



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

RIKU RANTANEN

# **PAX-reaktorien käyttövarmuus ja kunnossapito**

KONETEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA  
2021

Tekijä(t): Rantanen, Riku	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Maaliskuu 2021
	Sivumäärä 47	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi PAX-reaktorien käyttövarmuus ja kunnossapito		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan koulutusohjelma		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin Kemira Chemicals Oy:n Äetsän toimipisteelle toimeksiantona keväällä 2021, Kemira on globaali kemianyhtiö, joka perustettiin vuonna 1920. Äetsän toimipisteellä valmistetaan massanvalkaisu, vedenpuhdistus sekä hienokemikaaleja.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää miten polyalumiinikloridi eli PAX-tehtaan reaktorien käyttövarmuutta ja kunnossapitoa voidaan parantaa. Käyttövarmuutta ja kunnossapitoa lähdettiin kehittämään selkeiden korjausohjeiden, aikataulutuksen, korjaussuunnitelmanseurannan ja kunnonvalvonnan sekä laadunvarmistuksen kautta. PAX-tehtaan reaktorien kriittisimpien osien korjaukseen luotiin selkeät ohjeet sekä aikataulutus. Kunnonvalvontamenetelmät kerättiin yhteen ja niihin tehtiin parannuksia sekä lisäyksiä, jotka varmistivat tuotannon toimivuutta. Lisäksi laadunvarmistukseen luotiin rutiininomaisia toimenpiteitä.</p> <p>PAX-tehtaan reaktorien käyttövarmuuden ja kunnossapidon kehittäminen takasi hyvän käyttövarmuuden tuotannolle, sekä selkeät toimintatavat asentajille, työnjohtajille ja tuotannontyöntekijöille. Toimivat ja selkeät ohjeet, korjaussuunnitelmat ja kunnonvalvonta ja laadunvarmistus poistivat turhat tuotantokatkot. Lisäksi aikataulutuksen avulla saatiin poistettua tuotannon ja kunnossapidon välillä oleva tiedonkulun katkeaminen.</p>		
<p><a href="#">Asiasanat</a> PAX</p>		

Author(s) Rantanen, Riku	Type of Publication Bachelor's thesis	Date March 2021
	Number of pages 47	Language of publication Finnish
Title of publication Operational reliability and maintenance of PAX-reactors		
Degree program Mechanical engineering		
Abstract  <p>The thesis was made as an assignment on behalf of Kemira Chemicals Oy located in Äetsä in the spring of 2021. Kemira is a global company working in the chemical industry, that was founded in 1920. In Äetsä's plant, the factory is manufacturing pulp bleaching and water cleaning substances as well as other fine chemicals.</p> <p>The purpose of this thesis was to map how the polyaluminum chloride (PAX) plant's reactor's operational reliability and maintenance can be improved. Operational reliability and maintenance were developed through clear repair instructions, time management, repair plan monitoring, condition control, and quality assurance. Clear instructions and schedules were created for the maintenance of the most critical reactor parts. The condition monitoring methods were brought together, so the improvements and additions could be made to them, which ensured the functionality of the production. Besides, routine actions were created for quality assurance.</p> <p>The development of operational reliability and maintenance of the reactors at the PAX plant ensured precise operational reliability for production, as well as clear operation procedures for mechanics, production workers, and supervisors. Workable and clear instructions, repair plans, condition monitoring, and quality assurance eliminated unnecessary and costly production interruptions. Also, scheduling was used to reduce and eliminate the interruptions in flow of information between production and maintenance.</p>		
<u>Key words</u> PAX		

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	5
2 TOIMEKSIANTAJA .....	7
2.1 Kemira Oyj.....	7
2.2 Kemira Chemicals Oy .....	8
3 KUNNOSSAPITO .....	9
3.1 Huoltava, ehkäisevä, korjaava ja parantava kunnossapito .....	9
3.2 Standardit .....	11
3.3 TPM, Total productive maintenance.....	11
4 KÄYTTÖVARMUUS .....	13
4.1 Toimintavarmuus .....	13
4.2 Kunnossapidettävyys .....	14
4.3 Kunnossapitovarmuus .....	16
5 KUNNONVALVONTA .....	18
5.1 Kunnonvalvonnan mittausmenetelmät, raportointi sekä seuranta .....	18
5.2 Luotettavuustekniikka .....	20
5.3 Kriittisyysanalyysi .....	21
6 PAX REAKTORIEN KUNNOSSAPIDON PARANTAMINEN .....	23
6.1 Reaktorien sisäpuolinen kunnonvalvonta .....	24
6.2 Reaktorien ulkopuolinen kunnonvalvonta .....	25
6.3 Reaktorien kunnossapidon laadunvarmistus .....	27
6.4 PAX-tehtaan reaktorien varaositus .....	27
7 PAX REAKTORIEN KORJAUSSUUNNITELMA .....	29
8 PAX REAKTORIEN KRIITTISIMPIEN OSIEN KORJAUSOHJEET .....	32
8.1 Kannen asennus.....	32
8.2 Mekaanisen akselitiivisteiden irrotus sekä asennus .....	35
9 YHTEENVETO .....	41
10 POHDINTA .....	43
LÄHTEET	
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Toimeksiantaja opinnäytteelle on Kemira Chemicals Oy Äetsä. Kemira on globaali kemianyhtiö, joka perustettiin vuonna 1920. Äetsässä valmistetaan massanvalkaisu, vedenpuhdistus sekä hienokemikaaleja. Työnohjaajana toimii kunnossapitopäällikkö Jukka Ailama ja työntarkastajana Satakunnan ammattikorkeakoulun lehtori Jarmo Juuso.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia ja kehittää Kemira Chemicals Oy:n Äetsän toimipisteen polyalumiinikloriditehtaan eli PAX-tehtaan reaktoreiden käyttövarmuutta. Opinnäytetyöni tarkoituksena on etsiä myös reaktoreiden vikaherkimmät eli kriittisimmät laitteet ja niiden varaositus. Työssä tutkitaan ja tarkastellaan tarkemmin PAX tehtaan reaktoreiden historiaa, käsittäen kunnossapitotyöt ja ennakkohuoltotehtävät. Määritetään ja kerätään materiaali- ja toimittaja tiedot. Hyödyntäen Kemiran ”best practice”-dokumentteja. Lisäksi tehdään asiantuntija haastatteluja tuotannon ja kunnossapidon henkilöstölle, jolloin saadaan aikaiseksi toimiva pohja ennakkohuolto ja korjauksen kunnossapitojärjestelmän päivittämiselle sekä siirrettyä hiljaista tietoa parhaista menetelmistä.

PAX on vedenpuhdistuksessa käytettävä kemikaali. Se on saostusaine, jota käytetään veden puhdistamiseen. PAX:lla puhdistetaan esimerkiksi juoma- sekä jätevetä. (Kemira Konserni, 2020.). Jäteveden käsittely on tärkeää yhteiskunnan toimivuuden ja puhtaan veden kiertokulun varmistamisessa. Kemiallinen vedenkäsittely on tehokasta ja ympäristöystävällistä. Kemikaalien avulla pystytään varmistamaan puhdistetun veden laadulle asetetut vaatimukset. Juomaveden valmistamisen haasteita ovat raakaveden heikkenevä laatu ja jatkuvasti tiukentuvat juomaveden turvallisuutta ja laatua koskevat säännökset. Kemiralla valmistettavien kemikaalien, kuten PAX:n kehittäminen on käytetty asiantuntevaa henkilöstöä, jotta niiden avulla saavutettaisiin

turvallisesti ja mahdollisimman vähän luontoa kuormittavasti säännöksiä noudattavia tuloksia. (Kemira konserni, 2020.)

Tehtaan käyttö pohjautuu tilauskantaan, jolloin tehtaan käyttövarmuus tarvitsee olla kunnossa. Tehdas toimii keskeytyvässä kolmivuorossa. Opinnäytetyön aikana määritetään ja tarkastellaan tehtaan vikahistoriaa, ennakkohuoltoja ja kriittisimpiä varaosia sekä luodaan olemassa oleviin vakiohuoltotehtäviin suunnitelma, joka sisältää aikataulutuksen, resurssit sekä materiaalit. Tällä hetkellä Äetsän toimipisteessä on muutama kunnossapidon henkilöä, jotka osaavat huoltaa reaktoreita ja siihen kuuluvia toimilaitteita. Opinnäytetyö mahdollistaa kunnossapidon ja korjaustöiden tekemisen useammalle kunnossapidon henkilölle. Lisäksi korjaustöiden aikataulutuksen avulla pystytään kertomaan tuotteen tilaajille mahdollisista viivästyksistä. Opinnäytetyön avulla pyritään myös ennaltaehkäisemään turhia tuotannon keskeytyksiä.

#### Tutkimuskysymykset

Millaisella järjestelmällä saadaan paras käyttövarmuus tuotannolle?

- miten mahdollistetaan toimiva ennakoiva kunnossapito?
- miten varmistetaan korjaavan ja ennakoivan kunnossapidon laadunvarmistus?
- kuinka saadaan luotua kaikkien ulottuville toimivat ohjeet korjaavalle kunnossapidolle?
- mitkä ovat kriittisimpiä varaosia?

## 2 TOIMEKSIANTAJA

Toimeksiantajana on Kemira Chemicals Oy ja opinnäyte toteutetaan Sastamalassa sijaitsevaan Äetsän tehtaalle. Opinnäytetyön kohteena on PAX-tehtaan tuotantolaitteet ja niihin liittyvät huolto- sekä korjaustyöt.

### 2.1 Kemira Oyj

Kemira Oyj on kansainvälisesti toimiva, hyvin arvostettu kemikaalien tuottaja. Sen liiketoiminta on jakautunut kahteen eri asiakassegmenttiin: Pulp & Paper ja Industry & Water. Pulp & Paper tuottaa kemikaaleja pääasiassa paperi- ja sellutehtaisiin. Industry & Water:n segmenttiin kuuluvat tehtaat palvelevat sen sijaan kuntia ja muita paljon vettä käyttäviä asiakkaita. Koko Kemiran liikevaihto vuonna 2019 oli 2,659 miljardia euroa. 55% liikevaihdosta tulee Pulp & Paper:lta ja 45% tulee Industry & Water:lta. (Kemira konserni, 2020.)

Kemira perustettiin vuonna 1920. Tehtaat avasivat ovensa 1922, jolloin Lappeenrannassa aloitettiin rikkihapon valmistus ja Kotkassa superfosfaatin valmistus. Tämä oli merkittävää suomalaiselle maanviljelylle, koska kotimaisten lannoitteiden tuottaminen aloitettiin tästä.

