (RPN) laskettiin seuraavanlaisella kaavalla: $Tt \cdot (Mr + Ms + P + Me + Ps)$.

Taulukko 10. Kylmävalssaimen päälaitteiden kriittisyysluokittelu

Kohde	vika	Vaka- vuusaste (1-4)	Korjaus- aika (1-5)	korjaus/ seuraus- kustannus (1-5)	Turvallisuus- riski (1-5)	Toistuvuus (0-5)	Ympäristö riski (1-5)	Suoritettava toimenpide	Riski- luku (RPN)
Raonsäätöanturit	Anturin tappi jumissa	4	3	1	1	3	1	Anturin vaihto	30
Sammutus- laitteisto	Yhteysongelma	2	2	1	5	3	1	Yksikön vaihto	24
Ohjaus- järjestelmä	Logiikkakortti	4	2	2	3	2	1	Logiikkakortin vaihto	24
Sähkökäytöt	Moduuli	4	2	3	1	3	1	Varamoduulin vaihto	24
Päämoottori	Laakerit	3	5	1	1	1	1	Laakerin vaihto	35
Raonsäätö- sylinteri	Tiivisteet	4	5	2	1	2	1	Tiivisteiden/ sylinterin vaihto	50
Hydrauliikka- järjestelmä	Raonsäätö ei toimi	4	5	3	1	3	1	Vian paikallistami- nen, komponentin vaihto	60
Oikaisukone	kardaaniakseli katkeaa	2	4	2	1	3	1	Kardaaniakselin vaihto	36
Päävaihde	Laakerit tai Hammasrattaat	5	6	5	1	2	1	Laakerin tai hammasrattaan vaihto	84
Kelat	Pultti katkeaa	2	4	2	1	4	1	Kelan purku, pultin vaihto	40
Kelan moottorit	Laakerit	3	5	1	1	1	1	Laakerien vaihto	35
Kardaaniakselit	Ristinivel murtuu	2	4	3	1	3	0	kardaaniakselin vaihto	36
Leikkurit	Laukaisu- koneisto jumiutuu	2	4	3	1	3	1	Varaosien vaihto	40
Kiertovoitelu- järjestelmä	Pumppu	2	4	2	0	2	0	Varapumppu käyttöön, rikkoutu- neen korjaus	24
Asetinkoneen jarru	Jarru jumittuu	2	4	3	2	4	1	Jarrulevyn puhdis- tus, levy vaihtoon, mikäli tarpeellista	48
Emulsio- järjestelmä	Suutintukki halkeaa	2	4	2	1	5	0	Suutintukin hitsaus, (suunnitte- lussa uudet tukit)	40

Kriittisen riskiluvun alaraja (RPN) 45

7.3.1 Tulokset ja suositukset

Kohteiden kriittisyysluokittelu osoittaa jokaisen kohteen olevan elintärkeä valssaimen toiminnan kannalta. Suoritetusta kriittisyysluokittelusta voidaan todeta kohteen vian ilmetessä, että mikä tahansa vikaantunut kohde, lukuun ottamatta sammutuslaitteiston yhteysongelmaa ja emulsiojärjestelmän suutintukin halkeamista, pysäyttävät valssaimen lähes välittömästi.

Kriittisyysluokittelun RPN-luvun alarajaksi määrättiin 45. Kohteita, jotka ylittävät riskirajan on kokonaisuudessaan 4 kappaletta eli 25 % kartoitetuista laitteista. Kohteita, jotka puolestaan alittavat asetetun alarajan löytyi 12 kappaletta (75 %) kartoitetuista. Alarajan alittavista koneista on löydettävissä yhtenäisiä piirteitä; Osa on sisällytetty ennakkohuoltosuunnitelmaan, varaosavalmius on kohtuullisella tasolla sekä laitteille on kohdistettu kunnonvalvontaa.

Esimerkiksi valssaimen päämoottori ja kelojen moottorit, jotka ovat korjausajan puolesta vakavia mahdollisia riskejä, on kriittisyysindeksi kuitenkin matala. Näiden kohteiden todennäköisimmäksi vikamuodoksi todettiin laakeririkot. Mahdolliset syntyvät laakeririkot ovat yrityksessä ehkäistävissä laakerien kuukausittaisella kunnonvalvonnalla perustuen värähtelymittauksiin, ja näin oireileva laakeririkko on jo hyvissä ajoin tiedossa ja kunnossapitotoimenpiteet saadaan suunniteltua hyvissä ajoin.

Sähkökäyttöjen, ohjausjärjestelmän, sammutuslaitteiston ja raonsäätöantureiden alhainen riskiluku perustuu nopeaan korjausaikaan ja varaosien saatavuuteen. Varaosia löytyy hyvin varastosta ja korjaustoimenpide on kohtuullisen nopea. Kiertovoitelujärjestelmän alhainen riskiluku perustuu varapumpun nopeaan käyttöönottoon ja näin saadaan rikkoutunut pumppu korjattua menettämättä valssausaikaa.

