

# Kriittisyysanalyysin kehittäminen ja hyödyntäminen öljynjalostamolla

Ville-Veikko Viinikainen

Opinnäytetyö  
Tammikuu 2018  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Insinööri (YAMK), elinkaaripalveluiden johtamisen  
tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Viinikainen, Ville-Veikko	Julkaisun laji Opinnäytetyö, ylempi AMK	Päivämäärä 19.11.2017
	Sivumäärä 53 + 1 liite	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Kriittisyysanalyysin kehittäminen ja hyödyntäminen öljynjalostamolla		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (ylempi AMK), elinkaari palveluiden johtamisen tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Kirsi Niininen		
Toimeksiantaja(t) Neste Oyj		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tutkimuksen tavoitteena oli kehittää laitteiden kriittisyysanalyysia Nesteen Suomen öljynjalostamoilla ja löytää tapoja sen tuloksien hyödyntämiselle. Nesteen Suomen öljynjalostamoilla oli tehty kriittisyysanalyysia jo vuodesta 2011 alkaen. Analyysin tulosten hyödyntäminen oli varsin vähäistä siihen potentiaaliin ja ajankäyttöön nähden, mitä analyysin tuottaminen oli vaatinut.</p> <p>Suuresta laitemäärästä johtuen tutkimus rajattiin mekaanisiin kiinteisiin laitteisiin sekä pyöriviin laitteisiin. Rajausta tehtiin näin, koska aikaisemmat analyysit oli toteutettu tälle laiteryhmälle.</p> <p>Tutkimusmenetelmänä oli konstrukttiivinen tutkimus. Aineistoa kerättiin suoritettujen kriittisyysanalyysien yhteydessä tehdyistä havainnoista sekä kyselytutkimuksella prosessiteollisuuden kunnossapidon ja käyttövarmuuden asiantuntijoille. Kyselyn tarkoituksena oli vahvistaa näkemystä kriittisyysanalyysin nykytilasta ja kehityspotentialista.</p> <p>Lopputuloksena luotiin kriittisyysanalyysin toteuttamisesta pysyvä malli sekä sen hyödyntämisestä erilaisia toimenpide-ehdotuksia. Työn tuloksia voidaan hyödyntää niin omaisuudenhallinnan, tuotannon kuin investointienkin osalta.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) Kunnossapito, kriittisyysanalyysi, riskianalyysi		
Muut tiedot		

Author(s) Viinikainen, Ville-Veikko	Type of publication Master's thesis	Date 19.11.2017
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 53 + 1 appendix	Permission for web publication: x
Title of publication Development and utilization of criticality analysis in oil refinery		
Degree programme Master of Engineering, Degree Programme in Service Lifecycle Management		
Supervisor(s) Niininen, Kirsi		
Assigned by Neste Oyj		
<p>Abstract</p> <p>The aim of the study was to develop the criticality analysis at Neste oil refineries and find ways to utilize its results. Criticality analysis has been started in 2011. The utilization of the results of the analysis was quite small in relation to the potential and timing of what the analysis required to produce.</p> <p>The study was limited to mechanical fixed and rotating equipment due to large amount of equipment. This limitation was done, because previous analyzes had been carried out for this equipment group.</p> <p>The method for research was a constructive research. Data was collected from findings of criticality analyzes and by surveying the experts in the maintenance and reliability of the process industry. The aim of the questionnaire was to confirm the view of the current state of the criticality analysis and the potential for development.</p> <p>As result, a permanent model of criticality analysis was created. There was also different proposals for action of how to utilize the model. The results of the work can be used in terms of both asset management, production and investment.</p>		
Keywords/tags ( <a href="#">subjects</a> ) Maintenance, Criticality analysis, Risk analysis		
Miscellaneous		

## Sisältö

1	Johdanto .....	6
1.1	Tausta ja lähtötiedot .....	6
1.2	Työn tavoite .....	7
1.3	Tutkimusmenetelmä .....	7
1.4	Toimeksiantaja yritys .....	8
2	Riskienhallinta .....	8
2.1	Riskien tunnistaminen .....	10
2.2	Riskianalyysi .....	10
2.2.1	Kvalitatiivinen ja kvantitatiivinen riskianalyysi .....	11
2.3	Riskien merkitysten arviointi .....	11
2.4	Riskien seuranta ja valvonta .....	11
2.5	QRA - Quantative Risk Analysis .....	12
2.6	HAZOP- Hazard and Operability Study .....	12
2.7	RBI- Risk Based Inspection .....	13
2.8	FMEA- Failure Mode and Effects Analysis .....	13
2.9	FMECA- Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis .....	14
2.10	RCM- Reliability Centered Maintenance .....	15
2.11	RAM (Reliability, Availability, Maintainability) käyttövarmuusanalyysi ...	16
2.12	FRACAS - Failure Reporting, Analysis, and Corrective Action System .....	18
3	Kriittisyysluokittelun määritelmä .....	18
3.1	PSK 6800 standardi .....	19
3.2	Matriisipohjainen kriittisyysanalyysi .....	21
3.3	NORSOK Z-008 kriittisyysluokittelu standardi .....	23
3.4	Viranomaisvaatimukset laitteiden kriittisyysluokituksille .....	24
3.5	Riskin ja kriittisyyden ero .....	25

4	Kyselytutkimus kriittisyysanalyysistä .....	25
4.1	Kyselyn tulokset .....	26
4.1.1	Miten luokittelua hyödynnetään ja miten sitä tulisi hyödyntää.....	27
4.1.2	Kriittisyysluokittelun vaikutus prosessilaitoksen käytettävyyteen ja luotettavuuteen .....	27
4.1.3	Toimenpiteet kriittisyyden alentamiseksi .....	28
4.1.4	Kriittisyysluokittelun ylläpitäminen.....	28
4.1.5	Kokemukset muista kriittisyyttä arvioivista menetelmistä .....	28
5	Kriittisyysluokittelutulosten hyödyntäminen.....	29
5.1	Kriittisyysluokittelun prosessikuvaus ja ongelmat .....	29
5.2	Korjaavan kunnossapidon priorisointi kriittisyysluokittelun avulla .....	32
5.3	Vika- ja vaikutusanalyysi .....	33
5.4	Varaosien määrittäminen laitekriittisyyden mukaan .....	34
5.5	Vikaantumisvälin kautta ongelmakohtien löytyminen.....	35
5.6	ECM kokemuspohjainen kunnossapito.....	35
6	Kriittisyysluokittelumenetelmän kehittäminen.....	36
6.1	Graafinen esitysmalli.....	36
6.2	Laitteen elinkaaren huomioiminen kriittisyysluokittelussa .....	37
6.3	Kriittisyyden muuttuminen päivityksen jälkeen.....	39
6.4	Kriittisyysluokittelut investoinneissa .....	41
6.4.1	Vika- ja vaikutusanalyysi (FMEA) investoinneissa.....	42
6.4.2	Ennakkohuoltosuunnitelmat investointivaiheessa .....	42
7	Kriittisyysluokitteluiden pysyvä malli.....	42
7.1	Nesteen OQD-ohje kriittisyysluokittelun toteuttamiseksi .....	42
7.1.1	Valmisteluvaihe.....	44
7.1.2	Vikatietojen esittäminen .....	44

7.1.3	Turvallisuusriskin arviointi .....	46
7.1.4	Materiaalivalintakaavion tiedot ja laitteen ikä .....	47
7.1.5	Kriittisyysluokittelutyöpaja .....	47
7.1.6	Dokumentointi ja tiedon vieminen järjestelmiin .....	47
7.1.7	Kriittisyysluokitusten päivittäminen .....	48
8	Johtopäätökset .....	48
	Lähteet .....	52
	Liitteet .....	54
	Liite 1. Kriittisyysluokittelun kehittäminen kysely .....	54
	 Kuviot	
	Kuvio 1 Riskien hallinnan prosessikaavio (SFS-IEC 60300-9-3, muokattu 10.7.2017) ...	9
	Kuvio 2 RCM-päätöksentekokaavio John Moubray (muokattu 8.9.2017 Järviö, 168)	16
	Kuvio 3 RAM analyysin askeleet (Calixto 2016, 274, muutettu 13.9.2017) .....	17
	Kuvio 4 NOQD-429 mukainen riskimatriisi (Neste, muutettu 14.8.2017) .....	21
	Kuvio 5 SFS-EN 13306 Mukainen kriittisyysmatriisi .....	22
	Kuvio 6 NORZOK Z-008 standardin mukainen hierarkia kriittisyysanalyysistä (NORZOK Z-008:2001, 16, muutettu 14.8.2017) .....	24
	Kuvio 7 Graafinen esitysmallia kriittisyysluokittelusta .....	37
	Kuvio 8 Laiterajaus kriittisyysluokittelu (Neste/SKF) .....	40
	 Taulukot	
	Taulukko 1 Nesteen kriittisyysluokituksen valintakriteerit .....	19
	Taulukko 2 NORSOK Z-008 kriittisyysluokittelu (NORSOK Z-008:2001, 10, muutettu 15.8.2017) .....	23
	Taulukko 3 M+ järjestelmän vikahistoria .....	30
	Taulukko 4 M+ laiterekisterin puutteet .....	31

Taulukko 5 M+ järjestelmän aktiiviset työtilaukset .....	33
Taulukko 6 Vikaantumisväli tuotantoyksiköittäin .....	35
Taulukko 7 ECM-metodi korjaavan kunnossapidon analysoinniksi (Smith.A 2004, 180, muutettu 8.3.2017).....	36
Taulukko 8 Elinkaaritiedon kerääminen kriittisyysluokittelussa .....	38
Taulukko 9 BERP3 kriittisyysanalyysin tulokset 2012 .....	39
Taulukko 10 BERP3 kriittisyysanalyysin tulokset 2017 .....	39
Taulukko 11 Kriittisyysluokittelupohja investoinneille .....	41
Taulukko 12 Vikamuoto ja vikaantumisväli M+ järjestelmästä .....	45
Taulukko 13 Esitötetty vikamuoto ja tarkastusmuistion tiedot.....	45
Taulukko 14 Korjauskustannukset M+ järjestelmästä .....	46
Taulukko 15 QRA:n turvallisuusriski.....	46
Taulukko 16 Materiaalivalintakaavio ja elinkaari .....	47

## Lyhenneluettelo

API	American Petroleum Institute
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
FRACAS	Failure Reporting And Corrective Action System
M+	Toiminnanohjausjärjestelmä
ODR	Operator driven reliability
PSK	PSK Standardisointiyhdistys Ry
RBI	Riski perusteinen tarkastus
RCM	Luotettavuuskeskeinen kunnossapito
SFS	Suomen Standardisoimisliitto
SPF	Smart Plant Foundation dokumenttien hallintajärjestelmä
QRA	Määrällinen riskianalyysi

# 1 Johdanto

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Neste. Yrityksessä on tällä hetkellä menossa luotettavuuden parantamisen kehitysprojekti, jonka tarkoituksena on vähentää suunnitelmattomia tuotannon menetyksiä ja prosessiturvallisuusriskejä. Yksi merkittävä tekijä projektissa on laitteiden kriittisyysluokittelu, joka luo lähtökohdat monelle projektin tekemiselle. Kriittisyysluokittelun tarkoituksena on laittaa prosessilaitteet tärkeysjärjestykseen niiden tuotantolaitokselle aiheuttaman riskin perusteella. Kriittisyysluokittelu on osa riskienhallintaa, jota tässä opinnäytetyössä tullaan myös tarkastelemaan.

Kriittisyysluokittelun kehitystyö opinnäytetyön aiheeksi nousi esille omassa työssäni tekemiäni havaintojen perusteella. Luokittelun hyödyntäminen tällä hetkellä on vielä pienimuotoista, joten tarkoituksena on avata tarkemmin, miten luokittelun tuloksia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa paremmin. Toinen tärkeä tavoite työlle on luokittelumallin kehittäminen tehokkaammaksi ja luotettavammaksi ennakkoon kerättyjen tietojen avulla.

## 1.1 Tausta ja lähtötiedot

Laitteiden kriittisyysluokittelu on aloitettu Nesteellä mekaanisille kiinteille laitteille ja pyöriville laitteille vuonna 2011 ulkopuolisten käyttövarmuusasiantuntijoiden fasilitoimana. Kriittisyysluokitteluiden kautta saatua tietoa on hyödynnetty tällä hetkellä lähinnä operaattoreiden kenttäkierrosten luomiseen sekä pyörivien laitteiden laakereiden jälkivoiteluohjelmien määrittämiseen. Kunnossapitohenkilöstön kanssa keskusteltaessa, miten he näkevät kriittisyysluokituksen vaikuttavan heidän työhönsä, vastaus on usein, että ei millään tavalla tai he eivät tiedä, miten sitä pitäisi hyödyntää.

Vuonna 2015 alkaneessa luotettavuusprojektissa aloitettiin kriittisyysluokitteluiden hyödyntäminen vika- ja vaikutusanalyysien (VVA) tekemisessä mekaanisille kiinteille laitteille sekä pyörivien laitteiden kategoriaan kuuluvilla laitteilla. Lisäksi kevennettyä versiona VVA:ta on toteutettu automaation kenttälaitteille ja venttiileille. Tämän opinnäytetyön tarkoitus on keskittyä mekaanisiin ja pyöriviin laitteisiin.

## 1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on luoda toimintamalli kriittisyysluokitteluille niin, että kriittisyyteen vaikuttavien riskien analysointiin käytetään jo tehtyjä riskitarkasteluja sekä olemassa olevaa muuta tietoa laitteistoista. Nesteellä on tehty paljon erilaisia riskitarkasteluita, joten tarkoitus on tutkia, voidaanko olemassa olevien riskianalyyysien dataa hyödyntää kriittisyysluokituksessa. Tarkoituksena on myös saada luokittelusta mahdollisimman tietopohjainen hyödyntämällä näitä tarkasteluita. Esimerkiksi M+ toiminnanohjausjärjestelmän datan sekä tarkastusraporttien hyödyntäminen voi olla yksi tapa.