1960-luvulla yritys otti toisen askeleen lannoiteteollisuuden ulkopuolelle ja avasi Harvavaltaan alumiinisulfaattitehtaan, joka tuotti kemikaaleja paperiteollisuuteen sekä vedenpuhdistukseen. 1961-luvulla Rikkihappo ja superfosfaattitehdas sai uuden nimen, joka oli Rikkihappo Oy. 1972-luvulla Rikkihappo Oy:n uusi nimi saatiin työntekijöille järjestetystä nimikilpailusta ja nimeksi tuli Kemira Oy, joka tulee sanoista kemiaa, mineraaleja ja ravinteita. Tällä hetkellä Kemira Oyj työllistää yli 5000 henkilöä neljässä kymmenessä maassa ja sillä on myyntiä yli sadassa eri maassa. (Kemira konserni, 2020.)

## 2.2 Kemira Chemicals Oy

Opinnäytetyöni toimeksiantaja on Kemira Chemicals Oy Äetsän toimipiste. Kemira Chemicalsilla on kolme toimipistettä, jotka toimivat Äetsässä, Kuusankoskella sekä Joutsenossa. Äetsän toimipiste on näistä tuotantolaitoksista suurin. Kemira Chemicals on yksi isoimmista natriumklooraatin valmistajista, jolla on oma patentoitu klooraatin valmistusteknologia sekä maailman toiseksi suurin natriumboorihydridin valmistaja. Kemira Chemicalsin nimi oli aikaisemmin Finnish Chemicals mutta vuonna 2005 Kemira osti Finnish Chemicalsin, jonka jälkeen nimeksi tuli Kemira Chemicals. Tarkoituksena oli parantaa integroitumista konserniin. Tehtailla työskentelee yhteensä n.240 henkilöä, joista 106 henkeä työskentelee Äetsän toimipisteellä. Äetsän toimipisteellä on viisi eri tuotantolaitosta, näissä valmistetaan kemikaaleja sellu- ja paperiteollisuuteen, lääketeollisuuteen, vedenkäsittelyyn. Tuotteita ovat natriumklooraatti, natriumboorihydridi, fennopol, -brite ja -surf, trimetyylliboraatti, märkälujarahartsi, sekä sivutuotteena syntyy vetyä, jota käytetään höyryn sekä paineilman valmistukseen. (Kemira Chemicals, 2020.)



Kuva 1. Äetsän toimipiste (Suomen Ilmakuva Oy)



### 3 KUNNOSSAPITO

Kunnossapitotoimintaa on harjoitettu kauan, todennäköisesti yhtä kauan kuin ihminen on rakentanut ja käyttänyt koneita. Varhaisin kunnossapito oli lähinnä redundantista varmistamista eli kaksinkertaistamista, vian esiintymisen jälkeistä korjausta ja huoltoa. (Aalto 2004, 11 ja 16.)

Kunnossapidolla tarkoitetaan erilaisten kohteiden pitämistä toimintakuntoisina, jotta ne toimivat luotettavasti ja havaitut viat korjataan sekä otetaan huomioon ympäristö- ja turvallisuusstandardit. Teollisuudessa kunnossapidon tärkein osa on laitteen tai yksittäisen koneen elinkaaren pitkittäminen. Sen tarkoituksena on saada laitteet pidettyä käyttökunnossa mahdollisimman pitkään ilman suunniteltuja huoltoseisokkeja (eli korjaavaa kunnossapitoa) esimerkiksi hyvällä ennakkohuollolla ja ehkäisevällä kunnossapidolla. Kunnossapito on jaoteltu viiteen eri kunnossapito lajiin: *Huoltava*, *Ehkäisevä*, *Korjaava* sekä *Parantava*. (Järviö 2007, 49-52.)

#### 3.1 Huoltava, ehkäisevä, korjaava ja parantava kunnossapito

Huoltavalla kunnossapidolla tarkoitetaan, että kohteen käyttöominaisuuksia pidetään yllä tai palautetaan heikentynyt toiminta ennalleen ennen vian syntymistä, tai estetään, että vaurioita ei synny. Huolto tulee jaksottaa, jotta se tehdään määrävälein, sekä välit täytyy kartoittaa. Ne määräytyvät määrän, käyttöajan tai kohteen rasittuvuuden mukaan. Huoltavaan kunnossapitoon kuuluu käyttäjän suorittama kunnossapito, kohteen puhdistaminen, mahdollinen voitelu, huoltaminen, kalibrointi, kuluvien osien vaihtaminen sekä toimintakyvyn palauttaminen ennalleen. (Järviö 2007, 50 ja 52.)

Huoltavan ja ehkäisevän kunnossapidon tehtävät ovat osittain päällekkäisiä. Ehkäisevässä kunnossapidossa seurataan kohdetta, suorituskykyä tai parametrejä. Ehkäisevän kunnossapidon tarkoitus on vähentää laitteen mahdollisuutta rikkoitua tai vikaantua. Ehkäisevä kunnossapito tarvitsee säännöllisiä kierroksia laitteen luona sekä havainnointia, jonka pohjalta voidaan kunnossapidossa suunnitella ja aikatauluttaa

kunnossapidon tehtävät. Kohteelle voidaan suorittaa kunnonvalvontaa joko kohteen ollessa toiminnassa tai siten että kohde on poissa käytöstä kunnonvalvonnan ajan. Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluvat tarkastukset, kohteen kunnonvalvonta, tarkastaminen ja toteaminen määräysten mukaisesti sekä toimintakunnon testaaminen ja toteaminen, käynninvalvonta ja vikatietojen tutkiminen sekä analysointi. (Järviö 2007, 50-52.)

Korjaavan kunnossapidon tarkoitus on palauttaa vikaantunut osa tai komponentti sellaiseen kuntoon, jotta sitä voi uudelleen käyttää. Suoritusajat näyttelevät tärkeää roolia korjaavassa kunnossapidossa, sillä sen avulla voidaan laskea elinkaari kohteelle. Suunnittelematon häiriökorjaus sekä suunniteltu kunnostus, molemmat kuuluvat korjaavaan kunnossapitoon. Korjaavassa kunnossapidossa määritellään, tunnistetaan, paikallistetaan ja korjataan viat. Joskus tuotanto tai jokin muu syy sanelee, että vian täysvaltainen korjaus ei onnistu. Tällöin on tehtävä väliaikainen korjaus, joka luetaan mukaan korjaavaan kunnossapitoon. Tärkeää korjaavassa kunnossapidossa on toimintakunnon palauttaminen ennalleen. (Järviö 2007, 49 ja 52.)

Parantava kunnossapito voidaan jakaa kolmeen eri alueeseen. Ensimmäisessä ryhmässä kohteen rakennetta parannellaan käyttämällä uudempia osia tai komponentteja kuin alkuperäisesti, mutta parannettavan kohteen suorituskykyä ei pyritä muuttamaan. Toisessa ryhmässä on uudelleensuunnittelu ja kohteen epätoimiviksi todettujen asioiden korjaus, nämä parantavat kohteen epäluotettavuutta, mutta tarkoituksena ei ole parantaa kohteen suorituskykyä vaan toimintavarmuutta. Kohteen modernisaatiot kuuluvat viimeiseen ryhmään. Modernisaatiolla pyritään parantamaan kohteen suorituskykyä sekä modernisaation avulla uudistetaan yleensä myös valmistusprosessia tehokkaammaksi. Usein on kustannustehokkaampaa modernisoida jo käytössä olevaa kohdetta kuin ostaa uusi. (Järviö 2007, 51-52.)

### 3.2 Standardit

SFS-EN 13306 (EU:n standardi): Kunnossapito tarkoittaa sitä kohdetta pidetään toimintakunnossa ja sen osat koostuvat kohteen käyttöajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, niiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon. (SFS-EN 13306: 2017)

PSK 6201 (kansallinen standardi): Kunnossapito määräytyy kaikkien niiden teknisten, ja hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuutena. Niiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen käyttöajan ajan. (PSK 6201: 2011)

### 3.3 TPM, Total productive maintenance

TPM tarkoittaa suomeksi kokonaisvaltaista tuottavaa kunnossapitoa. Sen tarkoituksena on luoda sellaiset toimintaolosuhteet laitteille, jossa ne toimivat optimaalisesti. Tämä tarkoittaa, että kaikki laitteet, jotka ovat tuotannolle tärkeitä, on tarkoitus pitää sellaisessa kunnossa, jotta suorituskyky on maksimaalinen ja niiden on optimaalista toimia. Jotta tämä olisi mahdollista, on tuotannossa työskentelevien oltava myös huoltokierrosten ja tarkastuksien tekemisestä vastuussa. Sen avulla saadaan käyttövarmuutta tuotantolaitoksella parannettua. TPM:n luoja on japanilainen Seiichi Nakajima. Hän oli yksi niistä, jotka olivat luomassa vankkaa pohjaa 1970-luvulla Japanin talouden kasvulle. Hän määrittelee oppiensä viisi peruspilaria näin (Järviö 2007, 111-112):

1. Suunnittelun lisääminen koskien laitteen häviön karsimista ja tehokkuuden parantamista.
2. Olemassa olevan ennustavan ja ehkäisevän kunnossapidon parantaminen.
3. Koulutettujen kunnossapitäjien huoltotöiden vaatimustason määrittäminen.
4. Koulutuksien lisääminen kunnossapitäjille sekä tuotannontyöntekijöille, jotta taito kehittyy sekä pysyy yllä, mutta luo samalla motivaatiota.
5. Hankinnat sekä suunnittelut osana ehkäisevää kunnossapitoa

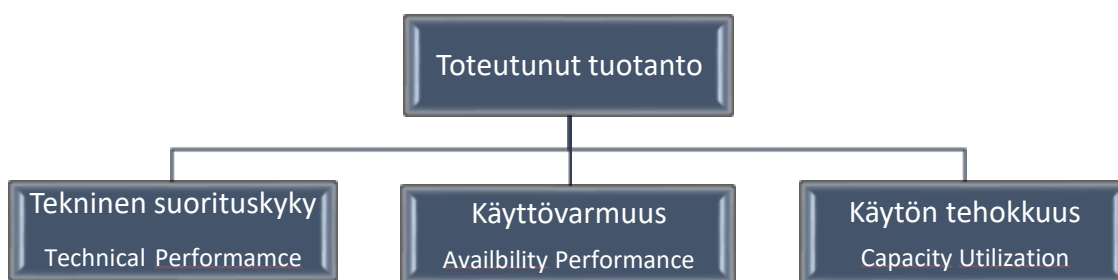
TPM:n tarkoitus on saada luotua toimiva ja kokonaisvaltainen tuottava kunnossapitojärjestelmä ja sen keskeisiä päämääriä on Nakajiman mukaan (Järviö 2007, 112):

1. Kokonaistehokkuuden maksimointi ottaen huomioon aika, teho sekä laatu-kertoimet.
2. Kunnossapidon kehittäminen sellaiseksi, että se kattaa koko laitteen eliniän ajan.
3. Tuoda yhteen kaikki ihmiset sekä osasto, jotka ovat olleet suunnittelemassa, käyttämässä tai kunnossapitämässä laitetta.
4. Kunnossapidon suunnittelu ja kunnossapito sellaisien henkilöiden vastuulle, joiden työtehtäviin kuuluu laitteen käyttö tai kunnossapito.
5. Sita koko yrityksen henkilöstö mukaan kaikilta tasoilta.