Kohteet, jotka ylittävät asetetun riskiluvun, päätettiin tarkastella tarkemmin. Raonsäätösylinterin korkean riskiluvun (50) muodostuu tiivisteen rikkoutumisesta, aiheuttaen kohtuuttoman korjausajan ja pysäyttäen tuotannon välittömästi. Mikäli raonsäätösylinteri ei tule kuntoon pelkällä tiivisteiden vaihdolla, joudutaan pahimmassa tapauksessa vaihtamaan koko sylinteri, joka on uutena varaosana erittäin kallis. Yrityksen keskusvarastolta löytyy kuitenkin vaihtosylinteri. Suosituksena

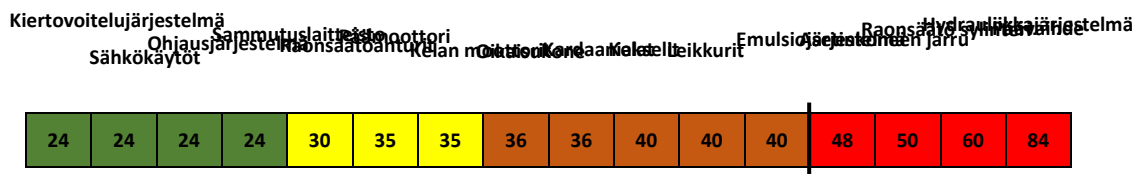
kylmävalssaimen raonsäätösylintereille on ottaa käyttöön reaaliaikainen kunnonvalvonnan seuranta. Sylinterin kunnonvalvonnan anturointi, jolla saadaan selville, monenko tunnin päässä on odotettavissa vaurio ja tieto siitä, miltä kohdalta sylinteri alkaa vikaantumaan. Kunnonvalvonnan lisääminen kohteelle laskee korjauskustannuksia ja koneen käyttövarmuus paranee.

Hydrauliikkajärjestelmän korkea riskiluku (60) muodostuu raonsäädön toimimattomuudesta. Järjestelmä on kokonaisuudessaan melko suuri ja vian paikallistaminen sekä varaosien saatavuus vaativat aikaa. Vian korkea riskiluku perustuu pääsääntöisesti vian havaittavuuteen, vaikeaan löydettävyyteen ja varaosasaatavuuteen. Suosituksena yritykselle on kohdistaa hydrauliikkajärjestelmän kriittisimmille kohteille kunnonvalvontaa anturoimalla kohteita. Kunnonvalvonnan toteutustapoina kohteiden anturointi kosteuden havaitsemiseen ja öljyn hiukkaslaskenta kriittisistä kohteista määritellyin aikavälein.

Kolmas riskiluvun ylittävä kohde on asetinkoneen jarru (48). Asetinkoneen jarrun jumittuessa alentaa se tuotantoaikaa lyhyeksi aikaa, mutta kriittisyyttä nostaa huomattavasti jarrun vaihtotoimenpide. Jarrun vaihtotoimenpide vaatii yli 10 h korjausaikaa, joka aiheuttaa yritykselle kohtuuttomat tuotannon menetykset. Asetinkoneen jarrun puhdistus on asetettu ehkäisevänä kunnossapitotoimenä kylmävalssaimen ennakkohuolto-ohjelmaan. Pahimmassa tapauksessa jumiutunut asetinkoneen jarru syttyy palamaan ja aiheuttaa tulipalon. Suosituksena yritykselle asetinkoneen jarrulle on jarrunvalvontayksikön käyttöönotto. Jarrunvalvontayksikkö mittaa jarrun toimintaa ja jarrulevyn kulumista valvomalla sen toimintavälystä. Yksikön avulla jarrun huoltovälien määrittäminen helpottuu ja saadaan kohdistettua tehokkaammin kunnonvalvontaa kohteelle. Asetinkoneen jarrulle toisena suosituksena lämpötila-anturin asentaminen.

Kriittisyysluokittelun vakavimmaksi kohteeksi todettiin päävaihte. Päävaihteen riskiluvuksi kartoitettiin 84. Päävaihteen laakerien tai hammasrattaiden rikkoontuminen aiheuttaa suuret tuotannon menetykset, sillä korjausaika on yli 24 h, varaosia ei ole saatavilla riittävän nopeasti ja ne ovat kalliita. Yrityksellä on kuitenkin satunnaisia varaosia keskusvarastossa laakeri- tai hammasrattasrikon ilmetessä. Kriittisyysluokittelua tehdessä, havaittiin päävaihteen puuttuvan kuukausittain suoritettavista kunnonvalvonnan värähtelymittauksista. Suosituksena yritykselle ottaa valssaimen päävaihte

reaaliaikaiseen kunnonvalvonnan seurannan piiriin perustuen kuukausittaisiin värähelymittauksiin. Reaaliaikainen kunnonvalvonnan ansiosta kohteen käyttövarmuus paranee, korjauskustannukset alenevat, ennakkohuollon suunnittelu helpottuu ja tuotannon käyttöaste kohenee.



Kuva 12. Kriittisten laitteiden jakautuminen.

Kriittisyysanalyysin tuloksista laskettiin myös valssaimen korjausajasta johtuvat tuotannon taloudelliset menetykset, eli korjausajan hinta valssaimella. Valssaimen osan tai komponentin vaatima korjausaika muutettiin menetetyiksi tuotantokiloiksi, jotka muutettiin vastaamaan menetettyä taloudellista arvoa. Laskennassa huomioitiin valssauksen jälkeinen saantiprosentti ja katetuotto (€/Kg). Korjauksen vaatima hinta valssaimen ollessa pysähdyksissä on esitelty liitteessä 4.

8 VARAOSAT

Valssaimen tietyn osan tai komponentin rikkoutuessa on ensiarvoisen tärkeää saada välittömästi kunnossapidolle vaihdettava osa, sillä konerikot valssaimella aiheuttavat kohtuuttomat tuotannon menetykset. Kylmävalssaimen pitkittynyt konerikko alkaa näkyä hiljalleen myös suurimmalle osalle valssaamon koneista raaka-aineen puutteena.