Luokittelukriteereiden täsmentäminen on noussut esille esimerkiksi tuotantomenetysten rahallisen arvon määrittämisessä eri tuotantolinjoilla sen sijaan, että käytetään aikaan perustuvia arvioita. Luokitteluita tullaan päivittämään viiden vuoden välein, joka on suurseisokkiväli tai isojen prosessimuutosten yhteydessä ja tähän tullaan luomaan pysyvä malli. Investointienhallinnan puolelta on tullut myös tarvetta tarkastella kriittisyysluokituksen soveltuvuutta jo laitteistojen hankintavaiheessa.

Lisäarvoa kriittisyysluokitukselta on tarkoitus tuoda laitteiden vika- ja vaikutusanalyyysien tekemiselle ja töiden suunnittelun priorisoinnille kriittisyyspohjaisesti. Varaosien optimointi laitekriittisyyden mukaan sekä suunnitelma kriittisyyden pienentämiselle kriittisimmille laitteille on myös osa opinnäytetyön tavoitetta.

## 1.3 Tutkimusmenetelmä

Opinnäytetyö toteutettiin konstruktiiivisena tutkimuksena, jonka avulla kriittisyysluokituksen toimintatapaa ja mallia halutaan kehittää. Tutkimuksen pohjaksi kerättiin teoriapohjaa riskienhallinta- ja kriittisyysluokittelumenetelmistä kirjallisuudesta ja alan eri standardeista. Nykytilan selvittämiseksi ja kehityskohteiden löytämiseksi toteutettiin haastattelu webropol-kyselyllä. Toinen materiaalin lähde oli havainnot kriittisyysluokituksia tehtäessä. Kysely lähetettiin Nesteen omalle henkilökunnalle kunnossapidon ja tuotannon asiantuntijoille eri positiioihin sekä vertailukohdan hake-  
miseksi muutamalle ulkopuoliselle prosessiteollisuuden laitoksessa toimivalle henkilölle sekä käyttövarmuuden asiantuntijapalveluita tuottavalle yritykselle.

Tämän opinnäytetyön rakenne koostuu teoriaosuudesta ja tutkimustuloksista. Luvussa kaksi käsitellään erilaisia riskianalyysimenetelmiä, jotka luovat pohjan miksi kriittisyysanalyysiä tehdään. Luvussa kolme käydään läpi kriittisyysanalyysin perusteet ja vertailevat menetelmät. Luku neljä koostuu kyselytutkimuksen vastausten analysoinnista ja pohdinnasta. Luvussa viisi käsitellään, miten kriittisyysluokituksen jälkeisiä tuloksia voidaan hyödyntää. Luvun kuusi tarkoitus on keskittyä kriittisyysluokittelumenetelmän kehittämiseen. Luvussa seitsemän on esitetty ohjeistus kriittisyysluokituksen toteuttamiseksi Nesteön öljynjalostamolla uusien toimintatapojen pohjalta. Luvussa kahdeksan käsitellään tuloksia ja jatkokehitystarpeita.

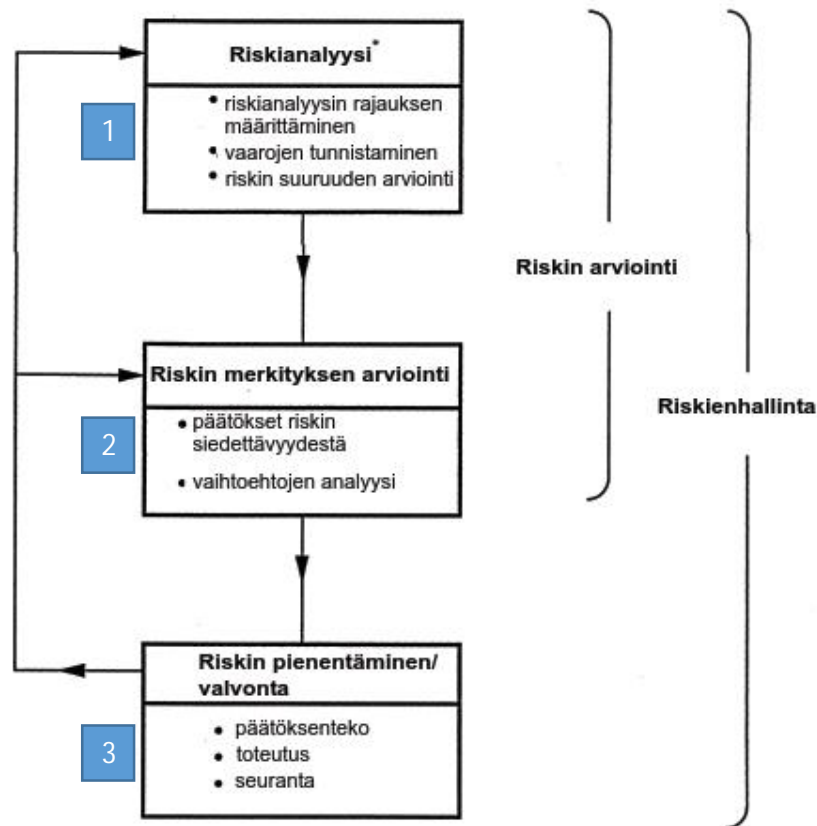
#### 1.4 Toimeksiantaja yritys

Neste Oyj on perustettu 1948 ja ensimmäinen öljynjalostamo valmistui Naantaliin 1957 ja toinen jalostamo Porvooseen vuonna 1965. Nykyään molemmat jalostamot kuuluvat yhteen jalostamokokonaisuuteen, joista tuotantolinjat 1-4 ovat Porvoossa ja tuotantolinja viisi on Naantalissa. Nesteellä työskentelee noin 5000 työntekijää, joista noin 1400 henkeä työskentelee Porvoon ja Naantalin jalostamoilla. (Neste 2017)

## 2 Riskienhallinta

Riskienhallinta käsitteenä tarkoittaa niitä toimenpiteitä, millä tunnistetut riskit pystytään pitämään määritellyllä tasolla. Riskienhallinnan tavoitteet voivat olla joko strategisia toimintaan liittyviä tai prosesseihin ja projekteihin liittyviä, jolloin niillä voi olla vaikutuksia erilaisiin yhteyksiin kuten ympäristöön, teknologiaan, turvallisuuteen tai talouteen. Näitä organisaation toimintoihin liittyviä riskejä pitäisi pystyä hallitsemaan. Riskienhallintaprosessin avulla voidaan vaikuttaa niihin päätöksiin, joilla voidaan ehkäistä epävarmuuteen, mahdollisiin tuleviin tapahtumiin tai olosuhteisiin liittyviä riskejä ja sitä kautta niiden yhteisvaikutuksia määriteltäviin tavoitteisiin. (SFS-EN 31010:2013, 12)

Riskienhallinta voidaan jakaa kolmeen päävaiheeseen, johon kuuluvat (1.) riskianalyysi eli riskien tunnistaminen, (2.) riskin merkityksen arviointi ja (3.) riskien pienentäminen tai valvonta. Kuviossa yksi on esitetty riskien hallinnan prosessikaavio.



Kuvio 1 Riskien hallinnan prosessikaavio (SFS-IEC 60300-9-3, muokattu 10.7.2017)

Riskien arviointi kuuluu riskien hallintaan, joka toteutetaan järjestelmällisillä menetelmillä. Niillä pystytään tunnistamaan mahdolliset vaikutukset asetettuihin tavoitteisiin. Arvioinnin avulla voidaan analysoida riskin seuraukset sekä sen todennäköisyydet ja tarvitaanko jotain toimenpiteitä riskin pienentämiseksi (SFS-EN 31010, 12).

Riskinarvioinnilla yritetään löytää vastauksen seuraaviin kysymyksiin:

- Mitä voi tapahtua ja miksi (tunnistamalla riskin)?
- Mitkä ovat seuraukset?
- Mikä on todennäköisyys niiden tapahtumiselle tulevaisuudessa?
- Onko mitään tekijöitä, jotka lieventävät riskin seurauksia tai jotka pienentävät riskin todennäköisyyttä? (SFS-EN 31010:2013, 12)

## 2.1 Riskien tunnistaminen

Ennen riskien tunnistamista pitää olla tiedossa tapahtuma, minkä ei haluta toteutuvan. Esimerkiksi prosessiteollisuudessa on joku vakava prosessiturvallisuushäiriö, näitä prosessiturvallisuustapahtumien etsimisiä kutsutaan riskien tunnistamiseksi. Tunnistamisessa on tärkeää löytää riskin lähteet, vaikutusalueet, tapahtumat ja niiden seuraukset. SFS ISO-31000 standardin mukaan tunnistamisen tarkoituksena on selvittää tapahtumat, jotka voivat mahdollisesti rajoittaa tai estää asetettujen tavoitteiden saavuttamista. Mitä aikaisemmassa vaiheessa riskit tunnistetaan, sitä paremmin niitä voidaan hyödyntää mahdollisissa riskianalyyseissä. Olennainen osa riskien tunnistamisessa on se, että käytettävissä on uusin saavilla oleva tieto ja tarpeeksi ammattitaitoiset henkilöt, joilla on riittävä tietämys käsiteltävästä aiheesta. (SFS-ISO 31000:2011, 23)

## 2.2 Riskianalyysi

Riskianalyysin olennaisin osa on käsityksen muodostaminen määritellyistä riskeistä. Perustana riskianalyysille on jonkin riskin merkityksen arviointi ja käsitys siitä, tarvitseeko kyseistä riskiä käsitellä ja jos tarvitsee, niin mitkä ovat oikeat riskienkäsitteilystrategiat tai -menetelmät. Kun tarvitaan lisää pohjatietoa päätöksentekoon, käsiteltäessä erityyppisiä ja eritasoisia riskejä, antaa riskianalyysi perusteluita tähän. Riskianalyysiin sisältyy riskinarviointiin kuuluvat elementit. (SFS-ISO 31000:2011, 23)

Tärkeintä riskitason määrittämiselle riskianalyysissä on, että arviointimenetelmät ovat riskityypille oikeat sekä riskikriteerit ovat kyseisen riskin arvioinnin kanssa yhtenevät. Riskitason määrittämisessä sen luotettavuuteen vaikuttavia seikkoja ovat asiantuntijoiden eroavat mielipiteet, epävarmuus, tiedon saatavuus, laatu, määrä ja ajanmukaisuus. Riskianalyysin tarkkuus taas riippuu käsiteltävästä riskeistä, valitun analyysin tarkoituksesta ja analyysiin käytettävästä informaatiosta, resursseista ja tietopohjasta. (SFS-ISO 31000:2011, 24)

### 2.2.1 Kvalitatiivinen ja kvantitatiivinen riskianalyysi

Riskianalyysi voi olla joko kvalitatiivinen eli laadullinen tai kvantitatiivinen eli määrällinen tai näiden molempien yhdistelmä. SFS-EN 31010 standardin mukaan *laadullinen arviointi määrittää seurauksen, todennäköisyyden ja riskin tason merkittävyydestä* *"suuri", "keskikokoinen" ja "pieni" sekä voi yhdistää seurauksen ja todennäköisyyden ja arvioi saatua tasoa laatukriteereihin nähden (SFS-EN 31010 s.24).* Laadullisessa analyysissä käytetyille termeille täytyy olla kuvaukset ja kriteereiden perusteet on oltava tallennettuna. (SFS-EN 31010:2013, 24)

Kvantitatiivinen analyysi perustuu seurauksien ja sen todennäköisyyksien arviointiin johonkin tietopohjaan perustuen. Määrällisen menetelmän heikkoutena voidaan pitää puutteellista tietopohjaa käsiteltävästä riskistä, tietojen puutteesta tai inhimillisen tekijän vaikutuksesta. (SFS-EN 31010:2013, 24)

### 2.3 Riskien merkitysten arviointi

Riskien merkitysten arviointivaiheen tarkoituksena on olla apuna riskienhallinnassa, kun pitää tehdä päätöksiä riskianalyysin pohjalta, miten havaittuja riskejä tulisi käsitellä ja missä tärkeysjärjestyksessä. Riskien käsittelyn päätöksenteossa tulisi ottaa ensisijaisesti huomioon ulkopuolisille aiheutuvat haitat ja pyrkiä niiden eliminoimiseen. Päätöksiä tulisi olla lakien ja viranomaisten tai muiden tahojen vaatimusten mukaisia. Arvioinnin lopputuloksena voi olla myös lisäanalyysin tekeminen jollain muulla riskianalyysimenetelmällä. (SFS-ISO 31000:2011, 24)

### 2.4 Riskien seuranta ja valvonta

Riskien seuranta ja valvonta kuuluvat osaksi suunniteltua riskienhallintaprosessia, mikä toteutetaan säännöllisin aikavälein tai tilannekohtaisesti. Seurantaan sisältyy organisaation omat katselmointiprosessit, joilla voidaan varmistaa:

- hallintakeinot ovat vaikuttavia ja tehokkaita
- riskien arvioinnin parantamiseksi saadaan lisätietoa
- tapahtumista opitaan ja oikean kehityssuunta löydetään
- mahdollisten toimintaympäristössä tapahtuneiden muutosten vaikutukset riskien arviointiin
- uusien riskien tunnistaminen

Riskien seuranta ja valvonta voidaan ottaa myös osaksi organisaation suorituskyvyn mittarointia, kun arvioidaan riskienkäsittelysuunnitelmien toteutumista. (SFS-ISO 31000:2011, 26)

## 2.5 QRA - Quantative Risk Analysis

Vaarallisia aineita käsittelevässä prosessiteollisuudessa on käytössä QRA eli määrällinen riskianalyysi mallintamaan mahdollisia prosessiaineisiin liittyviä vuotoriskejä.