TPM:lle Nakajima on määritellyt kolme erityispiirrettä. Ensimmäinen erityispiirre sisältää menetelmiä, joilla pyritään parantamaan tiedonkeruun, analysoinnin, ongelmien ratkaisun ja prosessin ohjaukseen liittyviä tekijöitä. Näiden avulla siis parannetaan laitteen tehokkuutta. Toinen erityispiirteen avulla pyritään lisäämään kunnossapidon ja tuotannon henkilökunnan yhteistyötä. Kolmannessa erityispiirteessä pyritään edistämään jatkuvasti laiteparannuksia. Sen avulla saadaan laaja käyttö standardoinnissa, työpaikkojen organisoinnissa, visuaalisessa johtamisessa sekä ongelman ratkaisussa. (Järviö 2007, 112.)

## 4 KÄYTTÖVARMUUS

Käyttövarmuus on yksi kolmesta tekijästä, joka mahdollistaa toteutuneen tuotannon. Muut kaksi sen mahdollistajaa ovat tekninen suorituskyky ja käytön tehokkuus. (Järviö 2007, 35.) Tässä opinnäytetyössä keskitytään käyttövarmuuteen, jonka vuoksi suorituskyky ja käytön tehokkuus on jätetty selittämättä.



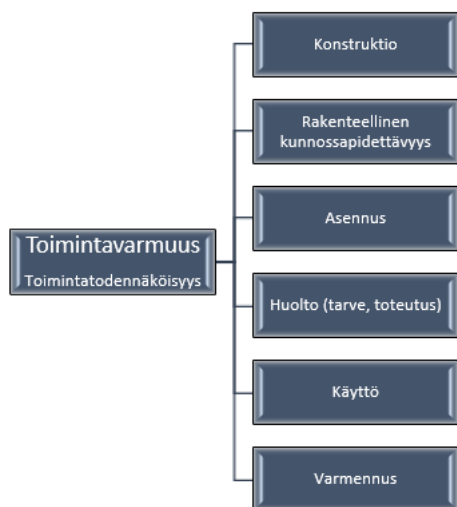
Kuvio 1. Käyttövarmuus ja siihen vaikuttavat tekijät (Järviö 2007, 36)

Käyttövarmuus (*availability*) määrittelee sen, kuinka paljon konetta voidaan käyttää. Toisaalta käyttövarmuutta kuvaa myös englanninkielinen sana *useability*, joka korostaa kohteen käyttökelpoisuutta. Käyttökelpoisuudesta puhutaan silloin kun, tarkoitetaan kohteen ergonomiasta, sijoittelusta sekä turvallisuudesta. Järviön mukaan käyttövarmuudella tarkoitetaan sitä, että kohde pystyy toimimaan sille suunnitellun tavan mukaisesti niissä olosuhteissa, jotka ovat määritelty tiettyyn ajan hetkeen tai tietyllä ajanjaksolla. (Järviö 2007, 35-36). Käyttövarmuudella mahdollistetaan tuotannon toiminta. Jotta tuotannon käyttövarmuus on mahdollista, on pidettävä yllä laitteiden toimintavarmuus, kunnossapidettävyys sekä kunnossapitovarmuus.

### 4.1 Toimintavarmuus

Toimintavarmuudella Järviö tarkoittaa sitä, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon määrätyissä olosuhteissa vaaditun ajan. Hänen mukaansa

toimintavarmuuteen vaikuttavia tekijöitä on kuusi: *Konstruktio, Rakenteellinen kunnossapidettävyys, Asennus, Huolto (tarve, toteutus), Käyttö ja Varmennus*. (Järviö 2007, 36.)

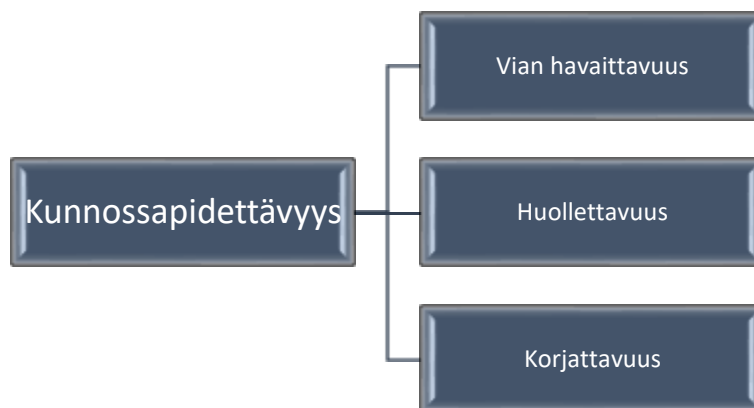


Kuvio 2. Toimintavarmuus (Järviö 2007, 36)

Konstruktioon kuuluvat koneen suunnittelun lähtötiedot, materiaalit ja niiden mitoitus sekä suunnitteluperiaatteet. Rakenteelliseen kunnossapitoon nähdään sisältyvän esteettön kulku sekä vian etsinnän ja korjauksen helppous. Asennukseen kuuluu sen teknisen suorittamisen lisäksi esimerkiksi luovutus ja käyttöopastus, kunnossapitosuunnitelmat sekä konekohtaisesti sovitellut dokumentaatiot. Huoltoon sisältyy ennakoiva kunnossapito sekä huollon toteutus. Käyttöön nähdään kuuluvan sekä fyysinen kykeneminen kuin myös koulutus ja motivaatio. Varmennukseen sisältyy saatavuus ja valintatapa. (Järviö 2007, 36.)

#### 4.2 Kunnossapidettävyys

Kunnossapidettävyyden ja toimintavarmuuden välille on vaikeaa vetää raja, koska käsitteet saatetaan nähdä usein myös päällekkäisinä. Järviön mukaan kunnossapidettävyys on kohteen ominaisuus olla pidettävissä toimintakunnossa tai palautettavissa toimintakuntoon. Se vaatii määritellyt käyttöolosuhteet, joka tarkoittaa että, kunnossapito käyttää vaadittuja menetelmiä ja resursseja. Kunnossapidettävyyteen vaikuttavia tekijöitä on kolme: *Vian havaittavuus, Huollettavuus* sekä *Korjattavuus*. (Järviö 2007, 37.)



Kuvio 3. (Järviö 2007, 37.)

Vian havaittavuus on yksi tehokkaan kunnossapidon tärkeimmistä tekijöistä. Jotta viat havaittaisiin mahdollisimman aikaisin, tehdään kohteelle käyttö- sekä toiminnantestauksia. Lisäksi kuntoa valvotaan automaattisesti ja instrumentoidaan laitteita. Vian havaittavuuteen nähdään myös tärkeänä proaktiivinen toiminta, jolla tarkoitetaan käyttökunnan raportoimista laitteiden poikkeuksellisesta toiminnasta. (Järviö 2007, 37.)

Laitteen huollettavuuteen kuuluu kolme eri tekijää. Ensimmäinen niistä on laitteen standardisointi, joka on tärkeä osa varaosien varastointiin ja uusien osien toimitukseen. Toinen tekijä modulaarisuus on tärkeää sellaisissa laitteissa, joissa kuluvia osia joudutaan vaihtamaan tai sen ohjelmointi vaatii vaikeita säätöjä ja asetuksia. Kolmantena tekijänä nähdään laitteen luokse päästävyys ja huoltokohteen reititettävyyttä. Tällä tarkoitetaan, että laitteen luo on helppo päästä ja, että laitteen huoltotyöt olisivat mahdollisimman helppoja ja puhtaita suorittaa. Usein tämä kohta laiminlyödään, koska laitteet likaantuvat ja kulkureiteille syntyy väliaikaisia varastoja ja jotka voivat mahdollisesti aiheuttaa työturvallisuus riskejä. (Järviö 2007, 37-38.)

Korjattavuuteen nähdään kuuluvan monia eri tekijöitä. Dokumentaation saatavuus ja käyttökelpoisuuteen vaikuttavat esimerkiksi oikea kieli ja päivitetty tiedot. Korjattavuudessa on tärkeää, että varaosat, materiaalit ja tärkeät työkalut ovat saatavilla. Se

tarkoittaa että, ne ovat oikeassa paikassa oikeaan aikaan etenkin huoltoseisokeiden aikaan. Lisäksi on tärkeää että, kohde on valmistettu toimenpiteitä varten esimerkiksi huomioiden puhdistaminen, purkaminen ja erottaminen. Korjattavuudessa on otettava huomioon myös työturvallisuus. Korjattavuuteen tarvitaan myös käyttöhenkilöstön osallistumista tarvittaviin toimenpiteisiin. Korjattu kohde tarvitsee myös koota, testata ja mahdollisesti myös säätää. Toiminnoista on tehtävä huolto- ja huoltoraportit, jotta varmistetaan tehdyistä toimenpiteistä ja tätä tietoa voidaan käyttää hyödyksi tulevissa huolto- ja huoltotoimenpiteissä. (Järviö 2007, 38.)

#### 4.3 Kunnossapitovarmuus

Kunnossapitovarmuus antaa kuvan siitä, miten kunnossapito-organisaatio pystyy suoriutumaan kohteen kunnossapidosta tehokkaasti, siihen määritellyllä ajankohdalla. Kunnossapitovarmuuteen vaikuttavat tekijät ovat: *Hallinto*, *Rutiinit/systeemit*, *Dokumentaatio*, *Varaosat/materiaalit* ja *Kunnossapitäjät*. (Järviö 2007, 38.)



Kuvio 4. Kunnossapitovarmuuden tekijät (Järviö 2007, 38.)