Valssaamon keskusvarastosta voidaan hakea kylmävalssaimen omat varaosat varaosa-nimikkeellä tai kohdenimikkeellä. Tässä tapauksessa kylmävalssaimen kohdenimike on 1101. Ilmeni, että varastossa on monessa kohtaa puutteita kriittisten varaosien saldossa sekä varastossa on tarpeettomia ja vanhoja varaosia.

Nimike	Kuvaus	Tiedot tilaukselle	Varaosan laite	Varaosan toimintopaikka	Varasto	Nykyinen saldo
ACB10013	PNEUM. SÄHKÖNEN MUUNNIN	SHC REGULATOR EIT402-F0048	10039	1101	VAR1	1,00
ACB10062	PAINEILMAHÄMOOTTORI ATLAS COPCO	LZB 33 A 005-11, 8411 030169	10942	OIVAK1120	VAR1	1,00
ACB10069K	PAINEAKKU BOSCH	ESTÄYTTO 100 BAR, 10 1 150 BAR	11040	OIVAK1101	VAR1	1,00
ACB10076	ANALOG IN-/OUTPUT	4 TULOA/2 LÄHTÖÄ, 24 VDC/0MB0 INPUT/OUTPUT MODULELLIN BRADLEYTEKNINEN VASTUUNENKLO: ARI KILPU/UKKAVITTOIKOHDE: VALSSAAMOLAITERAKKA: KYLMÄVALSSAIN 1 TOIMINTORAKKOA, MAKINO: OIVAK1101, CAT.NO: 1794-0B14	10027	OIVAK1012	VAR1	2,00
ACB10077	DC OUTPUT	SOURCE OUTPUT MODULELLIN BRADLEYTEKNINEN VASTUUNENKLO: ARI KILPU/UKKAVITTOIKOHDE: VALSSAAMOLAITERAKKA: KYLMÄVALSSAIN 1 TOIMINTORAKKOA, MAKINO: OIVAK1101, CAT.NO: 1794-0B14	10027	OIVAK1012	VAR1	2,00
ACB10078	DC SIN/IN-/SOURCE OUTPUT	10 TULOA/6 LÄHTÖÄ, 24 VDC/0MB0 INPUT/OUTPUT MODULELLIN BRADLEYTEKNINEN VASTUUNENKLO: ARI KILPU/UKKAVITTOIKOHDE: VALSSAAMOLAITERAKKA: KYLMÄVALSSAIN 1, CAT.NO: 1794-1B10X0B8	10027	OIVAK1012	VAR1	2,00
ACB10078	OHJATTU VASTAVENTTIL	HAIVE HOPS	11040	OIVAK1101	VAR1	1,00
ACB10081	NOSTOALUSTAN SYLINTERI	UPPOMÄNTÄ/VKSTOIMINEN	11035	OIVAK1101	VAR1	0,00
ACB10073	ISTUKKAVENTTIL REKROTH	M3BEW60-3X/420/NG24V9K4	11040	OIVAK1101	VAR1	1,00
ACB10087	VICKERS-SIGNAALIMUUNNIN	EHA-PAH-291-A-20	11039	OIVAK1101	VAR1	1,00
ACB10080	MUUNNOSLEIY REKROTH	H808A6A001-5X/M00	11040	OIVAK1101	VAR1	1,00
ACB10086	KNOCK DO-EROTUSMUUNNIN	P27000H1, +/-10V / +/-10 V	11039	OIVAK1101	VAR1	1,00
ACB10081K	NOSTOALUSTAN SYLINTERI	UPPOMÄNTÄ/VKSTOIMINEN	11035	OIVAK1101	VAR1	1,00
ACB10082	TUKIVALSSAAN KÄNNÄTUSTARPI		11035	OIVAK1101	VAR1	4,00
ACB10084	PULSSANTURI LEINE & LINDE	528004992-2800-1024	11039	OIVAK1101	VAR1	2,00
ACB10093	AUTOMAX PROCESSOR 7010	970435	10027	OIVAK1012	VAR1	1,00
ACB10097	AUTOMAX ISOLATED CONTROL A/D	970409, 2CH	11039	OIVAK1101	VAR1	1,00
ACB10099	AUTOMAX ISOLATED ANALOG OUTPUT	970410, 4 CH	11039	OIVAK1101	VAR1	1,00
ACB10098	RELIANCE ANALOG CABLE ASSEMBLY	612417-60R	11039	OIVAK1101	VAR1	1,00

Kuva 13. Esimerkki kylmävalssaimen varastotiedoista. (Maximo-kunnossapitajärjestelmä)

Valssaamon varastojärjestelmään tehtiin eräänlainen inventaario, jonka avulla huomattiin puuttuvat ja vanhat varaosat keskusvarastolla. Tulevaisuudessa tullaan suorittamaan tarpeettomien varaosien konkreettinen poisto varastosta sekä järjestelmästä.

Varaston inventaario mahdollistaa tilan uusille varaosille sekä saadaan tehostettua varaosasaatavuutta ja varaston käytettävyyttä. Varaston inventaarion jälkeen saadaan tehostettua myös kunnossapitotoimintaa, sillä kunnossapitoasentajat löytävät nopeasti tarvitsemansa varaosan, eikä aikaa kulu vanhojen ja tarpeettomien varaosien läpikäymiseen.

9 HUOLTO-OHJELMAT

9.1 Ennakkohuolto

Kylmävalssaimella on laadittu ennakkohuolto-ohjelma, joka suoritetaan määritellyin aikavälein. Ennakkohuolto-ohjelma pitää sisällään sähkö, mekaaniset, hydrauliset ja voiteluhuollot. Ennakkohuolto-ohjelmaan on myös sisällytetty valssien laakerihuollot, värähtelymittaukset ja turvalaitetestaukset.