QRA tarvitsee ainakin kaksi eri suuretta, jotta riski voidaan määrittää. Nämä ovat millä todennäköisyydellä riski käy toteen ja mitkä ovat tapahtuman seuraukset. Esimerkkinä todennäköisyydestä prosessiteollisuudesta voidaan käyttää vaarallisen kemikaalin vuotoa, joka tapahtuu 1:10000 vuodessa. Esimerkkinä vaikutuksista voidaan käyttää myrkyllisen tai palavan kemikaalivuotoa. Joka kymmenes tällainen tapahtuma aiheuttaa useita kuolonuhreja. (Smith.D 2011, 155)

QRA:n tietokonemallinnuksen esimerkkitapahtumina voidaan käyttää seuraavia tapahtumia:

1. Säiliön repeäminen
2. Putkistossa oleva vuoto
3. Pumpun mekaanisen tiivisteen vuoto
4. Pumpun pesän vuoto

Lähtödata syötetään tietokoneohjelmistoon, josta saadaan erilaiset riskiskenaariot myrkkypilven muodostumisesta, räjähdysmallinnuksesta tai mahdollisesta pistoliestikistä riippuen prosessiaineesta. (Tweeddale 2003, 190)

## 2.6 HAZOP- Hazard and Operability Study

HAZOP on kehitetty 1970-luvulla kemianteollisuuden tarpeisiin tunnistamaan prosessin vaaroja. Poikkeamatarkastelun tarkoituksena on käydä systemaattisesti laitoksen laitteistot läpi ja selvittää, millaisia vaikutuksia prosessin poikkeamat aiheuttavat normaalille operoinnille suunnitteluarvoihin verrattuna. (Smith.D 2011, 166)

HAZOP suoritetaan tyypillisesti laitoksen suunnitteluvaiheessa, jolloin voidaan havaita projektissa esiin tulleita puutteita ja ne on vielä helppo korjata verrattuna käyvään laitokseen. HAZOP voidaan myös toistaa määritellyn aikavälin puitteissa, jolloin voidaan havaita uusia prosessiturvallisuusriskejä. (Calixto 2016, 567)

Erityisen tehokas HAZOP on silloin, kun tunnistetaan ennalta tuntemattomia vaaroja, joita on jäänyt suunniteltuihin laitteistoihin inhimillisten virheiden takia tai kun vanhan laitoksen prosessiolosuhteisiin tai ajotapoihin on tullut muutoksia. Poikkeamatarkastelun tavoitteena on:

1. tuottaa laitteiston tai prosessin täydellinen kuvaus mukaan lukien suunnitteluperusteet
2. tarkastella systemaattisesti laitteiston ja prosessin kaikki osat, jotta paljastetaan miten poikkeamat suunnitteluperusteista voivat sattua
3. tehdä päätökset siitä, että onko löydettyjen poikkeamien mahdollista aiheuttaa vaaroja tai toimintaan liittyviä ongelmia. (SFS-IEC 60300:2000, 36)

## 2.7 RBI- Risk Based Inspection

RBI on riskienhallinta menetelmä, joka perustuu erilaisten vauriomekanismien aiheuttamiin paineenalaisten laitteiden rikkoutumisiin. RBI on nimensä mukaisesti tehty laitetarkastuksen tarpeisiin. (API 581, s.11) RBI:n avulla toteutettu tarkastusohjelma kiinteille laitteille, kuten painesäiliöille, putkistoille ja lämmönvaihtimille perustuu riskin määrittämiseen kvantitatiivisia laskentamenetelmiä hyväksikäyttäen. RBI on käytössä yleisesti öljy-, kaasu-, ja kemianteollisuudessa. Riskin laskenta perustuu vaurion todennäköisyyteen ja sen seurauksiin. Tarkastustoiminnan parantuminen ei sinänsä vähennä riskiä, mutta tarkemman tarkastussuunnitelman avulla ollaan paremmin tietoisia mahdollisista vaurioista. (API RP 581:2016, 1)

## 2.8 FMEA- Failure Mode and Effects Analysis

FMEA eli suomeksi vika- ja vaikutusanalyysi (VVA) on systemaattinen menetelmä potentiaalisten vikamuotojen tunnistamiseen sekä niiden seurausten ja vaikutusten arviointiin. Analyysistä on erilaisia variaatioita riippuen tehdäänkö, SFMEA, DFMEA tai PFMEA. SFMEA on systeemin vika- ja vaikutusanalyysi, DFMEA on taas suunnittelun tarpeisiin tehty ja PFMEA on prosessille soveltuva analyysi.

VVA:ta on käytetty laajalti prosessiteollisuudessa tukemaan turvallisuutta ja luotettavuutta. Vika- ja vaikutusanalyysi voi auttaa erilaisissa tarpeissa kuten:

- Suunnittelijoita löytämään komponenttien heikot kohdat sekä parantamaan niitä
- Järjestelmäinsinöörejä ja projektipäälliköitä kohdentamaan resurssit haavoittuvimpiin kohteisiin
- Auttaa hankintaa selvittämään, kohtaavatko turvallisuus ja luotettavuus vaatimukset
- Käyttö- ja kunnossapito-organisaation tukena käytettävissä laitteistoissa (Hecht 2003, 38)

Analyysissä käydään läpi laitteen tai järjestelmän osat ja selvitetään vastaukset siihen, mikä on laitteen tai sen komponenttien tehtävä, mitkä ovat toiminnallisia vikoja, mikä aiheuttaa vikaantumisen tai mitkä ovat erilaisten vikojen seuraukset toimintaan. Näiden kysymysten jälkeen pyritään löytämään keinoja vikaantumisen ehkäisemiseksi ja ennakoinniseksi. (Laine 2010, 127)

## 2.9 FMECA- Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis

FMECA:n eli vika-, vaikutus ja kriittisyysanalyysin ero FMEA analyysiin on se, että analyysiin tuodaan mukaan kvantitatiivista laskentaa riskiprioriteettinumeron (RPN) kautta.

$$R=S \times P$$

R on kokonaisriski vikaantumiselle.

S tarkoittaa riskin vakavuutta, mitä tarkasteltavan laitteiston tai järjestelmän vikaantuminen aiheuttaa.

P tarkoittaa tarkasteltavan vikaantumisriskin todennäköisyyttä. (IEC 60821:2006, 41)

Vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysin hyöty normaaliin vika- ja vaikutusanalyysiin nähden voidaan parhaiten todentaa projekteissa, joissa analyysistä tulleita toimenpiteitä voidaan laittaa tärkeysjärjestykseen. Tämän avulla päätöksen teko toteutettaville toimenpiteille on helpompaa. (Calixto 2016, 161)

## 2.10 RCM- Reliability Centered Maintenance

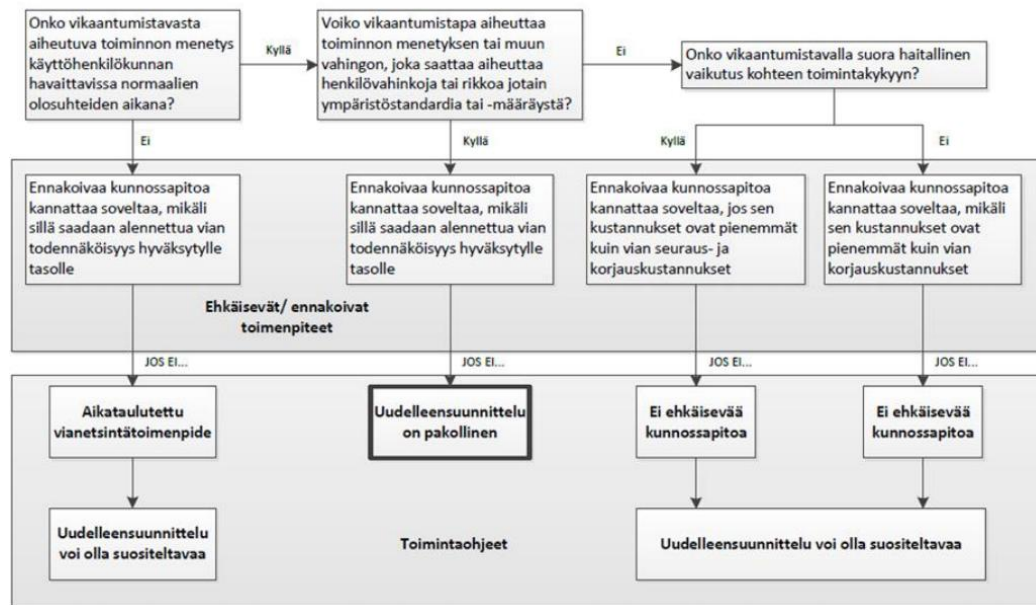
RCM eli luotettavuuskeskeinen kunnossapito on syntynyt 1960-luvulla ilmailuteollisuuden tarpeisiin, kun haluttiin systemaattista luotettavuuden parantamista. RCM perustuu seitsemän-portaiseen ajattelumalliin, jolla pystytään systemaattisesti luomaan laitteistolle ennakkohuoltotoimenpiteet tai strategia, millainen laitteen elinkaari tulee olemaan. RCM-prosessin seitsemän ovat askelta:

1. Käsiteltävän kokonaisuuden valinta ja tiedon kerääminen (Nesteellä laitetietojen kerääminen)
2. Käsiteltävän kokonaisuuden rajaaminen (Nesteellä kriittisyysluokitteluun perustuva)
3. Käsiteltävän kokonaisuuden kuvaus ja toiminnallisen lohkokaaavion tekeminen (Ei tehdä Nesteellä)
4. Käsiteltävien laitteistojen toimintojen ja toiminnallisten vikojen määrittäminen (Nesteellä osa vika- ja vaikutusanalyysiä)
5. Vika- ja vaikutusanalyysi, tunnistetaan vikamuodot, jotka voivat pysäyttää prosessin (Tehdään Nesteellä)
6. LTA (logic tree analysis) päätöspuuanalyysi, jonka perusteella määritetään parantavat toimet vikamuodoille (Ei tehdä Nesteellä)
7. Parantavien toimintojen valinta, ennakkohuoltotoimenpiteet (Nesteellä sisältyy osaksi VVA:ta)  
(Smith.A 2004, 71)

RCM päätöslogiikka ohjaa valitsemaan vain valitun kategorian mukaisista toimenpiteistä parhaiten soveltuvimman:

1. Aikaan perustuvat eli Time Directed TD
2. Kuntoon perustuvat eli Condition Directed CD
3. Vian etsintä eli Failure Finding FF
4. Uudelleen suunnittelu eli Re-Design RD
5. Vian salliminen eli Run To Failure RTF

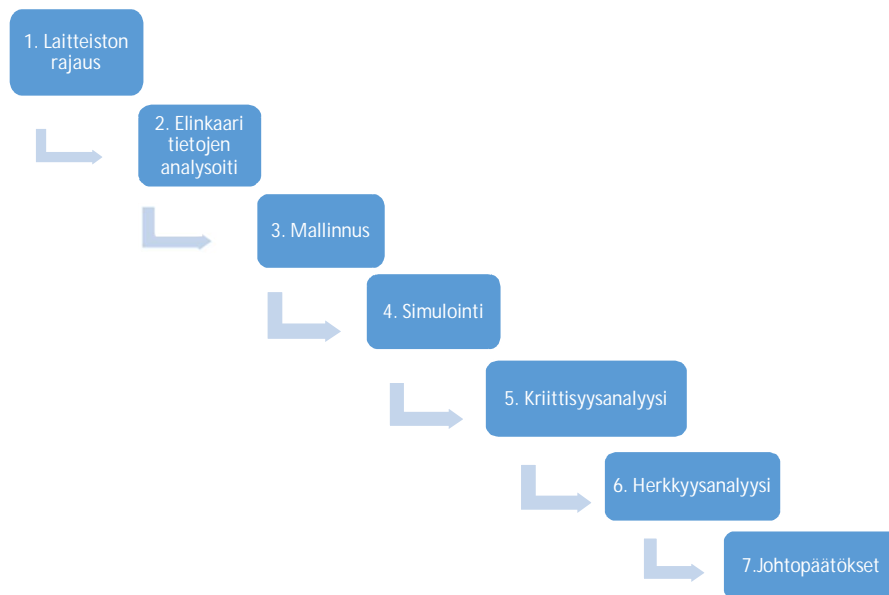
Nesteellä toimenpiteet määritellään kolmeen kategoriaan, jotka ovat määräaikaisten toimenpiteiden, kertaluontoisten toimenpiteiden tai hyväksytään nykyinen taso eli ei tehdä mitään muutoksia. Määräaikaisten toimenpiteisiin sisältyy RCM:n mukaisesti aikaan ja kuntoon perustuvat toimenpiteet, kertaluontoisiin lasketaan uudelleen suunnittelu tai vian etsintä juurisyyanalyysin kautta. Hyväksymällä nykyinen taso voidaan sallia laitteen vikaantuminen. Kuviossa kaksi esitetään malli RCM-menetelmän mukaisesta päätöspuuanalyysistä. Nesteen RCM-prosessiin tämä ei sisälly.