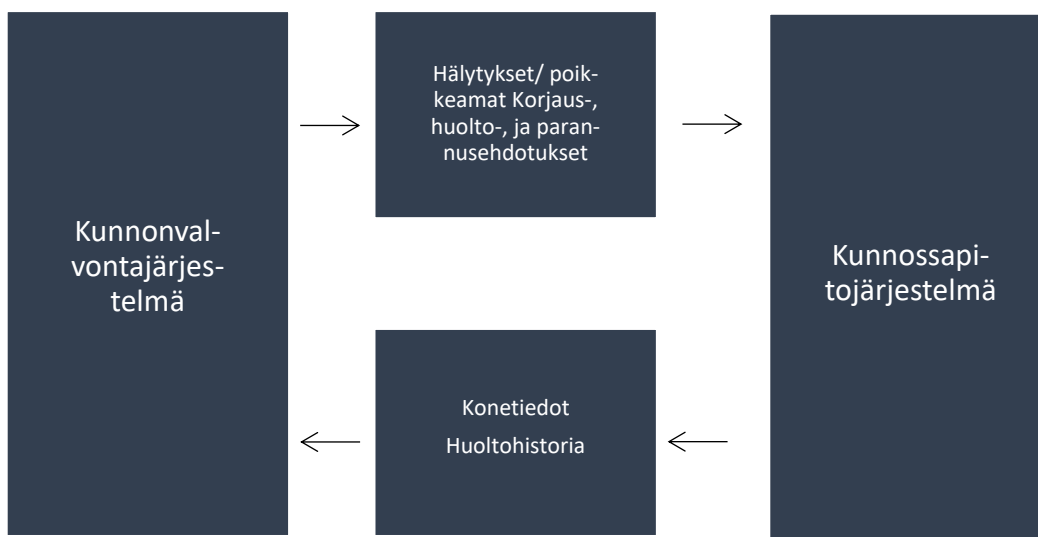
Hallintoon kuuluvat organisaation johto ja siihen liittyvät raportointi- sekä ohjausjärjestelmät. Rutiinit ja systeemit sisältävät selkeät toimintaohjeet, jatkuvasti kehitettävät



parhaat päivitykset, yhteistyö kunnossapidon ja tuotannon välillä sekä sujuva kommunikatio toimittajien kanssa. Dokumentaatio on tärkeä osa kohteen kunnossapitoa. Dokumentaatiolla tarkoitetaan vikahistoriaa, ohjeiden luomista ja päivittämistä. Dokumentoidun vikahistorian perusteella pystytään kehittämään kunnossapitoa sekä paneutumaan mahdollisiin ongelma-kohtiin. Korjausvarusteilla tarkoitetaan työkaluja, mahdollisia apulaitteita sekä erikoistyökalujen saatavuuden selvittämistä. Näiden on oltava selvitettyinä, jotta kohde voidaan kunnossapitää. Varaosat ja materiaalit ovat yleensä kalliita, jonka vuoksi niiden hankinta ja saatavuus tulee olla selvitettyinä. Osaavat kunnossapitäjät ovat perusta kunnossapitovarmuuteen. Osaavia tietotaitoisia kunnossapittäjiä on oltava riittävästi sekä alihankintaketju on oltava kunnossa. Kunnossapittäjien tietotaitoa sekä osaamista tulee pitää yllä ja kehittää jatkuvasti, jotta kunnossapitovarmuus säilyy. (Järviö 2007, 38-39.)

## 5 KUNNONVALVONTA

Kunnonvalvonnan tarkoitus on luoda sellaista tietoa laitteen kunnosta, että laitteita voidaan käyttää ilman keskeytyksiä suunnitellun käyttöajan sekä suorittaa laitteelle suunnitellusti ja huolellisesti korjaukset sekä parannukset. Kunnonvalvonnan tärkeys on siinä, että mitä aikaisemmin oikeaoppisella kunnonvalvonnalla voidaan havaita laitteelle tulleita muutoksia, voidaan muutoksiin ryhtyä varhaisessa vaiheessa sekä suunnitella kunnossapitotoimia. Tämä antaa aikaa esimerkiksi varaosien hankintaan. Kunnonvalvonnan ja kunnossapitojärjestelmän väline yhteys on osa toimivaa kunnossapitojärjestelmää. Hälytystieto laitteesta tulee yleensä kunnonvalvontaan, josta se siirtyy kunnossapitojärjestelmää, jonka pohjalta kunnossapitäjät tekevät toimenpiteensä. (Nohynek & Lumme 2007,146.) Kunnonvalvontaan kuuluu kolme eri vaihetta: Mittausmenetelmät, raportointi ja seuranta.



Kuvio 5. Kuntoon perustuva kunnossapito (Nohynek & Lumme 2007,146).

### 5.1 Kunnonvalvonnan mittausmenetelmät, raportointi sekä seuranta

Kunnonvalvonnassa on erinäisiä mittausmenetelmiä sekä laitteita. Näiden laitteiden ja metodien avulla turvataan laitteen toimintakunto sille määritetyille ajanjaksolle ennen suunnitellun huollon toteuttamista. Mittaus tulee suorittaa mittaussuunnitelman

perusteella ja sen mukaisesti. Mittaukset tehdään yleensä reittimittauksina, joidenka tuloksia verrataan asetettuihin hälytysrajoihin. Jos kohteessa ei ole aikaisemmin suoritettu mittauksia voidaan tuloksia verrata vastaavien koneiden tuloksiin. Reitti määrittää, mikä laitteista mitataan ensin ja mittauspisteiden järjestyksen, reitin tulee olla sen mittainen, että pystytään suorittamaan saman päivän aikana sekä mittaukset, että vianmääritykset. (Leinonen 2009, 169.)

Mittalaitteina voidaan käyttää Mikkosen, Miettisen ja Jantusen mukaan:

1. Yksinkertaisia käsimittareita ja värähtelykyniä
2. Tiedonkeruulaitteita tai analysaattoreita
3. Laitteita, jotka ovat kiinteästi asennettuja, esim. on-line ja analysaattoreita
4. Ammattikäyttöön tarkoitettuja monikanavaisia FFT-analysaattoreita
5. PC-pohjaisia mittauslaitteita
6. Suojausjärjestelmiä

(Mikkonen, Miettinen & Jantunen 2009, 259)

Kunnonvalvonnassa voidaan käyttää myös muita metodeja, kuten silmämääräinen tarkastelu (NDT). Silmämääräinen tarkasteluja tarkoituksena on tehdä kohteelle visuaalinen tarkastelu. NDT menetelmän tarkoituksena on löytää muutokset rakenteessa, kuten halkeamat, tai korroosion aiheuttamat ohentumat. (Åström 2009, 252.)

Kunnonvalvonnan raportointi ja laadunseuranta on osa toimivaa käyttövarmuutta. Näiden pohjalta kunnossapito näkee laitteen kunnon ja tekee mahdolliset toimenpiteet saattaakseen laitteen sellaiseen toimintakuntoon, että tuotanto voi sitä käyttää. Silloin kun kunnonvalvonta on suoritettu oikein ja laitteessa on havaittu mahdollinen vika, voidaan suorittaa diagnoosi, jonka pohjalta tehdään johtopäätökset siitä, miten laitteen kanssa tulee jatkossa toimia. Käyttöä voidaan mahdollisesti jatkaa mutta laitteen seuranta tulee tihentää, laitteelle voidaan tehdä rajoituksia kuormiin ja nopeuteen mutta käyttöä voidaan jatkaa, jos täyttä varmuutta ei ole laitteen kunnosta voidaan tehdä lisämittauksia, joiden perusteella päätetään koneen huollosta, jos diagnoosien perusteella laite on siinä kunnossa, ettei sitä voida enää käyttää turvallisesti ehdotetaan korjausajankohtaa. Tehtyjen kunnossapitotöiden jälkeen tulee tehdä tarkistusmittauksia, joiden perusteella voidaan varmentua siitä, että korjaavat toimenpiteet ovat onnistuneet ja niistä on ollut hyötyä (Leinonen 2008, 172).

Raportointi sisältää seuraavia raportteja kunnossapitotoiminnan tehostamiseksi (PSK5718):

1. **Hälytysraportin** mittauskierrosten jälkeen, tällä esitetään hälytysrajojen rikkoutumiset.
2. **Johtopäätösraportti**, jonka perusteella selvitetään vian syy ja kehittymisnopeus, jonka pohjalta tehdään korjauksien suunnittelu.
3. **Toimenpideraportti** löydetyistä vioista, korjatuista vioista sekä kaikista muista toimenpiteistä. Tämän pohjalta tehdään vertailua johtopäätösraporttiin, jotta kokemus karttuisi.
4. **Yhteenvetoraportti** tehdään toiminnankehittämiseksi ja tavoitteiden arvioimiseksi.

(Leinonen 2009, 174.)

Toimivaan kunnonvalvontaa tarvitaan seuraavia toimenpiteitä (PSK 5705):

1. Kunnonvalvontasuunnitelman toteutuminen
2. Kunnonvalvonnan onnistuminen (PSK 5709)
3. Tarvittaessa hälytysrajojen muuttaminen
4. Tarvittaessa valvontamenetelmien uudistaminen ja soveltuvuuden varmentaminen
5. Taloudellisten hyötyjen saavuttaminen kunnonvalvonnalla (PSK 5709)
6. Mahdollisesti laitteiden käytössä, huollossa, rakenteessa sekä kunnossa tapahtuneiden muutosten huomioon ottaminen
7. Mittaustarpeiden kartoittaminen ja päivittäminen tarvittaessa

(Leinonen 2009, 174.)

## 5.2 Luotettavuustekniikka

Laitteen luotettavuus on yleensä sellainen, johon ei pystytä ainoastaan kunnossapidolla vaikuttamaan. Tällöin tarvitsee ottaa avuksi erilaisia tekniikoita, joiden pohjalta laitteen luotettavuutta parannetaan ja ne ovat:

1. varmentaminen eli redundanttisuus, tämä tarkoittaa, että mahdollisesti kahdennetaan toimilaitteet kohteessa,
2. sellaisten komponenttien käyttö, jotka sallivat vähäisen vikaantumisen mutta se ei ole vaarallista laitteen käyttöturvallisuuden kannalta,
3. antureiden asentaminen laitteelle, näitä seurataan monitoreista ja jos anturin mukaan kuormitus tai raja ylitetään, on kohde tarkastettava
4. komponentit suunnitellaan uudelleen, jotta riittävä luotettavuus saavutetaan, mutta myös mahdollisesti joudutaan koko laite suunnittelemaan uudelleen, ellei komponenttien suunnittelun avulla saavuteta tarvittavaa luotettavuutta.

Näiden asioiden avulla voidaan saavuttaa laitteelle/ koneelle luotettavuus, esimerkiksi jos tuotantolaitoksella on sellainen laite, joka on kriittinen tuotannon kannalta, voidaan kahdentaa kohteelle kriittisiä laitteita esim: pumput, moottorit, ja näiden pohjalta parantaa laitteen luotettavuutta. (Järviö 2007, 133.)

### 5.3 Kriittisyysanalyysi

Kriittisyysanalyysillä arvioidaan laitteiden kriittisyyttä prosessille ja tuotannolle. Kriittisyyteen vaikuttaa tuotannon menetykset, ympäristöön sekä turvallisuuden vaikuttavat tekijät. Kriittisyysanalyysissä luokitellaan tärkeiksi ne laitteet, jotka hajotessaan on tuotannolle haitallisimmat. Tämä voi tarkoittaa pahimmillaan, että jos jokin kriittiseksi luokiteltu laite hajoaa ei tuotanto voi toimia normaalisti ennekuin kohde saadaan jälleen toimintakuntoon. (Mikkonen & Kautto 2009, 148.)