Kun ennakkohuolto kuitataan suoritetuksi, siirtyy se automaattisesti seuraavaan määrättyyn päivämäärään. Esimerkkinä 12kk turvalaitetestaus kuitataan valmiiksi 1.1.2020, avautuu uusi testauspäivämäärä automaattisesti kuittauksen jälkeen suoritettavaksi 1.1.2021. Liitteessä 2 on esitelty tarkemmin kylmävalssaimen ennakkohuolto-ohjelmaan sisällytetyt värähtelymittaukset.

Tarkennettu haku

Ennakkohuollot Suodatin 1 - 20/23

Ennakkohuolto	Kuvaus	Toimintopaikka
		1101
1003.10	Kylmävalssain 1 Käyttäjähuolto (1101), Käyttäjähuolto 1 vko (1101)	CVAY1101
101	Kylmävalssain 1 (voireitti)	CVAY1101
101.10	Kylmävalssain 1 (voireitti), viikkohuolto	CVAY1101
101.20	Kylmävalssain 1 (voireitti), 3kk huolto	CVAY1101
101.30	Kylmävalssain 1 (voireitti), 6kk huolto	CVAY1101
101.40	Kylmävalssain 1 (voireitti), 12kk huolto	CVAY1101
1057.10	Valssin siirtovaunu 12kk Eh (Mekaaninen)	CVAH1101
1057.20	Valssin siirtovaunu 6kk Eh (Voitelu)	CVAH1101
151.10	Kylmävalssain 1(Achenbach) (sähkö), 4kk huolto	CVAY1101
151.30	Kylmävalssain 1(Achenbach) (sähkö), 12kk huolto	CVAY1101
151.40	Kylmävalssain 1(Achenbach) (sähkö), 12kk turvalaitetestaus	CVAY1101
151.50	Kylmävalssain 1(Achenbach) (sähkö), 24kk huolto	CVAY1101
151.60	Kylmävalssain 1(Achenbach) (sähkö), 3kk huolto	CVAY1101
151.70	Kylmävalssain 1(Achenbach) (sähkö), 1vko Vastuuasentaja/Kyva1	CVAY1101
152.00	Kylmävalssain 1(Achenbach) mek, 3kk Mek huolto	CVAY1101
152.20	Kylmävalssain 1(Achenbach) mek, 12kk Levylämmönvaihdin(emulsio)	CVAY1101
152.40	Kylmävalssain 1(Achenbach) mek, 12kk Mek huolto	CVAY1101
152.50	Kylmävalssain 1(Achenbach) mek, 3kk Eh Suodatinhuolto Kyva1	CVAY1101
1901.100	Kylmävalssain 1 (värähtely), Kylmävalssain värähtelymittaukset	CVAY1101
224.10	Kylmävalssain 1(Achenbach) hydraulikka, 3kk Eh Hydraulikka 1101	CVAY1101

☐ Valitse tietueet

Kuva 14. Kylmävalssain 1101:n ennakkohuoltosuunnitelma. (Maximo-kunnossapitojärjestelmä)

Achenbachin ennakkohuoltosuunnitelman kaikki 23 ennakkohuoltoa tarkistettiin läpi ja ennakkohuolto-ohjelmasta kohdistettiin tuotantotekijöille tietyt työt, jotka olivat ennen määritelty kunnossapitoasentajien työtehtäviksi. Töiden uudelleen kohdistamisella saatiin asianmukaiset työtehtävät suunnattua kullekin organisaatiolle ja näin tehostettua ennakkohuoltoa ja optimoitua kunnossapidon toimintaa.

The screenshot displays the Maximo maintenance planning interface. On the left, a form for creating or editing a task is visible. It includes fields for 'Tila: ACTIVE', 'Mallipohjalaji: Huolto', 'Kesto: 0:00', 'Luokittelu:', 'Luokan kuvaus:', 'Aloituserkinnän nimi:', 'Sisällytä tehtävät aikatauluun?' (checked), 'Rajoitteen alkusiirtymä:', 'Rajoitteen loppusiirtymä:', 'Omaisuuden käyttökatko on pakollinen?' (unchecked), 'Sijainnin käyttökatko on pakollinen?' (unchecked), and 'Tarkastuslomake:'. On the right, a 'Pitkä kuvaus' (Long description) window is open, showing the title 'Käryimurin rasvasuodattimien pesu (konemiehet)' and a rich text editor. Below the form, a table titled 'Työsuunnitelman tehtävät' (Task plan tasks) is shown, filtered by 'Suodatin'. The table has columns for 'Järjestys' (Order), 'Tehtävä' (Task), 'Kuvaus' (Description), 'Sisäkkäinen työsuunnitelma' (Nested task plan), 'Kesto' (Duration), 'Mittari' (Meter), and 'Ajanvaraus pak' (Time reservation pack). The table lists four tasks: 100 Käryimurin rasvasuodattimien pesu (kor), 120 Jarrulevyjen puhdistus / tarkastus, 130 Olkalsukoneen tarkastus, and 140 Kelojen purku ja tarkastus. Each task has a duration of 0:00 and a search icon. A 'Uusi rivi' (New row) button is at the bottom left.