Kuvio 2 RCM-päätöksentekokaavio John Moubray (muokattu 8.9.2017 Järviö, 168)

## 2.11 RAM (Reliability, Availability, Maintainability) käyttövarmuusanalyysi

RAM-analyysi on erittäin kattava käyttövarmuuden ja luotettavuuden analysointimenetelmä, mikä tuo mukaan samoja elementtejä vika- ja vaikutusanalyysistä, RCM-toiminnasta sekä kriittisyysluokittelusta. Tämän analyysin tarkoituksena on tuottaa järjestelmän tai laitteiston tilasta kvantitatiivista tietoa sen käytettävyydestä, luotettavuudesta ja kunnossapidettävyydestä. RAM-analyysi on myös menetelmä laitteiden kriittisyyden analysoimiseen, kun olemassa oleva data on tarpeeksi käyttökelpoista ja luotettavaa. Tällöin saadaan kvantitatiivisella menetelmällä laskettua kriittisimmät järjestelmän osat ilman erillistä kriittisyysluokittelua. (Calixto 2016, 272)



Kuvio 3 RAM analyysin askeleet (Calixto 2016, 274, muutettu 13.9.2017)

RAM-analyysin toteuttamiseen on olemassa valmiita analysointiohjelmistoja. Kuvion kolme mukaisen RAM-analyysin toteutus tapahtuu valitsemalla ensiksi tietty prosessinosa tai laitteisto käsiteltäväksi. Analyysin seuraava vaihe on vikaantumis- ja korjaushistorian läpi käyminen. Mallintaminen ja simulointi tapahtuvat historiatiedon syöttämisellä ohjelmistoon. Laitteistosta tai järjestelmästä tehdään luotettavuuslohkokaavio, johon on mallinnettu haluttu prosessinosa. Tämän pohjalta saadaan selville järjestelmän kriittiset kohdat ja tiedetään, mihin resursseja tulisi kohdentaa. (Calixto 2016, 275 -281)

- Laskennallinen määritelmä luotettavuudelle (R) on MTTF eli Mean Time To Failure, keskimääräinen toiminta-aika.
- Laskennallinen määritelmä kunnossapidettävyydelle (M) on MTTR eli Mean Time To Repair, keskimääräinen korjausaika.
- Käytettävyys (A) lasketaan näiden kahden suureen avulla,

$$A = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR}$$

Käytettävyttä voidaan myös tarkastella usealla eri tavalla, riippuen siitä tarkastellaanko operatiivista, ominaiskäytettävyttä vai saavutettua käytettävyttä. (Calixto 2016, 273)

## 2.12 FRACAS - Failure Reporting, Analysis, and Corrective Action System

FRACAS eli vikojen raportointi- ja analysointimenetelmää käytetään laitteistojen ja järjestelmien vikaantumisien kautta korjaavien toimenpiteiden määrittämiseen.

Tämä menetelmä antaa hyvän pohjatiedon jo aikaisemmin käsitellyille vika- ja vaikutusanalyysille, RCM-menetelmälle sekä RAM-analyysille. FRACAS-menetelmään pohjautuva vikaantumisraportti sisältää historiatietoa vikaantumisista, jotka pohjautuvat komponenttien vikamuotoihin ja syihin. Nykyiset kehittyneet kunnossapito-ohjelmistot tarjoavat mahdollisuuden tämän kaltaisen tiedon keräämiseen.

Tämän menetelmän avulla tulisi saavuttaa ainakin kolme seuraavaa päätavoitetta:

1. Luoda tehokas vikailmoitustietokanta laitteille ja komponenteille, mikä perustuu standardien mukaiseen vikaantumis- ja syykoodeihin
2. Mahdollistaa riittävän tietopohjan juurisyyanalyysien tekemiselle vikaantumisista, tämän on oltava riittävän helppo päivittääseen käyttöön
3. Auttaa käyttöomaisuudesta vastaavia valvomaan laitteiden luotettavuutta

Mitä laadukkaampaa vikojen raportointi ja korjaavien toimenpiteiden määrittäminen on, sitä paremmin niitä voidaan hyödyntää tulevaisuudessa, ettei vastaavia tapahtumia enää tule. (Calixto 2016, 209)

## 3 Kriittisyysluokittelun määritelmä

Laitteiden kriittisyysluokittelu on tapa, jolla arvioidaan laiteiden tärkeyttä määritellylle prosessille. Useimmat standardit kriittisyysluokitteluille on tehty kunnossapitolähtöisesti, jotta on voitu paremmin optimoida kunnossapidon eri toimintoja. Riippumatta standardista, lähtökohtaisesti kriittisyyteen vaikuttavat osatekijät ovat turvallisuuden, ympäristöön, tuotannon menetyksiin ja kustannuksiin liittyviä. Kriittisyysluokittelut analyysinä sisältää sekä kvantitatiivisia, että kvalitatiivisia piirteitä. Kvantitatiiviseen osuuteen sisältyy laskentakaavoja joilla kriittisyysindeksi lasketaan. Kvalitatiivisessa osuudessa eri painoarvokertoimien arvioinnit muodostuvat yleensä puutteellisen datan vuoksi ihmisten arvioinneista ilman mitään laskennallista pohjaa.

Yleisesti ottaen kriittisyysluokittelulla pyritään tunnistamaan laitteet, jotka vikaantuessaan aiheuttavat kaikkein vakavimmat seuraukset yrityksen toiminnoille. Kriittisyysluokittelun tuloksena saadulla indeksillä pystytään priorisoimaan kunnossapidon toimintoja oikeaan suuntaan. Toinen tärkeä kysymys, mihin haetaan vastausta on, kuinka usein laitteet vikaantuvat ja kuinka usein viat aiheuttavat vakavia seurauksia yrityksen toiminnoille. (Smith R ym. 2008, 69)

### 3.1 PSK 6800 standardi

Nesteellä ja Suomessa yleisesti käytettävä kriittisyysluokittelu standardi on PSK 6800 standardi, joka on sovellettavissa jokaiselle prosessille sopivaksi. PSK 6800 standardi sisältää viisi eri osatekijää: turvallisuusriski, ympäristöriski, tuotannon menetys, laatu-  
kustannus ja kunnossapitokustannus. Jokaisella eri osatekijällä on oma painoarvo-  
kertoimensa. Määräävänä tekijä tässä standardissa on valittu vikamuoto ja sille ominainen vikaantumisväli (PSK 6800:2008, 7).

Taulukko 1 Nesteen kriittisyysluokituksen valintakriteerit

	Kert. (M)	Valintakriteeri
Vikaantumisväli (p)	1	Pitkä, yli 10 vuotta
	2	Pitkähkö, 3 - 10 vuotta
	4	Lyhyehkö, 1 - 3 vuotta
	8	Lyhyt, 0 - 1 vuotta
	0	Ei merkittävää turvallisuusrisiä
Turvallisuusriski ( $W_s$ ) = 25..50	2	Vähäinen, esim. lievä loukkaantuminen/sairastuminen (RWI ja MTC)(Esim. syttymä)
	4	Aiheuttaa sairastumisen (LWI). Väliaikainen työkyvyttömyys. Vakava loukkaantuminen, joka saattaa parantua. Altistuminen, joka johtaa oireisiin.
	8	Voi aiheuttaa yhden henkilön kuoleman. Pysyvä työkyvyttömyys. Pysyvä ja vakava vamma. Merkittävä altistuminen myrkyille tai syöpää
	16	Aiheuttaa useita kuolemia tai lukuisia vakavia vammoja saman systemaattisen syyn johdosta. (esim. räjähdys)
	0	Ei merkittävää ympäristöriskiä
Ympäristöriski ( $W_e$ ) = 25..50	2	Ylittää sallitun viranomaisille raportoitavan rajan tai yrityksen HSE-ajan. (Tällä hetkellä 100 kg (LOPC), NOQD-137)
	4	Ylittää sallitun viranomaisille raportoitavan rajan tai yrityksen merkittävän HSE-ajan. (Tällä hetkellä 1000 kg (LOPC), NOQD-137)
	8	Aiheuttaa toistuvia tai jatkuvia sallittujen rajojen ylityksiä tai maaperän, pohjaveden, vesijärjestelmän, kasvillisuuden tai eläimistön saastumista.
	16	Vaikutukset eivät ole pysyviä.
	0	Laajat tuhot maaperän, pohjaveden, vesijärjestelmän, kasvillisuuden tai eläimistön saastumisen johdosta. Vaikutukset ovat pysyviä.
Tuotannon menetys ( $W_p$ ) = 0..100	0	Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai prosessiyksikölle (oletuksena että laitteelle löytyy heti valmis varalaitte)
	1	Pysäyttää osaprosessin tai prosessiyksikön lyhyeksi ajaksi, alle 1 vrk tai aiheuttaa vastaavansuuruisen kapasiteetin laskun (oletuksena että laitteelle löytyy heti valmis alemman kapasiteetin varalaitte)
	2	Pysäyttää osaprosessin tai prosessiyksikön lyhyehköksi ajaksi, 1-5 vrk tai aiheuttaa vastaavansuuruisen kapasiteetin laskun (oletuksena että varalaitte ei ole heti valmis, esim. joudutaan tekemään ohituksia)
	4	Pysäyttää osaprosessin tai prosessiyksikön pitkähköksi ajaksi, 5-14 vrk tai aiheuttaa vastaavansuuruisen kapasiteetin laskun (ei varalaitetta)
	8	Pysäyttää osaprosessin tai prosessiyksikön pitkäksi ajaksi, yli 14 vrk tai aiheuttaa vastaavansuuruisen kapasiteetin laskun (ei varalaitetta)
Laatukustannus ( $W_q$ ) = 50	0	Laitteen toimimattomuus ei aiheuta laatukustannuksia.
	2	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa pieniä laatukustannuksia ja/tai hylkynäjoa prosessiyksikössä 0-12 h
	4	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa merkittäviä laatukustannuksia ja/tai hylkynäjoa prosessiyksikössä yli 12 h
Korjaus- ja seurauskustannus (esim. ylim. energiantulutus) ( $W_r$ ) = 50	0	Ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin
	1	Vähäiset, 0 - 5 000€
	2	Keskimääräiset, 5 000 - 20 000€
	4	Korkeat, 20 000 - 60 000€
Varalaitteen merkitys	0	Vaihtokäytännön piirissä, varalaitteen ei tarvitse olla käyttökunnossa välittömästi
	1	Vaihtokäytännön piirissä, varalaitteen käynnistykseen sallitaan valmistelu-aika (alle 1 vrk)
	2	Dokumentoidun vaihtokäytännön ja ennakkohuollon piirissä, varalaitte on heti käynnistettävissä kaikissa tapauksissa, vikaantunut laite on saatettava toimintakuntoon välittömästi
		RWI (Restricted Work Injury) = Voi työskennellä rajoittuneesti / tehdäkönvaavaa työtä
		MTC (Medicat Treatment Case) = Vaatii hoitoa
		LWI (Lost Work Injury) = aiheuttaa poissaolon työstä
		LOPC (Loss Of Primary Containment) = prosessin sisäiset ja ulkoiset vuodot

Taulukosta yksi nähdään Nesteen tarpeisiin tehty valintakriteeristö painoarvokertoimiseen. Laitteen kriittisyysindeksin (K) laskentakaava on

$$K = p \times (W_s \times M_s + W_e \times M_e + W_p \times M_p + W_q \times M_q + W_r \times M_r)$$

Riippuen millaista prosessiyksikköä ollaan käsittelemässä ja mitä riskejä siellä on, voidaan painoarvokertoimia muuttaa kuhunkin kohteeseen parhaiten sopivaksi. Tämä tekee tästä standardista monipuolisen ja moniin eri käyttökohteisiin soveltuvan.

Standardin heikkoutena voidaan pitää vain yhteen vikamuotoon liittyvän vikaantumisvälin laskentaa ja tätä kautta eri painoarvokertoimien muodostumista. Erilaisten vikamuotojen aiheuttamat riskit liittyen turvallisuuteen tai tuotannonmenetyksiin vaihtelevat vikamuotojen välillä. Esimerkkeinä voidaan pitää öljyteollisuudessa pyörivien laitteiden, kuten pumppujen osalta, vikamuodon valintaa, jos käsiteltävälle laitteelle on vikahistoriassa esiintynyt yhtä monta kertaa laakerivaurio tai mekaanisen tiivisteen vaurio. Mekaanisen tiivisteen vaurio aiheuttaa yleensä prosessiaineen pääsyn ilmakehään ja riippuen aineesta, turvallisuus- ja ympäristöriskit voivat olla tällöin huomattavasti suuremmat, kuin jos kyseessä olisi laakerivaurio. Toisena puutteena voidaan pitää riippumatta standardista puutteellista pohjadataa, jolloin riskinarviointi perustuu ihmisten mielipiteisiin.

Kriittisyysluokittelun lopputuloksena saadaan kullekin luokitellulle laitteelle tietty kriittisyysindeksi, jonka numeerinen arvo määrittää kuinka kriittinen laite on.

PSK6800 standardi ei ota kantaa siihen, millainen kriittisyysindeksi on kriittisen laitteen määritelmä vaan se on jokaisen prosessilaitoksen itse määriteltävissä. Nesteellä laitteet on jaettu kolmeen kriittisyysluokkaan: normaali, tärkeä ja kriittinen. Normaalitason laitteella kriittisyysindeksi on 0-249, tärkeän laitteen indeksi on 250-699 ja kriittiset laitteet ovat yli 700 indeksillä. Kriittisyysluokkien määrää ei ole tässä standardissa määritelty ja niitä voi olla useampikin. (Neste Oy kriittisyysluokittelupohja)

Opinnäytetyö keskittyy PSK 6800 standardin mukaisen kriittisyysluokittelumenetelmän kehittämiseen, koska se on ollut jo osalla laitteista käytössä Nesteellä. Seuraavissa kappaleissa esitellään kuitenkin myös muita kriittisyysanalyysimenetelmiä, jotta voidaan löytää niistä kehityskohteita tai yhteneväisyyksiä.