Kriittisyysanalyysiin on olemassa standardi PSK6800, tämän mukaan kriittisyys merkitsee kohteen riskien suuruutta. Se voi liittyä henkilöiden turvallisuuden, tuotannollisiin menetyksiin tai muihin ei toivottuihin seurauksiin.

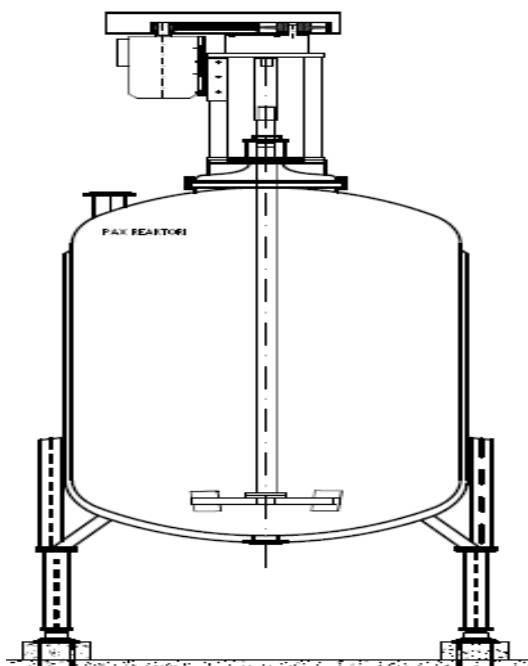
Kriittisyysanalyysiä tehdessä, tulee määrittää, onko tarkasteltavana koko tehdas vai jokin tietty laite tai kone. PSK6800 standardissa kriittisyysanalyysin tekemiseen käytetään seuraavia asioita:

1. Vikaväli
2. Turvallisuuteen vaikuttavat tekijät
3. Ympäristöön vaikuttavat tekijät
4. Tuotannolliset menetykset
5. laatumenetykset lopputuotteella
6. korjauskustannukset

(Mikkonen & Kautto 2009, 148.)

## 6 PAX REAKTORIEN KUNNOSSAPIDON PARANTAMINEN

Kemiran Äetsän toimipisteellä on reaktoreita, joiden avulla valmistetaan polyalumiinikloridia eli PAX:ia. PAX-reaktoreille suoritetaan tuotannon sekä kunnossapidon toimesta säännöllisesti kunnonvalvontaa. Reaktori on rekisteröity painelaite, joten sille tulee tehdä painelaite tarkastuksia 4 vuoden välein. Tarkastuksista huolehtii, laitteen omistaja sekä painelaitteen käytönvalvoja. Määräaikaistarkastuksen saa suorittaa ainoastaan Tukesin hyväksymä laitos. (Painelaitelaki 1144/2016.) Suoritettavia kunnonvalvontamenetelmiä reaktorin sisäpinnoille ovat visuaalinen tarkastus, kipinätarkastus sekä tunkeuma-aine tarkastus. Reaktorin sähkömoottorille, vaihdelaatikolle sekä mekaaniselle akselitiivisteelle voidaan suorittaa värinämittauksia. Lisäksi reaktorille tehdään painelaitetarkastuksia sekä emalipinnoitteisten yhteiden jälkikiristyksiä.



Kuva 2. Reaktorin havainnointikuva.

Kunnonvalvontaa suorittaa myös valvomohoitaja, jota kutsutaan käyttäjäksi. Käyttäjän tekemän kunnossapidon suorittaa PAX valvomonhoitaja. Käyttäjän vastuulla on seurata ja ohjata prosessia Valmet dna järjestelmästä. Lisäksi käyttäjä suorittaa visuaalista tarkastelua laitteille ja raportoi havaituista muutoksista. Prosessissa tehdään käyttäjän toimesta säännöllisiä siisteys- ja puhdistus kierroksia. Käyttäjä tarkkailee tiiviste öljyn pintaa järjestelmän painetta ja tarvittaessa lisää öljyä tiivistenestesäiliöön, jos nestepinta on laskenut. Lisäksi käyttäjä suorittaa kahden viikon välein

jälkikiristykset reaktoreiden emalipinnoitetuille yhteille ja tarkistetut kiristysmomentit merkitään omaan kirjanpitoon.

### 6.1 Reaktorien sisäpuolinen kunnonvalvonta

Reaktoreiden sisäpuoliselle kunnonvalvonnalle on kehitetty toimivat ja tehokkaat mittausten menetelmät. Tässä opinnäytetyössä hyödynnetään olemassa olevia kunnonvalvonta menetelmiä ja niiden säännöllistä käyttämistä sekä saadun informaation hyödyntämistä reaktorin elinkaaren arvioimiseksi. Opinnäytetyössä on koottu olemassa olevat kunnonvalvontamenetelmät loogiseen järjestykseen.

Ensimmäisenä reaktoreille tehdään visuaalinen tarkastus. Tarkastuksessa katsotaan silmämääräisesti reaktoreiden sisäpuoli. Tämän tarkastuksen tarkoituksena on selvittää emalin kunto ja havainnoida mahdolliset virheet emalipinnassa, virtaushaitoissa sekä akselissa. Visuaalisen tarkastuksen tekijän tarvitsee olla sellainen, joka tietää reaktorin kulutuserkimmät paikat sekä osaa erottaa emalipinnasta halkeaman.

Seuraavaksi emalipinnoille suoritetaan säännöllisesti kipinätarkastus eli High-voltage-spark-test. Tarkastuksen ideana on havainnoida mahdolliset halkeamat ja pinnan kulumiset, joita ei silmämääräisesti erota. Kipinätarkastuksille on määritelty valmistajan toimesta maksimi virta, joka on 7000V. Virta ei saa ylittää annettuja arvoja, koska liian kovan virran seurauksena voi olla emalin rikkoutuminen. Kipinätarkastuksen saa suorittaa ainoastaan siihen koulutettu henkilö. Jos kipinätarkastuksessa huomataan poikkeamia, voidaan emalipinnan kunto varmistaa vielä tunkeuma-aine tarkastuksella.





Kuva 3. Reaktorin kannen kipinätarkastus.

## 6.2 Reaktorien ulkopuolinen kunnonvalvonta

Tällä hetkellä reaktoreiden ulkopuolista kunnonvalvontaa ei suoriteta PAX-tehtaalla. Sähkömoottorit, vaihdelaatikko sekä mekaaninen akselitiiviste ovat kriittisiä laitteita. Havaintojeni mukaan näiden osien toiminta-aikaa on vaikeaa arvioida esimerkiksi tuotannosta johtuvien ulkoisten rasitusten vuoksi. Jos reaktoreiden sähkömoottorit, vaihdelaatikot tai mekaaninen akselitiiviste hajoaa, sen korjaamiseen menee yhdestä päivästä viiteen päivään. Tämä tarkoittaa sitä, että yksi PAX-tehtaan reaktoreista on poissa tuotantokäytöstä. Lähdin kehittämään reaktorin kriittisille laitteille ja mekaanisille osille ennakoivaa kunnossapitoa.

Sähkömoottorille, vaihdelaatikolle sekä mekaaniselle akselitiivisteelle voidaan suorittaa värinämittauksia käsimittarilla. Vaihdelaatikolle ja mekaaniselle akselitiivisteelle tehtävien värinämittausten pohjalta voidaan arvioida kyseisten laitteiden laakerien sekä tiivisteiden kuntoa. Tämän avulla voitaisiin ennakoida näiden varaosien vaihtoa jo ennen niiden rikkoutumista. Sähkömoottorin värinämittauksilla saadaan arvio sähkömoottorin laakerien kunnosta. Mittauksen perusteella voidaan tehdä johtopäätös siitä, tarvitseeko moottori vaihtaa. Sähkömoottorista ei vaihdeta erikseen laakereita, vaan

tilalle vaihdetaan huollettu laite ja vikaantunut sähkömoottori lähetetään huollettavaksi. Tärinämittauksien intervalli tulisi olla noin kerran kuukaudessa. Mittauksen voi suorittaa sellainen henkilö, joka on koulutettu käyttämään tärinämittauslaitetta. Tärinämittausten avulla voidaan siis ennakoida ja ennaltaehkäistä reaktoreiden ulkoisia vikatiloja. Tulokset on tallennettava samaan yhteiseen tietokantaan, jotta voidaan seurata mahdollisten vikaantumisten edistymistä.

Lisäksi tärkeänä osana reaktoreiden kunnonvalvontaa on kannen sekä yhteiden tarkistuskiristykset. Tarkistukset suoritetaan kahden viikon sykleissä kaksi reaktoria kerrallaan eli jokaisen reaktorin kiristysmomentit tarkistetaan kerran kuukaudessa. Reaktoreiden tulee olla kylmiä, kun momenttien tarkistuksia suoritetaan. Tämä tarkoittaa, että tuotanto ei ole silloin kyseisellä reaktorilla käynnissä. Tällä hetkellä tarkistus kiristykksiä tehdään vain kunnossapidon toimesta. Olisi kuitenkin käytännöllisempää, että kiristykset tekisivät tuotannon henkilöt. Yleensä reaktorit eivät ole käytössä viikonloppuisin. Jolloin momenttien tarkastukset suoritetaan käyttäjän toimesta ennen kuin uusi tuotantoviikko alkaa. Näin tuotanto toimisi aina normaalisti ilman ylimääräisiä pysäytyksiä. Aluksi tarkistuksissa on oltava mukana kunnossapidon henkilö, joka opastaa vuoroa tekevää tuotannon henkilöä riittävän osaamisen varmistamiseksi, jotta tulevaisuudessa kiristykset onnistuisivat heiltä. Kiristysmomentit ovat muovautuneet valmistajan sekä Kemiran Best practice tietojen pohjalta. Jälkikiristysmomenttien seurantaan on luotu Excel taulukko, johon tarkistetut momentit merkitään käyttäjän kuittauksella. Tämän pohjalta voidaan varmistaa, että kiristysmomentit ovat kunnossa. PAX-reakto-reissa yhtenä merkittävä ongelmana on ollut laippojen vuodot.

Reaktori						
Poksi 80Nm						
Iso kansi 180Nm						
Miesluukku 160Nm						
Muut laipat 80Nm						

Kuva 4. (Kemira Chemicals Oy 2020)

Näiden tarkastusmenetelmien pohjalta mielestäni voidaan parantaa reaktorien käyttövarmuutta ja ennalta ehkäistä turhia tuotannon katkoja eli kunnonvalvonta on mielestäni kunnossa. Jotta kunnonvalvonta toimii oikein, on tärkeää, että kunnossapidon ja

tuotannon henkilöstö on osaavaa ja koulutettua. Lisäksi huoltotoimenpiteiden onnistumista tarvitsee testata ennen tuotannon varsinaista käynnistämistä.