Kuva 15. Kylmävalssaimen ennakkohuoltotehtävien kohdistaminen. (Maximo-kunnossapitojärjestelmä)

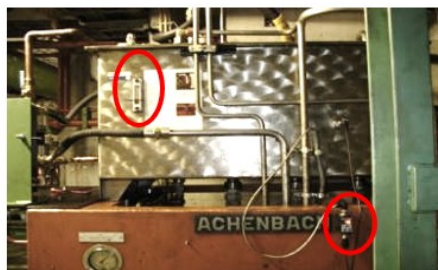
Kunnossapitoasentajat tai koneen käyttäjät kuittaavat maximo-kunnossapitojärjestelmässä suoritettut ennakkohuollon työtehtävät comp-tilaan. Tehtävät työt voidaan myös kuitata plan, wstart, inprg ja wmatl -tilaan. Plan -tilassa työ otetaan suunnittelun alle, inprg -tila ilmaisee työn olevan meneillään, wmatl -tila ilmoittaa materiaalin puutteesta tai sen odottamista ja wstart -tila tarkoittaa kunnossapitotehtävän odottavan sopivaa suoritusajankohtaa.

9.2 Käyttäjähuolto

Kylmävalssaimen käyttäjähuollolla pyritään havaitsemaan koneiden oirehtivat viat varhaisessa vaiheessa ja välittää tiedot kunnossapidolle. Viikon ensimmäinen vuoro suorittaa käyttäjähuollon kerran viikossa. Kun käyttäjähuolto on suoritettu, kuitataan se valmiiksi kunnossapitojärjestelmä maximoon. Mikäli käyttäjähuoltokierroksen kohteista ilmenee huollon tai korjauksen tarvetta, luodaan siitä työpyyntö kunnossapidolle maximo-järjestelmään.



5. Kiertovoiteluyksiköiden tarkastus; öljyvuodottomuus.



6. Raonsäätö hydraulikkayksikön tarkastus: yksikön vuodottomuus, öljyn pinnankorkeus ja lämpötila. Lämpötila ei saa olla yli 55 °C.



7. Venttiiliryhmän tarkastus: öljyvudottomuus.



8. Matala- ja korkeapainehydrauliikka: öljymäärän tarkastus.

Kuva 16. Kylmävalssaimen käyttäjähuollon kohteita

Valssaimen käyttäjähuolto tarkistettiin kohta kohdalta läpi ja todettiin käyttäjähuollon olevan päivityksen tarpeessa. Valssaimen käyttäjähuolto päivitettiin asianmukaiseksi tukemaan ennakoivan kunnossapidon tavoitteita. Käyttäjähuollosta poistettiin kohteita, joita ei nähty edesauttavan koneen toimintaa sekä yhdistettiin kohteita selkeyttämään käyttäjähuoltokierrosta.

Lisäksi käyttäjähuollon kohteille lisättiin tarkentavaa tietoa tarkastettavista kohteista. Käyttäjähuolto päivitettiin yrityksen kunnossapitojärjestelmään sekä tuotannon järjestelmiin. Liitteessä 3 on esitelty achenbachin käyttäjähuoltokierroksen päivitetty versio.

10 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön käytännön osuus suoritettiin yhteistyössä kunnossapidon esimiesten, tuotannon kehitysinsinöörien, huoltoteknikon, valssaamon työnjohton ja tuotannon henkilöstön kanssa. Tiedonkeruussa haastavuutta tuotti erityisesti 3-vuorojärjestelmän työajat ja tiedonkulku, sillä suoritettuihin käytännön tehtäviin piti löytää yhteneväinen mielipide jokaiselta vuorolta sekä haastateltavat olivat eri vuoroissa. Opinnäytetyön aikana Aurubiksella oli kyseisen kylmävalssaimen tuottavuuden kehitysprojekti käynnissä, jossa olin myös itse mukana tämän työn ohella.

Työn rajaaminen oli myös haastavaa, sillä kylmävalssaimen tarkasteltavia kohteita oli paljon. Alun perin tämä työ oli tarkoitus tehdä yrityksen kaikista kylmävalssaimista, mutta lopulta rajaus kohdistui kuitenkin yhteen niistä. Tästä huolimatta tarkasteltavasta konekokonaisuudesta löydettiin oleellisimmat kohteet. Työn rajaus onnistui hyvin sekä työ saatiin kohdistettua kriittisille, tarkastelua vaativille kohteille.

Opinnäytetyön tekeminen oli mielenkiintoista ja opettavaista sekä tuki nykyistä työtehtävääni organisaatiossa hyvin. Tämän työn ohella pääsin syventämään tietojani kylmävalssaimen toiminnasta sekä oppimaan paljon uutta niin teoriassa kuin käytännössäkin. Tutuksi tuli myös yrityksen kunnossapitojärjestelmä maximo.

Päätavoitteena oli luoda yritykselle näkemys kylmävalssaimen tärkeimmistä päälaitteista ja niiden kriittisyydestä toiminnan jatkumisen kannalta. Esille pyrittiin tuomaan myös mahdollisimman tyypillisin vikamuoto tarkasteltavista kohteista. Taustalla oli tarkoitus soveltaa jatkossa tätä tehtyä työtä yrityksen toisille valssaimille. Työssä pyrittiin toimimaan kunnossapidon mallien mukaisesti ja soveltamaan niitä mahdollisimman paljon. Tämän opinnäytetyön asetettuihin tavoitteisiin päästiin mielestäni hyvin.