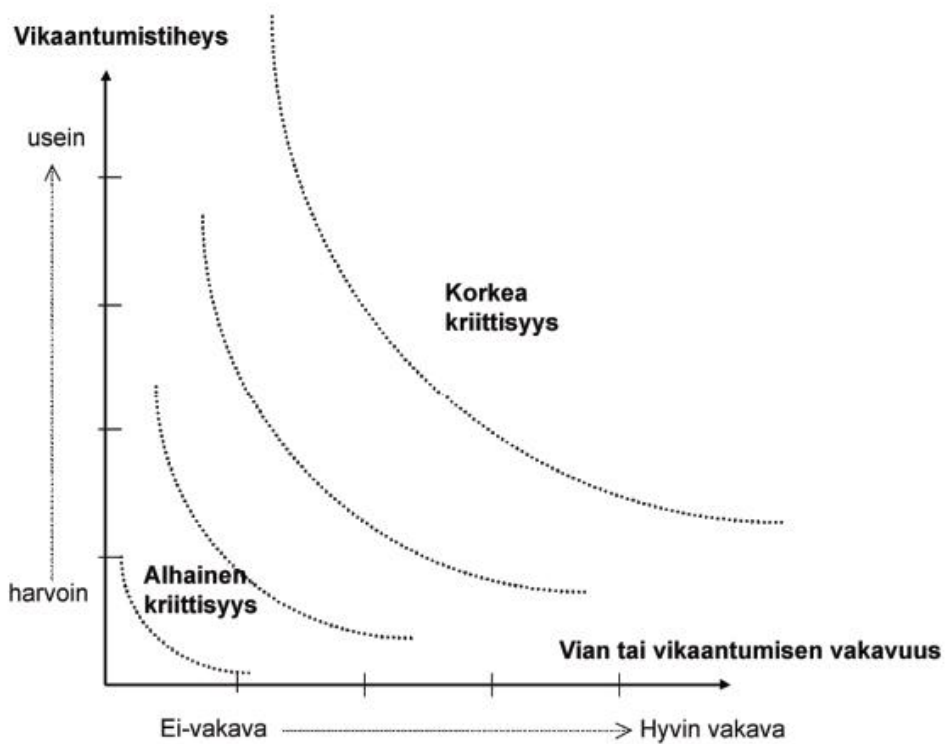
### 3.2 Matriisipohjainen kriittisyysanalyysi

Monet laitekriittisyydet pohjautuvat riskimatriisiin, jossa vikaantumistiheys ja vian vakavuus ovat kriittisyyden määrääviä tekijöitä. Myös Nesteellä on riskinarviointia varten olemassa erillinen riskimatriisi, jota voitaisiin myös halutessaan käyttää laitekriittisyyden arviointiin. NOQD-429 Nesteen sisäisen ohjeen mukaan todennäköisyydelle on asetettu kriteerit kuinka usein tarkasteltavan skenaarion mukaisia tapahtumia on sattunut joko Nesteellä tai teollisuudessa yleisesti ottaen. Vakavuutta arvioidessa kategorioille on oma taulukkonsa, jossa arvioidaan prosessiturvallisuutta henkilöturvallisuuden näkökulmasta, ympäristövaikutuksia, kemikaaliturvallisuutta, rahallista vaikutusta sekä vuotoskenaariota LOC (Loss Of Containment). Tälle on oma taulukkonsa riippuen aineesta ja vuodon suuruudesta. (NOQD-429, s3-4).

			VAKAVUUS				
			<u>Erittäin vähäinen</u>	<u>Vähäinen</u>	<u>Vakava</u>	<u>Erittäin vakava</u>	<u>Katastrofaalinen</u>
			Kategoria 1	Kategoria 2	Kategoria 3	Kategoria 4	Kategoria 5
TODENNÄKÖISYYS	<u>Usein</u>	On tapahtunut tai odotetaan tapahtuvan Nesteellä,  1/1 a					
	<u>Satunnainen</u>	On tapahtunut tai odotetaan tapahtuvan Nesteellä,  1/10 a					
	<u>Harvoin</u>	On tapahtunut kerran Nesteellä,  1/100 a					
	<u>Epätodennäköinen</u>	On tapahtunut useasti teollisuudessa,  1/1 000 a					
	<u>Erittäin epätodennäköinen</u>	On tapahtunut muuttaman kerran teollisuudessa,  1/10 000 a					
	0 HYVIN ALHAINEN RISKI - lisätoimenpiteet ovat tehottomia						
	1 ALHAINEN RISKI - lisätoimenpiteitä ei tarvita						
	2 KOHONNUT RISKI - Vaaran/seurausten vähentämiseksi tarvitaan valvontatoimenpiteitä						
	3 KORKEA RISKI - Riskin/seurausten vähentämiseen tarvitaan valvontamenetelmiä sekä tilapäisiä tarkastuksia						
	4 HYVIN KORKEA RISKI - Välittömiä valvontatoimenpiteitä tarvitaan						
	5 KRIITTINEN RISKI- Toiminta lopetettava välittömästi						

Kuvio 4 NOQD-429 mukainen riskimatriisi (Neste, muutettu 14.8.2017)

Kuviossa neljä kuvattu riskimatriisimalli on seuraus-todennäköisyyismatriisi, jonka avulla voidaan yhdistää seurauksen ja todennäköisyyden laadullinen tai puolimäärällinen luokitus riskistason tai riskiluokituksen tuottamiseksi. Riskin luokituksessa arvion tekijä valitsee ensin seurauksen kuvauksen, joka on tilanteeseen parhaiten soveltuva. Yleisesti ottaen pienemmät tapahtumat ovat yleisempiä kuin katastrofaaliset. Kriittisyyttä tai riskiä määriteltäessä on hyvä sopia, minkä taseisia riskejä tarkastellaan, jotta tulokset ovat vertailukelpoisia. Todennäköisyyttä arvioitaessa tulee arvioida samaa riskiä, kuin seurauksia arvioitaessa eikä kokonaistapahtumaa. Tällä tavoin toteutettu riskin arviointi on suhteellisen nopea ja helppo toteuttaa. Menetelmä on kuitenkin subjektiivinen ja vaihtelua tuloksiin syntyy, jos arvion tekijöiden mielipiteet vaihtelevat. Kuviosta viisi voidaan havainnollistaa riskin yleisyyttä verrattuna sen vakavuuteen suhteessa kriittisyyteen. (SFS-EN 31010:2013, 148 -154)



Kuvio 5 SFS-EN 13306 Mukainen kriittisyyismatriisi

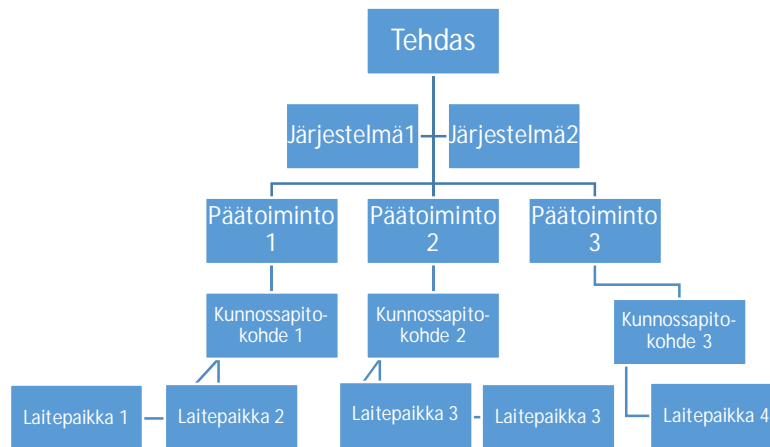
### 3.3 NORSOK Z-008 kriittisyysluokittelu standardi

NORSOK Z-008 standardi on kehitetty Norjan öljyteollisuuden laitteiden kriittisyysluokittelua varten. Kriittisyys perustuu kolmeen eri riskikategoriaan, jotka ovat HSE (terveys, turvallisuus ja ympäristö), tuotanto (perustuen menetettyyn aikaan) sekä kustannukset (perustuen tuotannon mentyksiin) Taulukosta kaksi löytyvät luokittelukriteerit. (NORSOK Z-008:2001, 2)

Taulukko 2 NORSOK Z-008 kriittisyysluokittelu (NORSOK Z-008:2001, 10, muutettu 15.8.2017)

Luokka	Terveys, turvallisuus ja ympäristö (HSE)	Tuotanto	Kustannukset (tuotannon menetykset)
Korkea	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mahdollisuudet vakaviin henkilövahinkoihin</li> <li>• Voi aiheuttaa turvajärjestelmän käyttökelvottomaksi</li> <li>• Mahdollinen tulipalo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pysäyttää tuotannon / merkittävä kapasiteetin lasku yli X tuntia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Merkittävät kustannukset ylittävät Y NOK</li> </ul>
Keskitaso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mahdollisuudet loukkaantumiseen, jotka vaativat lääkinnläistä hoitoa</li> <li>• Rajoittaa turvajärjestelmää hiilivetyjen operoinnissa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lyhyt tuotannon pysäytys / kapasiteetin lasku alle X tuntia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keskitason kustannukset välillä Z-Y NOK</li> </ul>
Matala	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ei mahdollisia loukkaantumisia tai tulipaloja tai vaikutusta turvajärjestelmiin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ei vaikutusta tuotantoon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vähäiset tuotannon menetykset alle Z NOK</li> </ul>

NORSOK Z-008 standardi on erityisesti kunnossapidon tarpeita varten. Sen avulla voidaan optimoida kunnossapidon toimintoja riskianalyysiin ja kustannustehokkuuteen pohjatuavalla tavalla. Standardissa laitteet on jaettu viisitaseiseen laitehierarkiaan kuvion kuusi mukaisesti: alkaen tehdas tasolta, sen jälkeen tulevat järjestelmä, päätöiminto, kunnossapitokohde ja laitepaikka. (NORSOK-Z008:2001, 7)



Kuvio 6 NORZOK Z-008 standardin mukainen hierarkia kriittisyysanalyysistä (NORZOK Z-008:2001, 16, muutettu 14.8.2017)

Perusperiaatteena Z-008 luokittelulle on, että järjestelmätason vikojen seuraukset ovat riippumattomia pää- ja apulaitteiden ongelmista, jokainen laite on yksilö. Myös laitteen operointiolosuhteet vaikuttavat vikaantumisen todennäköisyyteen. Päätoiminnon vikaantumisen seuraukset arvioidaan tehtaan ja järjestelmän tasolla. Päätoiminnosta saatujen riskien pohjalta arvioidaan kaikki sen alle tulevat positiot. Tällä tavoin saatujen tulosten pohjalta luodaan oikeat kunnossapitostrategiat ja huoltotoimenpiteet. Z-008 standardi antaa myös hyvät valmiudet RCM-analyysin tekemiseen käsitellylle laitekannalle, kun analyysissä luodaan lohkokaavio laitteistosta. (NORSOK-Z008:2001, 7)

### 3.4 Viranomaisvaatimukset laitteiden kriittisyysluokituksille

Suomen valvova viranomainen Tukes on määritellyt laitteille erityisen turvallisuuskriittisyys määritelmän. Laite on turvallisuuskriittinen silloin, kun se on turvallisuuden kannalta niin tärkeä, että sen toimivuus on varmistettava kaikissa tilanteissa. Turvallisuuskriittiset laitteet ehkäisevät onnettomuuksia tai estävät onnettomuuden seurausten leviämistä. Turvallisuuskriittiset laitteet tulee olla tunnistettuna silloin, kun pohditaan laitoksen onnettomuusskenaarioita (TUKES 2016).

Kriittisyysluokittelu on hyvin usein ollut kunnossapitoon pohjautuvaa ja laitteet on luokiteltu luotettavuuden kannalta kriittisiin laitteisiin. Uudempana asiana prosessi-

teollisuudessa on tullut esiin turvallisuuskriittiset laitteet. Turvallisuuskriittisiksi laitteiksi voidaan todeta jo ilman erillistä luokittelua esimerkiksi varoventtiilit, soihtujärjestelmät, turva-automaatio sekä palovesijärjestelmät. (Wiley 2017, 86)

### 3.5 Riskin ja kriittisyyden ero

Puhuttaessa kriittisyydestä tai kriittisyysluokittelusta on todellisuudessa tehty riskin arviointia, mutta menetelmä on nimeltään kriittisyysanalyysi riskianalyysin sijaan. Karkeasti ottaen voidaan kriittisyydelle ja riskille tehdä jonkinlainen eroavaisuus, kun käsitellään fyysistä käyttöomaisuutta kuten esimerkiksi prosessilaitteistoja. Kriittisyys muodostuu laitteen tärkeydestä prosessille, jos laite vikaantuu ja se aiheuttaa menetyksiä tuotantolaitokselle. Tällöin se on kriittinen osa prosessia. Kriittisyyden määrittämiseksi taas tarvitaan erilaisia riskin arviointimenetelmiä eli voidaan puhua kokonaisriskeistä. ISO 55000 standardin mukaan kriittinen omaisuus voidaan määritellä siten, että esimerkiksi tarkasteltava laite on kriittinen turvallisuuden, ympäristön tai suorituskyvyn suhteen. Kriittiseen omaisuuteen voi liittyä myös lakien tai viranomaisien kautta tulevia vaatimuksia. (SFS-ISO 55000:2014, 34)

Riski on aina jonkin ei-halutun tapahtuman aiheuttaman seurauksen ja todennäköisyyden yhteisvaikutus. Riskin määrittämiseksi pitää pystyä jollakin menetelmällä arvioimaan tapahtuman todennäköisyys ja sen seuraukset. Tämä pitäisi pystyä tekemään mahdollisimman subjektiivisesti ja luotettavasti. (SFS-ISO 31000:2011, 8)

## 4 Kyselytutkimus kriittisyysanalyysistä

Opinnäytetyön tietopohjaksi toteutettiin Webropol-kyselyn, jonka lähetettiin sähköpostilla 38 prosessiteollisuuden ja käyttövarmuuden parissa työskentelevälle henkilölle. Kysely lähetettiin Nesteen henkilöiden lisäksi myös muissa prosessiteollisuusyrityksissä työskenteleville sekä käyttövarmuuden palveluita tarjoaville henkilöille. Kyselyn kautta oli tarkoitus saada selville kriittisyysluokittelun nykytila prosessiteollisuudessa sekä miten sitä hyödynnetään erilaisissa toiminnoissa. Kyselyyn tuli 19 vastausta, joista 12 oli Nesteen työntekijöitä, neljä muun prosessiteollisuuden edustajaa ja kolme käyttövarmuuden palveluita tuottavaa henkilöä. Haastattelun kysymykset löytyvät alapuolelta ja vastaukset liitteessä 1.