### 6.3 Reaktorien kunnossapidon laadunvarmistus

Korjaavan kunnossapidon laadunvarmistus Kemiralla pohjautuu kokeneeseen kunnossapito tiimiin. Kokeneella ja koulutetulla kunnossapitotiimillä voidaan taata hyvä laatu korjauksille sekä huolloille. Kunnossapito tiimiin kuuluu hitsareita, sähköalan henkilöitä sekä kunnossapitoasentajia. Lisäksi Kemira tarjoaa henkilökunnalle koulutuksia omaan alaan ja laitteiden toimivuuden takaamiseen liittyen. Uudet työntekijät perehdytetään hyvin. Usein myös työskennellään kokeneemman työparin kanssa.

Myös testauksia sekä tarkastuskierroksia suoritetaan laadunvarmistamiseksi. Esimerkiksi tiivisteiden vaihdon laatua testataan painekokeella ja vuototestauksella. Painekokeella sekä vuototestauksella voidaan varmistaa onnistunut korjaustoimenpide. Reaktoreille suoritetaan korjauksen jälkeen käyttöönottotarkastus, joka tapahtuu teemmällä kylmätiiveyskoe, vesikeitto sekä lämmintiiveyskoe. Kylmätiiveyskokeella varmistetaan reaktoreiden yhteiden tiiveys ennen vesikeittoa ja lämmintiiveyskoetta. Koekoiden jälkeen suorittaja täyttää tarkastuspöytäkirjan. Korjausohjeiden luominen tiettyille kohteille on myös laadunvarmistusta ja tällä voidaan taata onnistunut korjaus ja sen kautta parantaa PAX-tehtaan käyttövarmuutta. Luodaan kunnossapidolle toimiva laadunvarmistus menetelmä dokumentteineen ja dokumentit tallennetaan yhteiseen tietokantaan, josta ne liitetään SAP-kunnossapitojärjestelmään.

### 6.4 PAX-tehtaan reaktorien varaositus

Reaktorien varaosien hinnat ovat kalliita sekä toimitusaika on pitkä. Tästä syystä reaktoreille kriittisimpiä varaosia on kahdennettu eli varaosia löytyy omasta varastosta, jolloin niitä ei tarvitse odottaa kriittisinä hetkinä. Kriittisimpiin osiin kuuluu esimerkiksi kannentiiviste, sekä tiiviste massa, jota pursotetaan tiivisteiden väliin. Lisäksi kriittisiä osia ovat mekaaninen akselitiiviste ja siihen kuuluva tiiviste. Kemiran Äetsän osaston varastosta löytyy nimikkeen takaa tiivisteet sekä tiivistemassa, jotka lähtevät

automaattitilauksena, kun varastosaldo tippuu alle asetetun arvon. Mekaaninen akseli- tiiviste sekä akseli on kahdennettu, jotta niitä olisi aina varastossa varalla, kun niitä ylläpitäen tarvitsee vaihtaa. Vanhat poisotetut lähetetään välittömästi huoltoon, koska niiden huoltoaika on pitkä. SAP kunnossapitojärjestelmän avulla voidaan tarkastella kohteen varaosaluetteloita sekä dokumentteja.

Organizational Unit	Description	P11FI
ASA	AETSAN TEHTAAT	P11FI
ASA-HIE	VESI- JA HIENOKEMIA	P11FI
ASA-HIE-001	TI PAX	P11FI
ASA-HIE-001-0000A	PAX-VALMISTUS	P11FI
ASA-HIE-001-0000A-01	SÄILIÖT	P11FI
ASA-HIE-001-0000A-02	PUMPUT	P11FI
ASA-HIE-001-0000A-03	PUTKISTOT	P11FI
ASA-HIE-001-0000A-04	PUHALTIMET	P11FI
ASA-HIE-001-0000A-05	LÄMMÖNVAIHTIMET	P11FI
ASA-HIE-001-0000A-06	SUODATUS	P11FI
ASA-HIE-001-0000A-07	SEROITTIMET JA KULJETTIMET	P11FI
ASA-HIE-001-0000A-08	MUUT LAITTEET	P11FI
ASA-HIE-001-0000A-09	REAKTORIT	P11FI
ASA-HIE-001-0000A-09-02	PAX-REAKTORI 8	P11FI
ASA-HIE-001-0000A-09-03	PAX-REAKTORI 7	P11FI
ASA-HIE-001-0000A-09-04	PAX-REAKTORI 1	P11FI
ASA-HIE-001-0000A-09-05	PAX-REAKTORI 10	P11FI

Kuva 5. Tehdaskohtainen rakenne

Part Number	Description	Quantity	Unit
90004586	AKSELI T-80 TI-PUMPPU	1	PC
90004450	LAAKERIPUKKI DA-60T5 T-80	1	PC
90004451	PESÄ TI-30 T-80	1	PC
90004319	"O-RENGAS 202,00X3,53MM PIIR, 3-Z-9032"	1	PC
90002731	TIIVISTE TÄYD. T-109/QW1C1/V 40MM	2	PC
90016337	LAAKERI 6307	1	PC
90001835	LAAKERI NU 307	1	PC

Kuva 6. Laitteiden varaosat

SAP:in rakennepuusta voidaan hakea tehdaskohtaisesti laite ja luettelosta löytyy kohteelle tarvittavat varaosat. Rakennepuusta voidaan tarkastaa kaikki kohteelle tarvittavat varaosat, kuten laakerien malli tai tiivisteiden koko. Reaktorin varaosia ja laitteita ei ole vielä SAP:in toimintohierarkiassa, mutta ne päivitetään sinne tulevaisuudessa, jotta sille löytyy helpommin tarvittavat varaosat korjausta varten ja varaosien hallinta olisi luotettavampaa.

## 7 PAX REAKTORIEN KORJAUSSUUNNITELMA

Kemiralla Äetsän toimipisteessä ei ole olemassa PAX-tehtaan reaktoreille korjaussuunnitelmaa. Korjaussuunnitelman avulla esimies pystyisi aikatauluttamaan ja organisoimaan reaktoreiden korjauksen asentajille. Korjaussuunnitelman avulla saataisiin myös realistista tietoa siitä, milloin tuotanto alkaa toimimaan normaalisti. Tämän vuoksi olen lähtenyt suunnittelemaan kunnossapidon esimiehille Excel taulukkopohjaa PAX-tehtaan reaktoreiden korjaussuunnitelmaa varten.

Reaktorien korjaussuunnitelman tarkoituksena on aikatauluttaa sen korjaus, sekä selvittää tarvittavat resurssit ja materiaalit. Korjauksesta tulee tehdä toimenpiteen jälkeen dokumentti, joka viedään SAP-kunnossapitojärjestelmään. Tämän pohjalta tulevaisuudessa on helpompi paneutua kohteen ongelmiin. Korjauksessa tarvitsee olla kolme henkilöä: yksi ajaa nosturia ja kaksi muuta toimii asentajina reaktorin yläpäässä. Nosturikuskin tulee olla sellainen, joka voi tarvittaessa osallistua myös korjaukseen.

Pax reaktorin huolto							
	Pv						
		1	2	3	4	5	6
Reaktorin purku							
Akselin sekä emalin tarkastus							
Tiivisteiden asennus sekä reaktorin kasaus							
Mekaanisen akselitiivisteiden asennus							
Reaktorin tiiveyden varmistus, huolto valmis							

Kuva 7. Excel taulukkopohja reaktorien korjauksen aikataulutukseen.

Reaktorien purkuun varataan yhdestä päivästä kahteen päivään, riippuen reaktorin sijainnista tehtaalla sekä purkamisen helppoudesta. Tämän arvioi esimies yhdessä kunnossapitäjien kanssa. Purkamisen nopeuteen vaikuttaa myös akselin tukeminen, tarvittavien apuvälineiden kiinnittäminen sekä mekaanisen akselitiivisteiden irrottaminen. Mekaaninen akselitiiviste saattaa olla jumiutunut akseliin, jonka takia sen irti ottaminen vie aikaa. Kun reaktorit on purettu, tarkastetaan emalipinnat sekä akselin kunto. Tämä vie aikaa noin 4-8 tuntia. Kappaleessa 6.1 kerrotaan tarkemmat ohjeet emalipinnan tarkastukseen. Akselin kunto tarkastetaan silmämääräisesti. Huono tai vioittunut

akseli vaihdetaan uuteen. Tämän vuoksi reaktorien purkamisen aikatauluttaminen voi olla hankalaa. Siksi aikatalutus kannattaa arvioida yläkanttiin.

Reaktorin korjaukseen tarvittavat materiaalit selvitetään etukäteen, jotta varmistutaan korjauksessa olevan kaikki tarpeelliset varaosat. Varaositus taulukko olisi hyvä käydä kerran kuukaudessa läpi, jotta kiire tilanteessa kaikki varaosat olisivat heti saatavilla.

Materiaalit korjaukseen		
Pvm.	Kyllä	Ei
poksi		
poksin tiiviste		
poksineste letkut		
akseli		
hihnat		
kannentiiviste		
tiivistemassa		
miesluukun tiiviste		
miesluukun irtolaippa		
tarvittavat työkalut on kunnossa		

Kuva 8. Korjaukseen tarvittavat materiaalit Excel taulukossa.

Korjauksesta voidaan alkaa täyttämään tulevaisuudessa etenemisaikataulua. Olen luonut Excel taulukon, jonka korjaava asentaja täyttää. Taulukon avulla kunnossapidon ja tuotannon esimiehet pystyvät seuraamaan korjauksen etenemistä ja tuotannon käynnistämisen aikataulua. Kun etenemistä on seurattu jonkin aikaa, pystytään reaktorin korjausta kehittämään. Taulukkoon merkataan tehdyn työn kohdalla päivämäärä ja nimikirjaimet.

Reaktorin purku	1	2	3	4	5	6
linjat sokeoitu						
sähköt irroitettu						
reaktorin happipitoisuus mitattu						
poksinestesäiliön paineet pois ja letkut irti						
hihnat irti						
akseli tuettu						
kytkin irti						
vaihdelaatikko irti						
sähkömoottori irti						
hihnapyörät irti						
kehikko irti						
poksi irti						
kansi irti						

Kuva 9. Reaktorin purun eteneminen.