LÄHTEET

ABB Oy, TTT-käsikirja 2000–07. Helsinki: ABB Oy. Viitattu 20.10.2020. http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/TTT/23_Kunnonvalvonta%20ja%20huolto.pdf

Aurubis AG:n www-sivut. 2020. Viitattu 27.10.2020. <https://www.aurubis.com/en>

Aurubis Finland Oy:n www-sivut. 2020. Viitattu 25.10.2020. <https://www.aurubis.fi/>

Aurubis konsernin Intranet. 2020. Viitattu 15.10.2020

Heinonkoski, R. 2013. Kone- ja prosessiautomaation kunnossapito. Helsinki: Opetushallitus

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

Ketonen, T. 2020. Sähkötöiden käytönjohtaja, Aurubis Finland Oy. Pori. Henkilökohtainen tiedonanto 2.11.2020

Kupariteollisuuspuiston www-sivut. 2020. Viitattu 10.10.2020. <https://www.kupariteollisuuspuisto.fi/>

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

Lehtinen, T. 2018. Word Class Maintenance. Laitoksen käyttövarmuus ja riskienhallinta (WCM 2). AEL Koulutusmateriaali 31.10.2018.

Mattila, M. 2020. Kunnossapitotyöntekijä, Aurubis Finland Oy. Pori. Henkilökohtainen tiedonanto 20.11.2020

Nomen www-sivut. 2020. Viitattu 12.12.2020. <https://nome.fi/fi/etusivu/>

Opetushallituksen edu.fi www-sivut. 2020. Viitattu 9.11.2020. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/index.html>

Pajamäki, M. 2020. Huoltoteknikko, Aurubis Finland Oy. Pori. Henkilökohtainen tiedonanto 8.12.2020

PSK 6800. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Criticality Classification of Equipment in Industry. 2008. PSK Standardisointiyhdistys ry. Helsinki: PSK

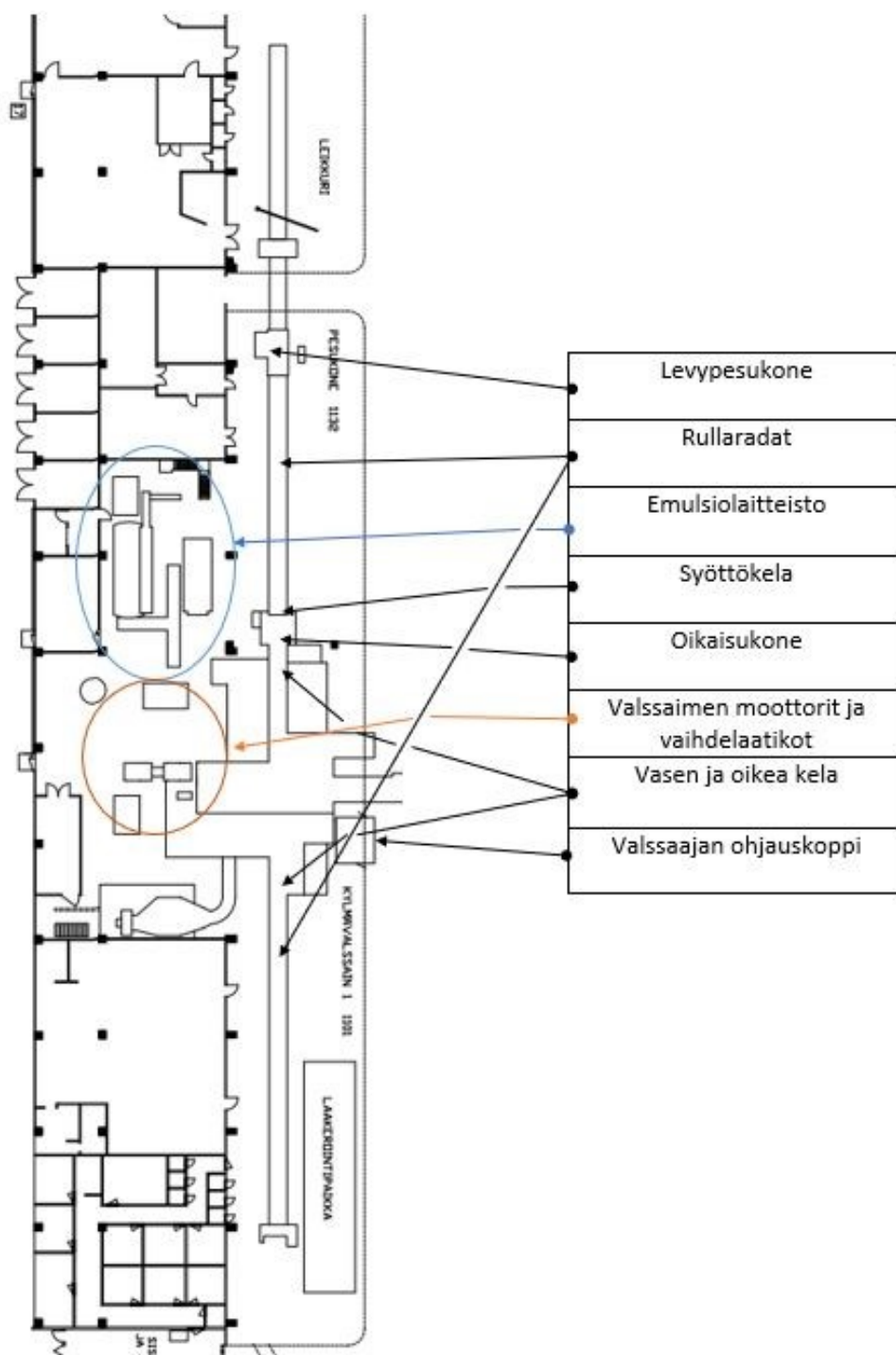
Ramentorin www-sivut 2020. Viitattu 26.11.2020. <http://www.ramentor.com/>

Vitikka, M. 2020. Kunnossapitotyöntekijä, Aurubis Finland Oy. Pori. Henkilökohtainen tiedonanto 20.11.2020