1. Työkokemuksesi kesto prosessiteollisuudessa?
2. Työkokemuksesi laitteiden kriittisyysluokittelusta?
3. Työnantaja?
4. Mikä on mielestäsi laitteiden kriittisyysluokittelun tarkoitus?
5. Miten näet PSK6800 mukaisen kriittisyysluokittelun kuvaavan prosessilaitteiden tärkeyttä tällä hetkellä?
6. Mitä haasteita on luotettavassa luokittelussa?
7. Miten kriittisyysluokittelun tuloksia hyödynnetään tällä hetkellä eri toiminnoissa (kunnossapito, tuotanto, hankinta, varasto)?
8. Miten kriittisyysluokittelun tulokset tulisi näkyä eri toiminnoissa (kunnossapito, tuotanto, hankinta, varasto)?
9. Millä tavalla laitteiden kriittisyysluokitus on vaikuttanut prosessilaitoksen käytettävyyteen ja luotettavuuteen?
10. Kuinka usein mielestäsi kriittisyysluokitusta tulisi tarkastella uudestaan?
11. Millaisia toimenpiteitä olet havainnut kriittisyyden pienentämiseksi?
12. Millaisia kokemuksia sinulla on muista kriittisyyttä määrittelevistä menetelmistä? (esim. RAM-analyysi)

#### 4.1 Kyselyn tulokset

Kyselyn aluksi haluttiin selvittää henkilöiden mielipide kriittisyysluokituksen tarkoituksesta. Suurin osa vastaajista oli samaa mieltä siitä, että luokittelun tarkoituksena on saada prosessilaitteet niiden tärkeyden kannalta oikeaan järjestykseen ja sitä kautta oikeiden toimenpiteiden kohdentaminen tärkeimmille laitteille.

Kysely jatkui PSK6800 mukaisen luokittelun soveltuvuudella laitteiden kriittisyysluokitteluun. Vastaajien mielestä PSK6800 kuvaa laitteiden kriittisyyttä yleisesti ottaen hyvin, mutta pientä hienosäätöä menetelmään kaivataan. Tämä käy myös ilmi muiden prosessiteollisuuden ja käyttövarmuuden asiantuntijoiden mielipiteistä, että luokittelumenetelmää on räätälöity omaan tarpeeseen sopivammaksi. Yksi erittäin hyvä kommentti PSK6800 kuvaavuudesta tuli yhdeltä käyttövarmuuden asiantuntijalta: *Kriittisyysluokittelu PSK6800 mukaisella menetelmällä tuottaa mielestäni osoituuden laitteiden kriittisyydestä. Tämä siitä johtuen, koska luokittelussa laitteiden vi-  
kaantumiset sekä niihin liittyvät seuraukset käydään läpi yhden skenaarion avulla, jonka pohjalta kriittisyysluku muodostetaan. Mielestäni tässä yhteydessä tulisi huomioida jollain tapaa jo "ominaisuuksiksi" muodostuneet usein toistuvat häiriöt sekä laitteiden yhteisvikojen seuraukset kokonaisvaltaisemman kuvan muodostamiseksi yksittäisten laitteiden kriittisyydestä prosessille.* Tähän ongelmaan on törmätty myös Nesteellä luokitteluista tehtäessä.

Kyselyssä esitettiin kysymys, mitä haasteita on luotettavassa luokittelussa. Tähän tuli hyvin paljon erilaisia vastauksia. Tämä korostaa juurikin sitä, että kriittisyysluokittelu on vaativaa ja hyvin paljon henkilösidonnaista, kun luokittelu tehdään työryhmässä fasilitaattorin vetämänä. Tärkeimpänä koettiin yhtenäisen linjan pitäminen eri prosessiyksiköiden luokitteluissa sekä riittävän asiantuntevan työryhmän koolle saamista.

#### 4.1.1 Miten luokittelua hyödynnetään ja miten sitä tulisi hyödyntää

Kyselyn seuraavassa osiossa selvitettiin, mitä kriittisyysluokittelun jälkeen on tapahtunut eri toiminnoissa: kunnossapito, tuotanto, hankinta ja varasto. Valitettavan yleinen vastaus oli, että ei näy millään tavalla tai hyvin vähän joillakin toiminnoilla. Kriittisyysluokituksesta enemmän kokemusta omaavat pystyivät kertomaan paremmin, miten luokittelun tuloksia on hyödynnetty. Kuten tekemällä vika- ja vaikutusanalyysijä sekä ODR-toiminnan luominen tuotantolinjoille, olivat yleisimmät havainnot. Vastaajilla oli kuitenkin paljon ideoita, miten luokittelua voidaan hyödyntää eri toiminnoissa, joten tämä tukee hyvin tutkimuksen tavoitetta. Luokituksen tuloksien toivottiin erityisesti lisäävän kriittisimpien laitteiden kunnossapidon priorisointia, niin ennakkohuoltojen kuin varaosienkin kannalta.

#### 4.1.2 Kriittisyysluokittelun vaikutus prosessilaitoksen käytettävyyteen ja luotettavuuteen

Kyselyssä haluttiin selvittää myös mielipidetasolla, millä tavalla on koettu kriittisyysluokittelun vaikutus prosessilaitoksen käytettävyyteen ja luotettavuuteen. Vastaukset vaihtelivat laidasta laitaan. Osa vastaajista koki, ettei kriittisyysluokituksella ollut minkäänlaista vaikutusta käytettävyyteen tai luotettavuuteen. Enemmän kokemusta aiheesta omaavilla oli RCM-ajatusmaailmaan suuntauvia havaintoja, eli itse luokitus ei mitään muuta, vaan toimenpiteet sen jälkeen. Yleiskäsityksenä tuli esille, että luotettavuuden ja käytettävyyden suhteen Nesteellä ollaan tämän asian suhteen vielä polun alkupäässä ja työtä vielä tarvitaan.

#### 4.1.3 Toimenpiteet kriittisyyden alentamiseksi

Seuraavaksi haluttiin selvittää myös, onko havaittu jotain toimenpiteitä laitteiden kriittisyyden alentamiseksi. Pääosin laitteiden kriittisyyden pieneminen on tapahtunut, kun kunnossapitoa on kohdennettu paremmin ja sitä kautta vikaantumisväli on pidentynyt. Myös laitteiden tai komponenttien uusinoilla on ollut vaikutusta kriittisyyden alenemiseen. Vastauksista nousee esille vahvasti ennakkohuollon kehittymisen ja varaosapolitiikka. Joskin tässä kysymyksessä oli vain 15 vastausta 19:sta, jolloin esille tulee myös tietämättömyys siitä, onko kriittisyyttä saatu alennettua.

#### 4.1.4 Kriittisyysluokittelun ylläpitäminen

Lisäksi selvitettiin, onko luokittelu kerralla valmis vai tarvitseeko se uudelleen tarkastelua. Kaikki vastaajat olivat sitä mieltä, että luokittelu tulee ylläpitää jatkuvana prosessina määräaikaan perustuen tai kun prosessiin tai laitteisiin tulee muutoksia. Yhden vastaajan mielestä prosessin pitäisi olla jatkuva ja sitä voitaisiin päivittää vaikka kerran vuodessa: *Mielestäni kriittisyysluokittelun pitäisi olla siinä määrin dynaaminen prosessi, joka päivittyisi useampia kertoja vuodessa. Sillä alkuperäisiä arviota olisi hyvä verrata toteutuneisiin mm. vikaantumiskertojen sekä korjaus- ja seurauskustanusten osalta. Näiden pohjalta laitteiden kriittisyyslukua päivitettäisiin tarpeen vaatiessa.* Määräaikaan perustuvaan tarkasteluun sopivaksi tarkasteluväliksi arvioitiin keskimäärin 3-5 vuotta.

#### 4.1.5 Kokemukset muista kriittisyyttä arvioivista menetelmistä

Suurimmalla osalla vastaajista ei ollut kokemuksia muista kriittisyyttä arvioivista menetelmistä. Heillä joilla oli kokemusta RAM-analyysistä, pitivät sitä pelkkää kriittisyysluokittelua monipuolisempana. Tätä myös haluttiin testattavan Nestein jalostamolla tulevaisuudessa. Myös RBI koettiin kriittisyyttä arvioivaksi menetelmäksi, tosin sen nähtiin vain soveltuvan painelaitteille ja putkistolle.

## 5 Kriittisyysluokittelutulosten hyödyntäminen

Kriittisyysluokittelut aloitettiin Nesteellä vuonna 2011 osana käytettävyyden parantamisprojektia. Kriittisyysluokitteluiden fasilitoinnista vastasivat ulkopuoliset käyttövarmuusasiantuntijat. Tällä hetkellä Nesteellä on omat käyttövarmuusasiantuntijat, jotka vastaavat kriittisyysluokitteluprosessista kiinteiden ja pyörivien laitteiden osalta. Öljyteollisuudessa perinteinen mekaaninen kunnossapito on jaettu kahteen eri ammattialaan kiinteiden ja pyörivien laitteiden osalta. Kiinteiksi laitteiksi käsitellään kaikki painelaitteet esimerkiksi säiliöt, lämmönvaihtimet, uunit, reaktorit ja kolonnit. Pyörivät laitteet ovat taas niitä laitteita, joilla on jonkinlainen käyttövoima kuten pumppuja, kompressoreita ja puhaltimia. Jalostamon iso laitemäärä ja riittävien resurssien saaminen luokitteluistuntoihin on vaikuttanut luokittelun pitkään kesto. Kriittisyysluokitteluiden tarkoituksena on ollut parantaa laitteiden luotettavuutta ja käyttövarmuutta. Paras esimerkki kriittisyysluokittelun hyödyntämisessä ennen opinnäytetyön aiheen aloittamista on ollut operaattoreiden ennakkohuoltokierrosten (ODR) jalkauttaminen luokitelluille tuotantoyksiköille.

### 5.1 Kriittisyysluokittelun prosessikuvaus ja ongelmat

Vuoden 2017 tilanne kriittisyysluokitteluiden osalta on, että Porvoon jalostamon osalta kaikki tuotantolinjat 1-4 on kriittisyysluokiteltu. Näiden lisäksi myös käyttöhyödykkeet, logistiikan (terminaalit ja satamat), valmistuksen sekä säiliöalueen kustannuspaikoilla olevat laitteet on saatu kriittisyysluokiteltua.

Resurssien ja ajan puutteen vuoksi kriittisyysluokittelu on jaettu kahteen päävaiheeseen. Ensimmäinen vaihe on esivalmistelu, joka on käyttövarmuusinsinöörin itsenäistä työskentelyä. Esivalmisteluvaiheessa täytetään valmiiksi kriittisyysluokittelu pohjaan valitut laitteet ja valitaan ehdotettava luokittelussa käytettävä vikamuoto M+ toiminnanohjausjärjestelmästä. Apuna voidaan käyttää myös tarkastusmuistioita, koska M+ järjestelmän vikahistoriatiedot ovat vaihtelevia ja ohjelmalla on heikot analysointiominaisuudet. Vikahistoriaa haettaessa ei saada pelkkää päätyötä näkyviin, vaan jokaiselle vaiheelle avautuu oma työtilaus, oli kyseessä sitten esimerkiksi pelkkä eristystyö. Vaiheistuksen puuttuminen johtuu taas siitä, että Nesteellä on haluttu tili-

öidä kunnossapitokustannuksia ammattialoittain. M+ ohjelma ei taas tue kustannusten tiliointiä vaiheiden kautta eri ammattialoille. M+ ohjelmassa on myös viisi kenttää, mistä vikahistoria tietoa löytyy:

- Vian kuvaus
- Työn kuvaus
- Syykuvaus
- Tehty työ
- Työn erittely

Tämä aiheuttaa hankaluutta sekä vikahistorian kirjoittajille, että vikahistorian analysoijille. FRACAS-menetelmän mukaiset syykoodit ovat olemassa, mutta niitä ei ole täytetty systemaattisesti, joten tätä menetelmää ei tällä hetkellä voida luotettavasti käyttää vikahistoriatiedon analysoimiseen tai kriittisyysluokituksen hyödyksi. Taulukossa kolme on esimerkkinä M+ järjestelmän vikahistoria.