Reaktorin kasaus	1	2	3	4	5	6
emalipinnat tarkistettu						
tiiviste asennettu ja kansi passattu suoraan						
kehikko asennettu						
poksi asennettu ja passattu suoraan						
vaihdelaatikko asennettu						
kytkin asennettu						
sähkömoottori asennettu						
hihnapyörät asennettu						
hihnat asennettu						
poksinesteletkut asennettu						
akselin tuet poistettu						
sähköt asennettu						
linjoista sokeat poistettu						

Kuva 10. Reaktorin kasauksen eteneminen.

Reaktorin korjauksesta aletaan täyttämään korjausraporttia. Raportti kertoo mitä osia on vaihdettu, ja missä osissa on pieniä poikkeamia tai mikä korjauksessa tuotti ongelmia. Raporttien tiedot viedään SAP-kunnossapitojärjestelmään. Tämä auttaa tulevaisuudessa parantamaan reaktoreiden korjauksia ja kunnossapitoa.

Korjausraportti			
pvm.	Kyllä	Ei	muuta huomioitavaa
uusi poksi			
emalipinnat kunnossa			
akseli kunnossa			
sähkömoottori kunnossa			
vaihdelaatikko kunnossa			
kytkin kunnossa			
hihnapyörät kunnossa			
poksinesteletkut kunnossa			

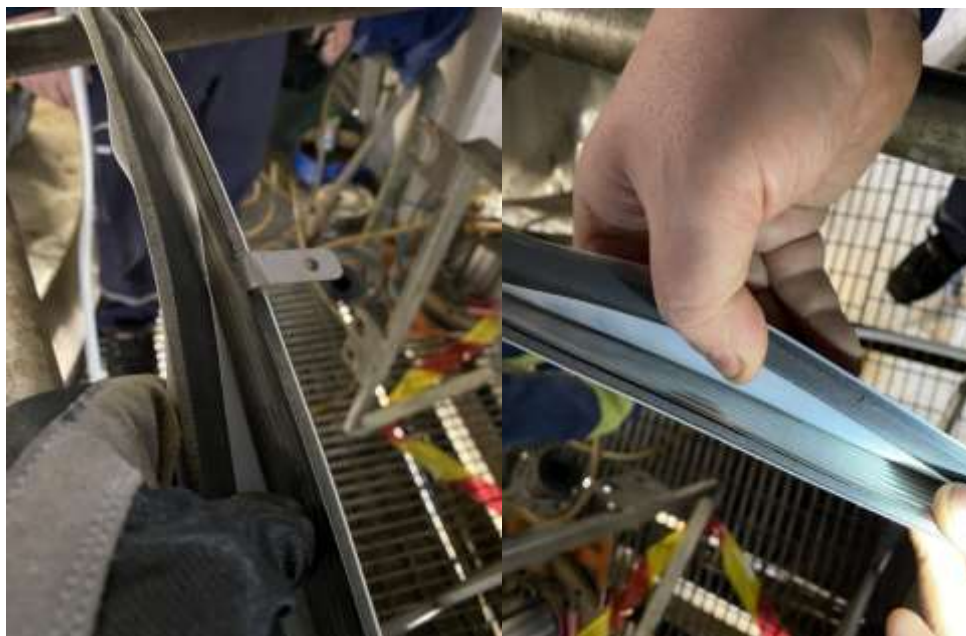
Kuva 11. Korjausraportti

## 8 PAX REAKTORIEN KRIITTISIMPIEN OSIEN KORJAUSOHJEET

PAX reaktoreiden kriittisimmät osat ovat kansi, kannen tiiviste, mekaaninen akselitii-  
viste ja akseli. Ohjeiden pohjalta saadaan varmuus siitä, että korjaus onnistuu ja laite  
saadaan takaisin tuotantoon. Ohjeiden avulla voidaan myös perehdyttää uusia työnt-  
ekijöitä. Lisäksi ohjeiden avulla saadaan laajennettua asentajien osaamista.

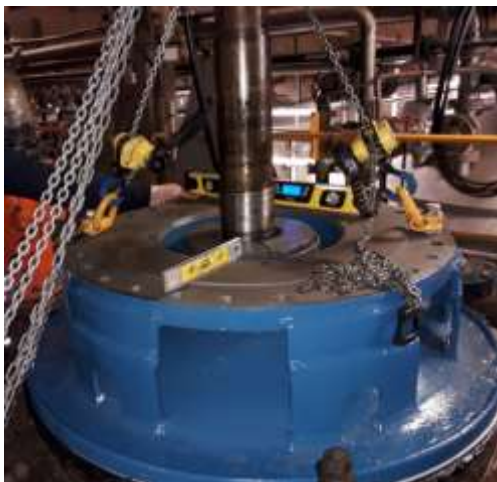
### 8.1 Kannen asennus

Asentaminen alkaa kannen nostamisesta reaktorin yläpään lähelle, ennen laskemista  
kansi säädetään suoraan. Nosturin koukkuun asennetaan 1000kg:n kellotalja, jossa on  
kiinni kaksi pienempää 500kg:n ketjutaljaa. Kanteen laitetaan kaksi nostolenkkiä, joilla  
se kiinnitetään 500kg:n taljoihin. Kansi tulee säätää vesivaa'an ja 500kg:n taljojen  
avulla vaakasuoraksi. Isommalla taljalla saadaan laskettua kansi varovasti tiiviste-  
n päälle. Ennen kannen laskemista paikalle, pursotetaan tiivisteeseen tiivistemassa, mas-  
saa kuluu neljä purkkia ja sitä lämmitetään vesihauteessa 30 minuuttia, jolloin se muut-  
tuu notkeammaksi ja helpommaksi käsitellä. Massa laitetaan tiivisteessä aaltopellin ja  
teflonpinnan väliin.



Kuva 12. Tiivistemassan asennus





Kuva 13. Kannen asennus taljoilla.

Tiiviste asennetaan massapuoli reaktorin kanteen päin. Kun tiiviste on asennettu reaktorin emalipintaa vasten, lasketaan kansi taljalla mahdollisimman lähelle, sekä laitetaan neljä reaktorin kannen kehän pulttia kiinni ja kiristetään käsin pultit, niin ettei massa pursua kokonaan tiivisteiden välistä. Tämän vaiheen jälkeen valitaan kannesta kolme mittauspistettä, joiden perusteella kansi asennetaan tarkkuusvesivaa'alla vaakasuoraan. Nosturia eikä taljoja saa ottaa pois vielä tässä vaiheessa.



Kuva 14. Kannen suoraan asennus kolmella mittauspisteellä.

Kun kansi on paikallaan ja massaa pursunnut vähän kannen välistä, käännetään massan reunat varovasti ylös ja odotetaan että massa jähmettyy. Jähmettymisessä aikaa kuluu noin 5-10 minuuttia riippuen tehtaän lämpötilasta. Tämän jälkeen leikataan massan reunat pois varovasti.



Kuva 15. Kansi paikallaan, massa jähmettymässä.

Noin tunnin kuluttua edellisestä vaiheesta otetaan taljat ja nosturi pois ja annetaan kannen olla omalla painolla reaktorin päällä. Kun kansi on ollut omalla painolla reaktorin päällä noin 30 minuuttia, siirrytään viimeiseen vaiheeseen. Viimeisessä vaiheessa asennetaan kaikki pultit paikalleen, ja kiristetään ristiin siten, että pultit tuntuvat kiireiltä, mutta ei kuitenkaan isoon momenttiin, 50-80N/mm on sopiva. Ennekuin kansi

kiristetään täyteen momenttiin, on tärkeää ottaa massasta testipallo ja odottaa niin kauan, että massa on jäähtynyt sekä kovettunut ja kemiallinen reaktio loppunut. Massan reaktioaika on noin 30-60 minuuttia, riippuen tehtaan lämpötilasta. Jäähtymisen ja reaktioajan loputtua voidaan kansi kiristää loppu momenttiin, joka on 150-180N/mm. Tämä riippuu valmistajan antamasta arvosta ja siitä saadaanko kansi pitämään pienemmällä momentilla. Loppukiristyksessä tarvitsee olla tarkka, sekä muistaa kiristää pultit ristiin, jotta kansi pysyy suorassa. Kannen tarvitsee olla suorassa, jotta mekaaninen akselitiiviste ei vaurioidu.

## 8.2 Mekaanisen akselitiivisteen irrotus sekä asennus

Kemiralla on kokeneita kunnossapitäjiä. Mekaanisen akselitiivisteen asennukseen luodut ohjeet tehtiin haastattelemalla kunnossapitäjiä. Asennukseen oli monia erilaisia metodeja, kokosin parhaimmat yhteen ja loin toimivan asennus ohjeen.

Reaktorin akseli tuetaan tukevasti reaktorin pohjalle, kiiloja apuna käyttäen. Akselin sekoittajan tuennassa on huomioitava kytkimen kiilan asento, jotta kytkin lähtee irti akselistä. Kytkimen ison lohkon on oltava henkilöluokkuun päin. Akselin yläosa tuetaan kolmesta pisteestä muovitukia apuna käyttäen, tuet asetetaan tukevasti akselin ja reaktorin seinän väliin. Tiivisteneste säiliöstä otetaan paineet pois. Tässä vaiheessa on otettava huomioon paineilman syöttö säiliöön, kytkinsuojat sekä kierroslukuanturien irrotus.

Ensin pitää sulkea venttiilit tiivistenestesäiliöstä sekä irrottaa tiivisteneste letkut akselitiivisteen rungosta. Huomio öljyn valuminen.



Kuva 16. Tiivistenestesäiliö

Sitten käännetään ja lukitaan akselitiivisteiden rungon yläpinnasta neljä punaista lukituskielekettä.



Kuva 17. Lukituskielekkeet

Tämän jälkeen asennetaan reaktorin päällä olevaan kehikkoon kiskot, jotka ovat tehty kytkimenirrotustyökalua varten.



Kuva 18. Kiskot

Kun kiskot on asennettu, kiinnitetään kytkimenirrotustyökalu kytkimeen, ei saa kiristää vielä lukitusmutteria.



Kuva 19. Kytkimenirrotustyökalu

Tämän jälkeen irrotetaan kaksi kappaletta lohkoja kytkimestä. Kytkimessä on kiinni 12 kappaletta kuusiokoloruuveja. Kytkin työnnetään ulospainopulteilla ylä- sekä alapinnasta kiiloilta irti, yläpäässä käytetään kelkan omaa pulttia. Kun kytkin on irrotettu kiilalta, kiristetään lukitusmutteri. Tämän jälkeen kytkin siirretään pois kiskoilta. Sitten irrotetaan sekoittajan akselin päällä oleva laippa. Lopuksi asennetaan kiskoille mekaanisen akselitiivisteiden rungonsiirtokelkka.



Kuva 20. Mekaanisen akselitiivisteiden rungonsiirtokelkka

Kun rungonsiirtokelkka on asennettu kiskoille, niille asennetaan myös mekaanisen akselitiivisteiden nostotyökalut. Huomioidaan että, nostotyökalun kohdistus reiät ovat kiskossa ja reaktorin kannessa.