Österlund, K. 2020. Tuotannon esimies, Aurubis Finland Oy. Pori. Henkilökohtainen tiedonanto 13.11.2020

LIITE 1

Kylmävalssaimen pääkokoonpanojen sijainti ja layout piirros



LIITE 2

Kylmävalssaimen kuukausittaiset laakerimittaukset ja kirjatut poikkeamat

Aurubis Valssaamo / valimo			<div><div></div>poikkeama</div> <div><div></div>seurannassa oleva laite</div> <div><div></div>mitattu</div> <div><div></div>suurennettu</div> <div><div></div>mittaus ei pystytty suorittamaan.</div>																									
VÄRÄHTELYMITTAUSKOhteET																												
			2020																									
Reitin nimi	Alue	Pos.	Kohteen nimi	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Huomautukset	Kumulatiiviset vauriot/ toimenpidesuos- tukset	Juurisyys selvitys K/E	
	Achenbach	1101																										
16 vko			Syöttökelan pääkäyttö																									
8 vko			Oikea Kelain																						IMx käytössä			
8 vko			Vasen Kelain																						IMx käytössä			
8 vko			Valssien Pääkäyttö																						IMx käytössä			
8 vko			Poistoilmahuone																									
8 vko			Emulsiopumppu 1																									
8 vko			Emulsiopumppu 2																									
8 vko			SGC hydraulikka 1																									
8 vko			SGC hydraulikka 2																									
8 vko			Tukivalssit																						IMx käytössä			
			Moottorien jäähdytyspuhallimet																						IMx käytössä			
16 vko			Hydr.yksikön jäähdytyspiirin pmpu																									

-Käytöt

-Kelat

-Emulsiopumput

-SGC (raonsäätöhydrauliikka)

-Tukivalssit

-Moottorien jäähdytykset

LIITE 3

Päivitetyt kylmävalssaimen käyttäjähuoltokierroksen kohteet.



18.12.2020 J.Nuotimaa, KMS, MEV
2.3.2020 KMS, MEV; 8.11.2012 Tomula/Lindström

KÄYTTÄJÄHUOLTOKIERROS
Valssaamo / Kone 1101

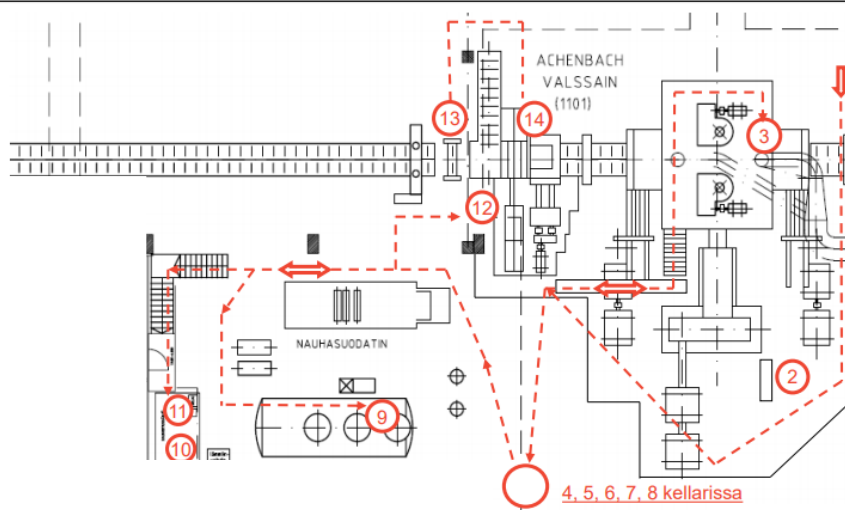
Käyttäjahuoltokierrosten tavoitteena on pyrkiä systemaattisesti tunnistamaan koneiden viat aikaisessa vaiheessa sekä viestiä niistä kunnossapitoon ja näin ehkäistä laatu- ja turvallisuuspoikkeamia sekä konerikkoja.

Koneen käyttäjä tekee Käyttäjahuoltotarkastuksen kerran viikossa, viikon ensimmäisen vuoron alussa.

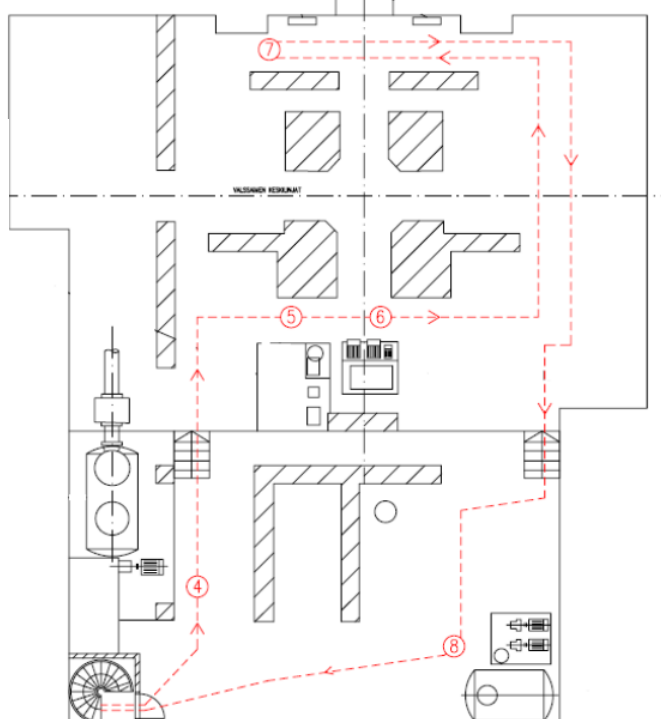
Kunkin viikon käyttäjahuoltokierros kuitataan tehdyksi Maximoon.