Taulukko 3 M+ järjestelmän vikahistoria

Laite	TT	Kirj.pvm	Kuvaus	Vian kuvaus
GB-2401	194418	29.11.2012 13:22:06	GB-2401 Roottorin kunnostus. IE 6826 1kpl	Korjaustyötilaus - IE 6826
GB-2401	194419	29.11.2012 13:23:54	GB-2401 Blade carrier kunnostus	Korjaustyötilaus - IE 6827
GB-2401	197885	4.1.2013 2:18:17	Öljyvuoto höyryventtiilistä	GB-2401 väliliuosoton venttiili vuotaa öljyä
GB-2401	204898	28.2.2013 7:47:57	FCC; GB-2401 eristysten parantaminen	eristetään linjoja ja tehdään kotelo suod
GB-2401	218965	11.7.2013 8:30:47	EA-2410 Betonijalka lohkeillut	rapistunut/murentunut
GB-2401	233053	27.11.2013 8:34:06	Öljysäiliön vesitys hana	Lämmitys pihhat kiinni ennen pakkasia.Si
GB-2401	233120	27.11.2013 14:06:08	GB-2401 voiteluöljysäiliön vesityshanan eristys	Lämmitys pihhat kiinni ennen pakkasia.Si
GB-2401	239273	14.1.2014 13:20:22	GB-2401 Instrumenttien huolto	
GB-2401	242274	3.2.2014 11:08:24	FCC kompr.halli/Höyrysaatto vuotaa	Ulospuhalluslinjan ohituksen saatto vuot
GB-2401	242587	5.2.2014 7:53:00	FCC: GB-2401:Ulospuhalluslinjan ohituksen höyrysaatto vuotaa	Ulospuhalluslinjan ohituksen saatto vuot
GB-2401	242588	5.2.2014 7:53:11	FCC: GB-2401:Ulospuhalluslinjan ohituksen höyrysaatto vuotaa	Ulospuhalluslinjan ohituksen saatto vuot
GB-2401	244886	23.2.2014 17:09:01	HÖYRYVUOTO, vanha	Sama kuin 253474, lisätty massaa vk16/
GB-2401	253310	9.4.2014 18:27:37	GB-2401 LAAKERIEN TARKASTUS	
GB-2401	253960	14.4.2014 15:36:30	GB-2401 ERISTETYÖT TA2015	LLAAKERIEN TARKASTUS
GB-2401	255162	23.4.2014 21:28:42	GB-2401 V.Ö. VAIHTO JA LAITTEISTON PUHDISTUS	
GB-2401	256094	28.4.2014 14:15:33	lakupannan poisto ja putkiston korjaus, panta	Vanha TT 179623 ja 162229 Ei saada kyl
GB-2401	267518	11.8.2014 10:45:45	FCC, GB-2401 voiteluöljykirtoputkessa vuoto, panta	Lakupanta vuotokohtaan.
GB-2401	271043	13.9.2014 13:40:27	Laippavuoto painepuolella	Kompressorin painepuolen ensimmäisellä
GB-2401	288248	17.1.2015 8:18:50	GB-2401 TA2015 Telinetyöt TA2015	LAAKERIEN TARKASTUS
GB-2401	296681	27.3.2015 11:16:11	FCC, GB-2401 voiteluöljykirtoputkessa vuoto, panta	Lakupanta vuotokohtaan.
GB-2401	299571	24.4.2015 13:36:42	putkinipat Wilden-kalvopumpuille 4kpl	
GB-2401	301705	12.5.2015 7:34:01	Vapaanpään voiteluöljyputken korjaus	
GB-2401	305951	19.6.2015 4:11:12	GB-2401 vapaapää tiikkuu hieman öljyä	Vapaa päästä valuttelee hieman öölää, s
GB-2401	306967	29.6.2015 8:11:25	Värinämittausten mitta-aluemuutokset	Koneen kytkinpuolen laakerien värinät ta
GB-2401	308270	13.7.2015 13:50:03	GB-2401 värähtelydiagnoosi / GE katso liite.	Kompressorin kytkinpään värinät erittäin
GB-2401	320131	24.11.2015 17:47:06	Höyrytukista puuttuu venttiilin molemmat poksiruuvit	GB-2401:n alla maantasolla olevan höyry
GB-2401	329841	15.2.2016 9:22:25	GB-2401 akselinjan tarkastus	akselinjan- ja laakerien tarkastus.
GB-2401	330004	16.2.2016 10:24:01	GB-2401 Instrumenttityöt huollon yhteydessä	Irrotetaan huoltojen tiellä olevat anturit
GB-2401	330196	17.2.2016 12:50:22	GB ja GBT-2401 laakerien instrumenttien irrotus ja asennus.	akselinjan- ja laakerien tarkastus.
GB-2401	330685	22.2.2016 10:30:24	Lukituspelien valmistus	akselinjan- ja laakerien tarkastus.
GB-2401	330730	22.2.2016 13:51:07	Koneistustyö	akselinjan- ja laakerien tarkastus.

Laiterekisterin paikkaansa pitävyys ongelmat näkyvät myös vikahistoriatietojen kertymisessäkin. Nesteellä laitteiden nimeämiskäytännössä pumpput on nimetty GA merkinnällä ja perässä on numerosarja. Laitteen uusinnan yhteydessä lisätään GA-XXXX

perään /II merkintä osoittamaan, monesko laite kyseisellä toimintopaikalla on. Taulukossa neljä olevassa esimerkissä on kolme versiota samalla toimintopaikalla olevasta pumpusta ja uusin näistä on vain käytössä, mutta kaikille kertyy vikahistoriaa.

Taulukko 4 M+ laiterekisterin puutteet

Laite	Laitteen kuvaus	Nimi
GA-7352/III	2-SOIHDUN LAATTAVESIPUMPPU	ABS
GA-7352/II	PINTAVALUKAIVOPUMPPU	MAMEC
GA-7352A	2-SOIHDUN KAIVON TYHENNYSPUMPPU	SARLIN

Öljyteollisuudessa yleisin vikamuoto kiinteille ja pyöriville laitteille on prosessiaineen vuotaminen ulkoilmaan. Nesteellä on tehty vuonna 2015 QRA (quantative risk assesment) määrällinen riskianalyysi, josta löytyy vuotoskenaariot vaarallisimmille prosessivirroille tuotantolinjoille 1-4. Mikäli esivalmisteluvaiheessa valittu vikamuoto on prosessiaineen vuoto ulos esimerkiksi laippatiivisteiden pettäessä, täytetään tällöin kriittisyysluokittelun turvallisuusriskisarakkeeseen QRA:n pohjalta arvioitu riskipisteytys, jolle on tehty muuntotaulukko soveltumaan PSK6800 standardiin. QRA:n riskiä arvioidessa käytetään hyödyksi Nesteen OQD-429 mukaista riskimatriisin luokittelua.

Esivalmisteluvaiheen avulla on varsinaisen kriittisyysluokittelun kesto saatu lyhennettyä, kun laitteeseen käytetty aika on pudonnut noin viidestä minuutista kolmeen minuuttiin. Edelleen kriittisyysluokitteluistunnoissa menee aikaa epäselvien laitetietojen selvittämiseen. M+ järjestelmässä oleva laitekanta ei ole ajan tasalla, eikä laitteiden poistamista käyttöomaisuusrekisteristä ole ohjeistettu ja jalkautettu työnsuunnittelijoille. Tällä hetkellä poistuneet laitteet merkitään järjestelmään käyttötilasarakkeeseen: ei käytössä, mikä mahdollistaa yhä vikailmoitusten laatimisen laitteelle. Ei käytössä - käyttötilan oikea tarkoitus on, että sillä ilmaistaan laitteen olevan esimerkiksi huollossa eikä operoinnin käytettävissä.

Kriittisyysluokitteluistunnossa, joka on prosessin seuraava vaihe, vahvistetaan esivalmisteluvaiheen aikaiset tiedot tai muutetaan niitä sekä määritellään loput kriittisyyttä kuvaavat riskit.

## 5.2 Korjaavan kunnossapidon priorisointi kriittisyysluokittelun avulla

Kriittisyysluokittelusta olisi paljon apua korjaavan kunnossapidon töiden priorisointiin, kun pitää päättää missä järjestyksessä töitä tehdään. Tällä hetkellä hyödyntäminen on hyvin vähäistä. M+ järjestelmässä vikailmoituksen prioriteetin määrittelee tuotanto-organisaatio, jolloin he voivat halutessaan pyytää työn tehtäväksi heti ylitöinä, heti normaalityöajan puitteissa tai työvarantoon. Kriittisyysluokittelussa normaalitason laitteeseen kohdistunut "heti ylitöinä" prioriteetti herättää kysymyksiä, onko tämä tarpeellista tai onko kriittisyysluokittelu oikeanlainen. Taulukon viisi esimerkissä rikkipumpun GA-33701 kriittisyys oli arvioitu vuonna 2012 normaalitason laitteeksi. Vuoteen 2017 mennessä vikaantumisväli oli muuttunut tiheämmäksi jolloin uusintatarkastelussa sen kriittisyys nousi tärkeän tason laitteeksi. Tämä taas kertoo sen, että kriittisyysluokittelu ei ole pysyvää, vaan vaatii jatkuvaa seuraamista ja päivittämistä.

Kriittisyysluokittelun tuloksella ei voida suoraan määritellä, mikä kohde on tehtävä ensimmäisenä, koska luokittelussa käytetty vikamuoto voi olla eri kuin olemassa oleva vika. Tällöin vian seuraukset voivat olla joka vakavampia tai vähäisempiä. Vastuu työn priorisoinnista on töiden suunnittelijoilla, jotka voivat hyödyntää kriittisyysluokittelun tuloksia sekä omaa harkintaa käyttäen priorisoida tehtävät työt oikeaan järjestykseen.

Taulukko 5 M+ järjestelmän aktiiviset työtilaukset

Laite	Kriittisyys	Prioriteetin kuvaus	Työtyypin kuvaus	Laitteen kuvaus
TL2/FCC		Työvarantoon	Ehkäisevä kunnossapito	Leijukatalyyttinen krakkaus (FCC)
VARAOSAKUN		Työvarantoon	Ehkäisevä kunnossapito	Varastoon kunnostettavat varaosat
VARAOSAKUN		Työvarantoon	Muut työt (ei kp-työ)	Varastoon kunnostettavat varaosat
GA-2806S	T	Työvarantoon	Seisokki korjaava	FA-2805:N BENSIINIPUMPPU
TL2		Heti normaalityöaja...	Ehkäisevä kunnossapito	Tuotantolinja 2 (TL2)
GA-2409	T	Heti ylitöinä	Korjaava kunnossapito	POHJATUOTEPUMPPU
TL2		Heti normaalityöaja...	Ehkäisevä kunnossapito	Tuotantolinja 2 (TL2)
GA-33391S		Työvarantoon	Korjaava kunnossapito	Draining of FA-33306/II
GB-2403	T		Ehkäisevä kunnossapito	ILMAKOMPRESSORI
TL2		Työvarantoon	Ehkäisevä kunnossapito	Tuotantolinja 2 (TL2)
TL2		Työvarantoon	Muut työt (ei kp-työ)	Tuotantolinja 2 (TL2)
GB-2403	T	Työvarantoon	Korjaava kunnossapito	ILMAKOMPRESSORI
GA-2301	T	Työvarantoon	Korjaava kunnossapito	Syöttöpumppu
VARAOSAKUN		Työvarantoon	Ehkäisevä kunnossapito	Varastoon kunnostettavat varaosat
GA-33002	T	Heti normaalityöaja...	Korjaava kunnossapito	STRIPATUN VEDEN PUMPPU
VARAOSAKUN		Työvarantoon	Ehkäisevä kunnossapito	Varastoon kunnostettavat varaosat
VARAOSAKUN		Työvarantoon	Ehkäisevä kunnossapito	Varastoon kunnostettavat varaosat
VARAOSAKUN		Työvarantoon	Ehkäisevä kunnossapito	Varastoon kunnostettavat varaosat
VARAOSAKUN		Työvarantoon	Ehkäisevä kunnossapito	Varastoon kunnostettavat varaosat
GBT-2401	K	Heti ylitöinä	Ehkäisevä kunnossapito	GB-2401:N TURBIINI
GA-34002	T	Heti normaalityöaja...	Korjaava kunnossapito	PESUVESIPUMPPU
VARAOSAKUN		Työvarantoon	Ehkäisevä kunnossapito	Varastoon kunnostettavat varaosat
VARAOSAKUN		Työvarantoon	Ehkäisevä kunnossapito	Varastoon kunnostettavat varaosat
GA-2581A	T	Heti normaalityöaja...	Korjaava kunnossapito	BENSIININ JAKOTISLAUKSEN POHJAPUMPPU
GA-34002S	T	Heti normaalityöaja...	Korjaava kunnossapito	PESUVESIPUMPPU
GA-34019	K	Heti normaalityöaja...	Korjaava kunnossapito	DIESELIN TUOTEPUMPPU
GA-2407AS	K	Heti ylitöinä	Korjaava kunnossapito	Pohjatuotepumppu
GBT-2501	K	Heti ylitöinä	Poikkeama korjaava	GB-2501 TURBIINI
FD-34006X	K	Heti normaalityöaja...	Ehkäisevä kunnossapito	GA-34001S VOITELUÖLJYN SUODATIN
GBT-2401	K	Työvarantoon	Ehkäisevä kunnossapito	GB-2401:N TURBIINI
VARAOSAKUN		Heti normaalityöaja...	Ehkäisevä kunnossapito	Varastoon kunnostettavat varaosat
GA-33701	N	Heti ylitöinä	Korjaava kunnossapito	RIKKIPUMPPU
GB-2501	K	Heti ylitöinä	Poikkeama korjaava	MÄRKÄKAASUKOMPRESSORI
GA-34004	T	Heti normaalityöaja...	Korjaava kunnossapito	STRIPPERIN FA-34008 TISLEPUMPPU

### 5.3 Vika- ja vaikutusanalyysi

Kriittisyysluokituksen tuloksena saatu laitteiden tärkeysjärjestys mahdollistaa rajatummalle laitemäärälle vika- ja vaikutusanalyysin toteuttamisen. Nesteellä VVA toteutetaan kriittisille laitteille tai laitepaikoille. Luotettavuusprojektin alussa vika- ja vaikutusanalyysin sijaan tehtiin vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysiä (VVKA).