Kuva 21. Mekaanisen akselitiivisteiden nostotyökalut

Tämän jälkeen irrotetaan akselitiivisteiden rungon kartiokiinnityksestä 12 kappaletta pultteja.





Kuva 22. Kartiokiinnitys

Kun pultit on irrotettu, irrotetaan akselitiiviste kannesta, sekä reaktorin laipasta. Sitten kiinnitetään nostotyökalut akselitiivisteeseen runkoon ja nostetaan runkoa varovasti ylöspäin, tiiviste voi olla jäänyt akseliin kiinni. Laitetaan muovisuojat kannen ja akselin väliin heti kun mahdollista. Viimeiseksi nostetaan akselitiivisteeseen runko kelkalle, sekä kiinnitetään runko kelkkaan ja siirretään pois kiskoilta.



Kuva 23. Muovisuojat akselille

Irrotuksen jälkeen tarkastetaan akseli sekä emalipinnat huolellisesti ennen uuden tiivisteeseen asennusta. Irrotetaan vanhasta akselitiivisteeseen rungosta letkujen yhteet, ja siirretään uuteen. Seuraavaksi tarkastetaan mekaaninen akselitiiviste silmämääräisesti. Mitataan emalipintojen heitot akselitiivisteeseen rungon alta ja mahdollisesti tehdään säätörengastiivisteeseen tarvittavat säädöt. Tällä varmistetaan asennus suoraan.

Kiinnitetään akselitiivisteeseen runkoon kelkka ja huomioidaan rungon oikea asento. Nostetaan runko kiskoille ja lasketaan tasaisella nopeudella varovasti akselille. Irrotetaan nostotyökalut ja asennetaan akselitiivisteeseen rungon pultit löysästi paikalle. Kiinnitetään akselin päähän laippa ja asennetaan kytkin takaisin paikalleen sekä kiristetään lohkot.

Seuraavaksi irrotetaan akselista tuet, jotta akseli pyörii. Asennetaan heittokello akselin ja akselitiivisteeseen rungon väliin. Kellotetaan akselitiiviste suoraan mitaten sen suoruutta akselitiivisteeseen rungon isoimmasta laipasta ja kiristäen laipan pultteja varoen, kiristysmomentti 80Nm.

Viimeisessä vaiheessa kiristetään akselitiivisteeseen rungon neljä ulommaista pulttia. Lisäksi kiinnitetään akselitiivisteeseen runkoon öljyletkut. Kiristetään kartiokiinnityksestä 12 kappaletta pultteja. Vapautetaan neljä kappaletta akselitiivisteeseen rungon lukituskielekettä. Avataan öljysäiliöstä suljetut venttiilit ja lisätään öljy sekä nostetaan säiliöön tarvittava paine. Irrotetaan kaikki asennukseen tarvittavat työkalut sekä asennetaan irrotetut turvavälineet. Tämän jälkeen mekaaninen akselitiiviste on asennettu.



## 9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää ja parantaa PAX-tehtaan reaktoreiden kunnossapitoa ja käyttövarmuutta. Lähdin pohtimaan tavoitetta yhdellä pääkysymyksellä ja neljällä alakysymyksellä. Pääkysymyksen avulla aloin pohtimaan, millaisella järjestelmällä saadaan paras käyttövarmuus tuotannolle? Alakysymykset muodostuivat ennakoivan kunnossapidon mahdollistamisesta, laadunvarmistuksesta, ohjeiden jakamisesta korjaavalle kunnossapidolle sekä kriittisimpien varaosien selvityksestä. Olen mekaaninen kunnossapitoasentaja Äetsän Kemiran tehtaalla. Olen tehnyt tätä työtä yli 5 vuotta ja kunnossapitännyt sekä korjannut PAX-reaktoreita useita kertoja. Tämä on ollut hyvää pohjatyötä opinnäytettä varten. Aloitin opinnäytetyöni perehtymällä teoriaan ja luin monia kunnossapidon opuksia. Näiden pohjalta aloin hahmottelemaan ja uudelleen luomaan PAX-reaktoreihin sopivaa kunnossapitoa sekä käyttövarmuutta.

Selvitin ja keräsin yhteen reaktorien jo olemassa olevia kunnonvalvonta ja tarkastusmenetelmiä. Reaktorien sisäpuolinen kunnonvalvonta oli mielestäni kunnossa, mutta loin ulkopuoliseen kunnonvalvontaan muutamia rutiininomaisia menetelmiä. Näitä menetelmiä ovat kannen ja emali yhteiden tarkistuskiristykset. Suunnittelin sähkömoottorille sekä mekaaniselle akselitiivisteelle värinämittaussuunnitelman, jonka avulla voidaan ennakoita laitteen vikaantuminen. Lisäksi selvitin reaktorien kriittisimmät varaosat, jotka mahdollistavat reaktorin toimivuuden. Havaintojeni mukaan Kemiralla laadunvarmistus on kunnossa, koska siellä on koulutettu moniammatillinen työyhteisö, jossa uudet ja ulkopuoliset perehdytetään hyvin. Lisäksi laatua varmistetaan testauksilla ja tarkistuskierroksilla sekä korjauksen jälkeisillä käyttöönottotarkastuksilla.

Laadunvarmistamista lisää selkeät ja yhtenäiset korjausohjeet. Loin korjausohjeet PAX-reaktorien kriittisimmille osille. Loin ohjeet omasta kokemuksestani sekä haastattelemalla muita asentajia. Näitä kriittisimpiä osia ovat mekaaninen akselitiiviste sekä emaliansi. Päädyin tekemään ohjeet juuri näille osille, koska niiden korjaus vaatii tarkkuutta, aikaa ja taitoa.

Kunnossapitoa lähdin parantamaan korjaussuunnitelmalla, johon loin realistisen aikataulu suunnitelman sekä kolme seuranta-aulukkoa. Taulukoilla seurataan korjauksen

etenemistä aikataulullisesti ja tarvittavia materiaaleja. Lisäksi korjauksesta täytetään raportti, joka viedään yhteiseen tietokantaan. Raportin avulla pystytään tulevaisuudessa seuraamaan ja ottamaan huomioon korjaukseen liittyviä tärkeitä asioita. Opinnäytetyön avulla asentajat, työnjohtajat ja tuotannontyöntekijät saavat PAX-tehtaan käyttövarmuuden toimivuuteen selkeät ohjeet. Lisäksi opinnäytetyöstä saamalla ohjeilla pystytään poistamaan turhat tuotantokatkot sekä takaamaan tuotannon toimivuus.





mittakaavan tarkastelua. Työmäärän suuruuden vuoksi se voisi olla oma erillinen opin-  
näyte- tai diplomityö. Uskon, että tulevaisuudessa kriittisyysanalyysin päivittämiseen  
nähdään Kemiralla aikaa ja vaivaa, jolloin kunnossapito takaa parhaan käyttövarmuu-  
den tuotannoille.

Tulevaisuudessa näen tarpeelliseksi luoda ja kehittää Kemiran Äetsän toimipisteen  
kunnonvalvontaa, selvittää kriittisimmät varaosat sekä luoda selkeät ja toimivat kor-  
jausohjeet kaikkiin sen tehtaiden tuotantolaitteille. Tämä takaisi hyvän käyttövarmuu-  
den tuotannolle, sekä selkeät toimintatavat asentajille, työnjohtajille ja tuotannontyön-  
tekijöille. Prosessi tulisi olemaan pitkä ja vaatisi kaikkien osapuolien pohdintaa ja yh-  
teistyötä, jotta tulos olisi laadukasta. Ohjeita tulisi myös päivittää. Tämä tarkoittaa,  
ettei valmiita käyttövarmuus- ja kunnossapitotoimintapoja tule, vaan niitä pitää tietyn  
aikavälein suunnitella, toteuttaa ja arvioida. Uskon kuitenkin luoneeni hyvän pohjan,  
jota on helppo lähteä kehittämään aina vain parempaan suuntaan. Näen seuraavan ke-  
hityskohteen olevan edellä esittelemäni kunnossapidon kriittisyysanalyysi.

## LÄHTEET

Aalto H. Kunnossapidon Perusteet. Teoksessa Järviö, Piispa, Parantainen & Åström. Kunnossapito. Kunnossapitoyhdistys ry, KP-Media Oy, Rajamäki. 2004. 11 ja 16 s.

Finnish Chemicalsin nimeksi Kemira Chemicals. 2009. Utinen Kemira Konsernin www-sivuilla 26.5.2009. Viitattu 10.1.2021.

<https://www.kemira.com/fi/yritys/media/uutishuone/uutiset/finnish-chemicalsin-nimeksi-kemira-chemicals/>

Järviö J. Kunnossapito. Teoksessa. Järviö, Piispa, Parantainen & Åström. Kunnossapito. Kunnossapitoyhdistys ry, KP-Media Oy, Helsinki. 2007. 35-39, 49-52, 111-112 ja 133 s.

Kemira Konserni. 2018. Luettu 10.1.2021.

<https://www.kemira.com/fi/konserni/>

Leinonen P. Kunnonvalvonnan toteutus. Teoksessa. Mikkonen H. Kuntoon perustuva kunnossapito. KP-Media Oy, Helsinki. 2009. 169, 172, 174 s.

Mikkonen H. & Kautto J. Kuntoon perustuvan kunnossapidon suunnittelu. Teoksessa. Mikkonen H. Kuntoon perustuva kunnossapito. KP-Media Oy, Helsinki. 2009. 148 s.

Mikkonen H., Miettinen J. & Jantunen E. Värähtelymittaukset. Teoksessa. Mikkonen H. Kuntoon perustuva kunnossapito. KP-Media Oy, Helsinki. 2009. 259 s.

Nohynek P. & Lumme V-E. Kunnonvalvonnan värähtelymittaukset. Teoksessa. Järviö, Piispa, Parantainen & Åström. Kunnossapito. Kunnossapitoyhdistys ry, KP-Media Oy, Helsinki. 2007. 146 s.

Painelaitelaki 1144/2016. Annettu 1.1.2017. Viim. muutos 1.2.2021. Viitattu 10.1.2021.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2016/20161144>

PSK 6201. 2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 3. painos. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys. Viitattu 10.1.2021. <https://janet.finna.fi>. PSK-standardit

SFS-EN 13306:2017. Maintenance. Maintenance terminology. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS. Vahvistettu 8.12.2017. Viitattu 10.1.2021. <https://janet.finna.fi>. SFS Online

Åström T. Rikkomattomat aineenkoetusmenetelmät. Teoksessa. Järviö, Piispa, Parantainen & Åstöm. Kunnossapito. Kunnossapitoyhdistys ry, KP-Media Oy, Helsinki. 2007. 252 s.