Tee työpöytä Maximoon, kun tarkastuksessa ilmenee huollon tai korjauksen tarvetta.

Kunnossapito ilmoittaa aluevastaavalle korjauksen aikataulun.

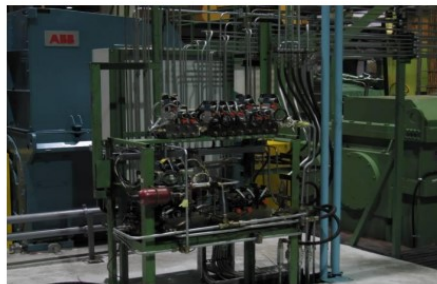


Käyttäjahuoltokierroksen alakerran reitti





1. Tarkkaile koko kierroksen ajan, ettei paineilmalinjassa, -liittimissä tai -laitteissa ole vuotoja.



2. Hydraulikkaventtiiliryhmän tarkastus; öljyvuodottomuus.



3. Valssaimen päällä oleva työtaso:
Raonsäätöventtiiliryhmän tarkastus; öljyvuodottomuus.

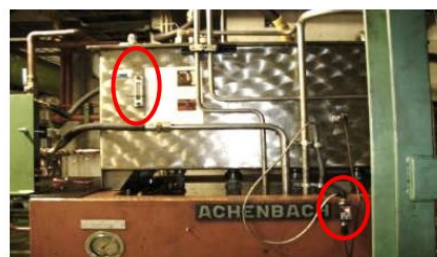


Kellarissa 4. Valssausemulsiopumppuyksikön tarkastus.



5. Kiertovoiteluyksiköiden tarkastus; öljyvuodottomuus.

Kellarissa 1101



6. Raonsäätö hydraulikkayksikön tarkastus: yksikön vuodottomuus, öljyn pinnankorkeus ja lämpötila. Lämpötila ei saa olla yli 55 °C.



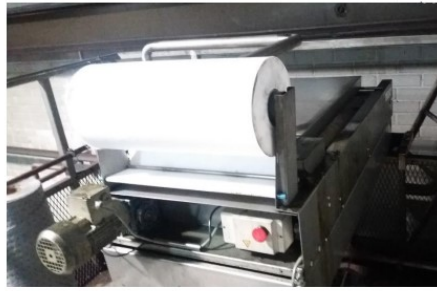
7. Venttiiliryhmän tarkastus: öljyvuodottomuus.



8. Matala- ja korkeapainehydrauliikka: öljymäärän tarkastus.



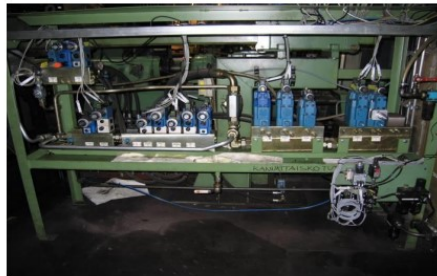
9. Emulsiosäiliön imulautan toimivuuden tarkastus.



10. Nauhasuodattimen toimivuus ja kunto.



11. Belkin puhdistus ja toimivuuden tarkastus.



12. Oikaisukoneen venttiiliryhmän tarkastus.



13. Syöttökelan ja oikean kelan sekä telojen kunnan tarkastus.



14. Vasemman kelan sekä valssipöydän rullastojen kunnan tarkastus.

LIITE 4

Valssaimen kriittisestä konerikosta aiheutuvat tuotannon menetykset suurimman korjausajan mukaan. Kustannuksiin ei ole huomioitu varaosien hintaa.

Yhteenveto viivästyksistä Achenbachilla							
Pvm.	Vko	Kone	vuoro	kesto (h)	Kuvaus	Konerikosta aiheutuneet kustannukset €	
18.12.2020	51	1101	AV	1	Anturin tappi jumissa	2050	
18.12.2020	51	1101	AV	0,5	Yhteysongelma sammutuslaitteistossa	1025	
18.12.2020	51	1101	AV	0,5	Ohjausjärjestelmän logiikkakortti	1025	
18.12.2020	51	1101	AV	0,5	Sähkökäyttöjen moduuli	1025	
18.12.2020	51	1101	AV	24	Päämoottorin laakerit epäkunnossa	49197	
18.12.2020	51	1101	AV	24	Raonsäätösylinterin tiivisteet	49197	
18.12.2020	51	1101	AV	24	Hydrauliikkajärjestelmän raonsäätö ei toimi	49197	
18.12.2020	51	1101	AV	12	Oikaisukoneen kardaniakseli poikki	24599	
18.12.2020	51	1101	AV	30	Päävaihteen hammasrattaat tai laakerit epäkunnossa	61497	
18.12.2020	51	1101	AV	12	Kelan pultti katkennut	24599	
18.12.2020	51	1101	AV	24	Kelan moottorin laakeri epäkunnossa	49197	
18.12.2020	51	1101	AV	12	Kardaniakselin ristiniel murtunut	24599	
18.12.2020	51	1101	AV	12	Leikkurin laukaisukoneisto jumiutunut	24599	
18.12.2020	51	1101	AV	12	Kiertovoitelujärjestelmän pumppu rikki	24599	
18.12.2020	51	1101	AV	12	Asetinkoneen jarru jumittunut	24599	
18.12.2020	51	1101	AV	12	Emulsiojärjestelmän suutintukki haljennut	24599	