VVKA:sta luovuttiin säästääksemme aikaa ja resursseja, koska toimenpiteiden laatuun analyysitavan muutoksella ei ollut vaikutusta. VVKA:n ero VVA:han on se, että jokaiselle vikaantumistavalle lasketaan erikseen RPN-luku (riskiprioriteetiluku). RPN:n tarkoituksena on arvioida vian esiintymistiheyttä, vian seurauksia ja vian havaittavuutta. Pisteiden avulla voidaan määrittää, mikä toimenpide olisi hyvä toteuttaa ensin ja helpottaa näin toimenpiteiden priorisointia. Käytännössä pisteiden merkitystä

voidaan kyseenalaistaa toimenpiteiden priorisointi mielessä, koska toimenpiteitä menee monelle eri organisaatiolle, jolloin toimenpiteet tehdään resurssien mukaan. Toimenpiteiden pisteet eri laitteiden kesken eivät ole vertailukelpoisia ja hyvin usein isot pisteet saaneet toimenpiteet ovat vaikeammin toteutettavia. Jos pisteet halutaan laskea, tämä voidaan tehdä tarvittaessa jälkikäteen.

VVA:n etu on nykyisten työpajojen nopeampi läpivientiaika ilman, että toimenpiteiden laatuun olisi vaikutusta. Toimenpiteiden hyväksyntä suoritettaisiin käyttövarmuusinsinöörin ja linjan teknisen päällikön välisessä istunnossa työpajan jälkeen. Tällöin voidaan arvioida, hyväksytäänkö vai hylätäänkö toimenpide tai halutaanko toimenpiteelle laskea RPN-luku ja arvioida tarpeellisuutta tätä kautta. Toimenpiteiden aikataulutus tapahtuu työpajoissa, jolloin niiden priorisointi tulee tehtyä.

#### 5.4 Varaosien määrittäminen laitekriittisyyden mukaan

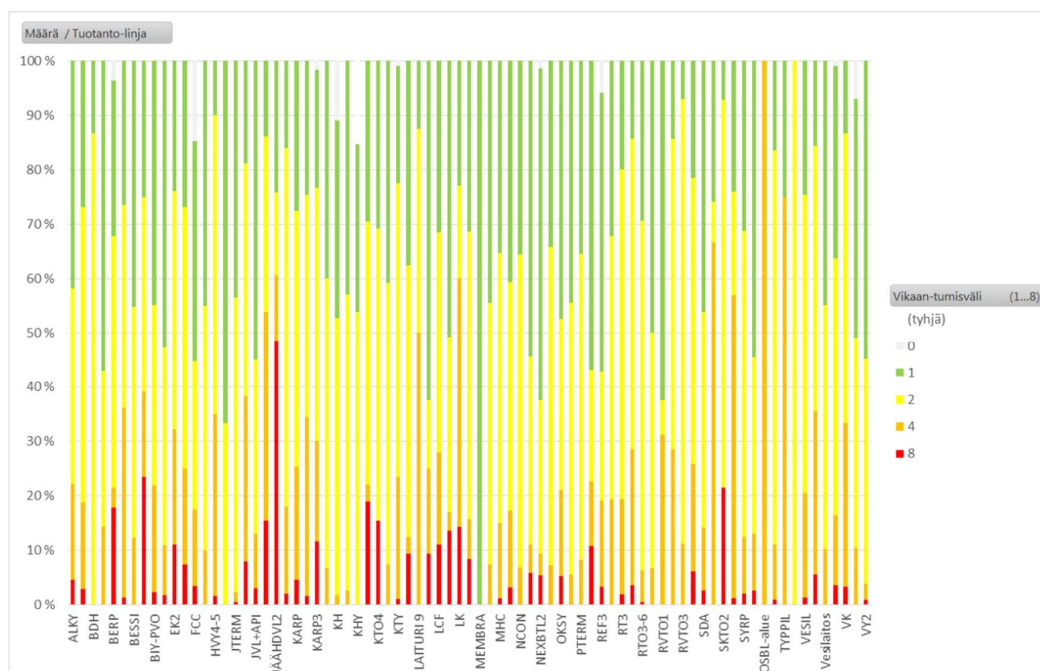
Tehtyjen havaintojen ja kyselyssä tulleiden vastausten perusteella varaosapolitiikka koettiin tärkeäksi asiaksi kriittisyysluokituksen tulosten hyödyntämisen kannalta. Tällä hetkellä varaosien läpikäymiseksi ei ole mitään sovittua toimintatapaa. Kriittisten laitteiden osalta varaosat tulisi olla kartoitettuna niin, että ne ovat joko omassa varastossa tai toimittajan varastossa jollakin sovitulla toimitusajalla saatavissa Nesteen jalostamolle. Ongelmalliseksi tämän tekee se, että jalostamon vanhimmat laitteet Porvoossa on 1960-luvulta ja joidenkin laitteiden varaosien valmistaminen on lopetettu, eikä dokumenttejakaan välttämättä ole enää saatavilla.

Tärkeän tason laitteisiin pätee varaosien saatavuuden suhteen samat lainalaisuudet kuin kriittisiin, mutta kalliimpien varaosien suhteen tulisi tehdä erillinen riskitarkastelu, ellei niitä haluta varastoida itse eikä pitää toimittajana varastossa. Normaaltason laitteiden suhteen pitäisi pystyä ajamaan prosessia silläkin ajatusmallilla, että varaosat tilataan vasta tarvittaessa. Tilataan tarvittaessa - varaosapolitiikkaan olisi helpompi päästä, jos kriittisyyden tasoja olisi yksi enemmän. Nyt myös normaalitason laitteesta muodostuu nopeasti kriittisempi, kun nämä normaalitason laitteet ovat yleensä sellaisia, joilla on rinnakkainen varalaite. Prosessin luonteesta johtuen molempien kahdennettujen laitteiden menettäminen aiheuttaa prosessin alasajon esimerkiksi pumppujen kohdalla. Moni laite on myös normaalitason laite sen vuoksi, että niistä on tehty luotettavia ja niiden vikaantumisväli on huomattavan pitkä.

## 5.5 Vikaantumisvälin kautta ongelmakohtien löytyminen

PSK6800 standardi antaa erittäin hyvän työkalun, kun etsitään tuotantolinjoilta useasti vikaantuvia laitteita. Useammin vikaantuneiden laitteiden vikaantumisvälin kasvattamisella olisi helpoin tapa vaikuttaa laitteiden luotettavuuteen ja sitä kautta kriittisyyden pienentämiseen. Nämä ovat usein myös kohteita, johon kunnossapidon resurssit ovat sidottu. Näiden kohteiden poistamisen tai vikaantumisien selvittämisen kautta olisi siis monta hyötyä. Kunnossapitokustannusten väheneminen, laitekriittisyyden laskeminen ja laitoksen luotettavuuden parantuminen ovat merkittävimmät edut. Taulukossa kuusi on esitetty vikaantumisvälit tuotantoyksiköittäin tarkasteltujen laitteiden osalta perustuen PSK6800 standardiin. Taulukosta nähdään prosentuaalisesti esimerkiksi, kuinka suuri osuus laitteista vikaantuu kriteerin kahdeksan mukaisesti eli alle vuoden sisään.

Taulukko 6 Vikaantumisväli tuotantoyksiköittäin



## 5.6 ECM kokemuspohjainen kunnossapito

Kriittisyydsuokittelussa kriittisille laitteille on tehty RCM-prosessin mukainen vika- ja vaikutusanalyysi, mikä on kokonaisuudessaan raskas ja paljon resursseja vaativa analyysi. Kriittisyydsuokittelun mukaan seuraavaksi ovat tärkeitä laitteet, joita kokonaislaitemäärästä on noin 50 %. RCM-ideologian mukaan tärkeän kriittisyyden omaaville

laitteille on mahdollista tehdä ECM (Experience-Centered-Reliability)-analyysi, joka voidaan tehdä arvioimalla nykyisen ennakkohuolto-ohjelman kattavuutta tai korjaavan kunnossapidon analysoinnilla, josta voidaan vikaistoriaa tutkimalla selvittää, olisiko vaurioitumiset voitu ehkäistä ennakkohuollolla. Taulukossa seitsemän on esimerkkipohja, miten tätä voitaisiin hyödyntää. (Smith. A 2004, 180)

Taulukko 7 ECM-metodi korjaavan kunnossapidon analysoinniksi (Smith.A 2004, 180, muutettu 8.3.2017)

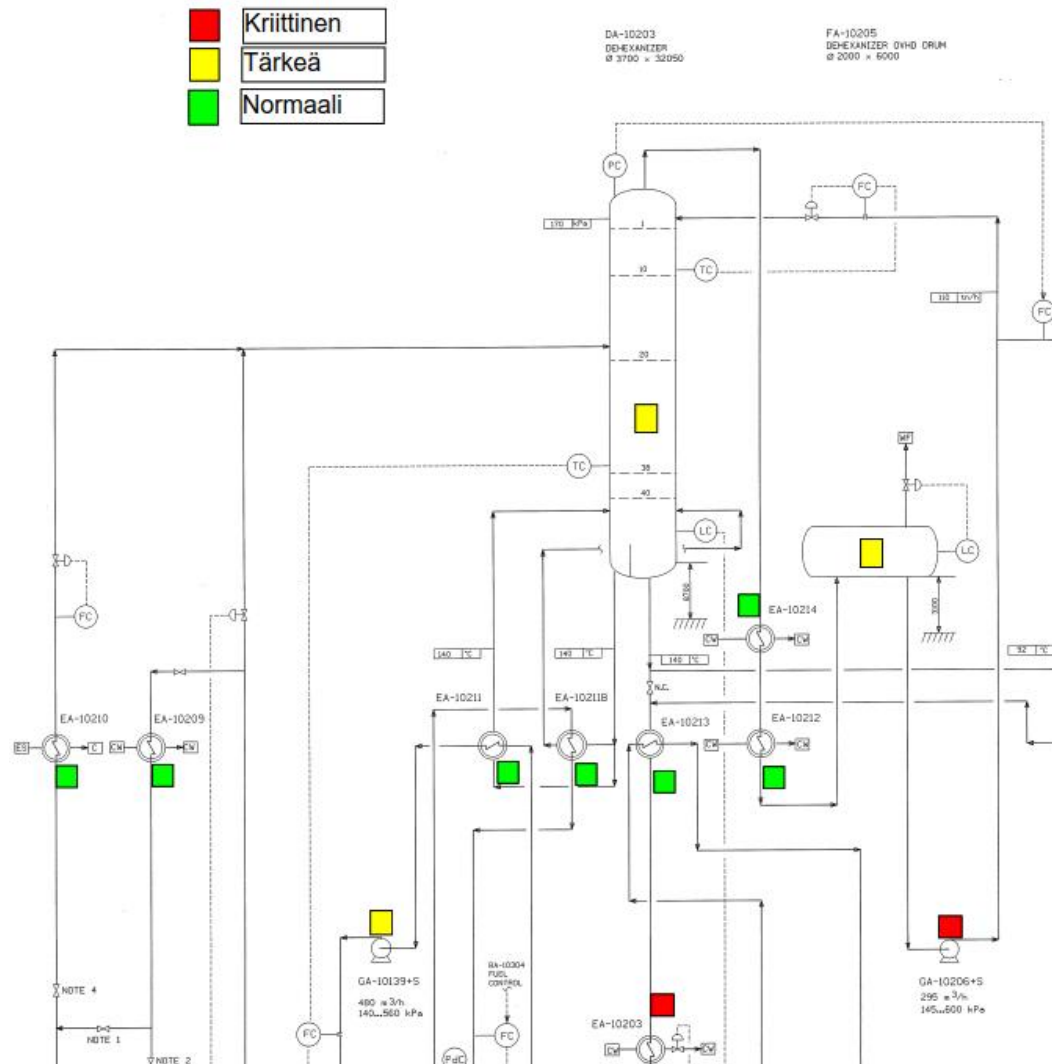
Korjaavan kunnossapidon ajan-kohta	Kohde tai komponentti	Korjauksen kuvaus, mihin se kohdistui?	Vikamuoto johon se kohdistui	Vian syy tai aiheuttaja	Vian vaikutukset	Vian vaikutus edellyttää EH-toimenpiteitä (K/E)	Uuden tai modifioitun EH-toimenpiteen kuvaus ja toistoväli.
20.2.2010	C92 kompressori	Vesi vuoto	Ilman jäähdyttimen tiiviste	Muodonmuutos tiivisteessä	Kompressori pysähtyi	E	Asennusvirhe, EH-toimenpide ei ole tarpeellinen
14.6.2015	C92 kompressori	Vesi vuoto	Ilman jäähdyttimen tiiviste	Värinä	Pieni vesi vuoto	K	Muutetaan EH väli 4.v (varmistetaan myös pulttien kireys)

Mikäli tärkeiden laitteiden joukossa koetaan olevan tuotannolle tärkeitä laitteita, jotka halutaan vika- ja vaikutusanalyysin piiriin voidaan kyseinen analyysi suorittaa valituille tärkeille laitteille.

## 6 Kriittisyysluokittelumenetelmän kehittäminen

### 6.1 Graafinen esitysmalli

Kriittisyysluokitteluiden havainnollistaminen, kun tarkastellaan tuotantoyksikköjen laitteita tärkeysjärjestyksessä pelkästään Excel-tilukosta, ei välttämättä anna parasta mahdollista kuvaa siitä, miten laitteiden keskinäiset luokitukset ovat määräytyneet. Virtauskaavioon sijoitettuna kriittisyysluokat antavat havainnollisemman kuvan laitteiden kriittisyyksistä ja tällä tavoin voidaan myös arvioida, onko luokittelu oikein tehty. Luokitteluiden päivittämisen yhteydessä työryhmälle voidaan jakaa edellisen luokittelun tulokset graafisesti esitettynä, jolloin uudelleen arviointi on helpompi tehdä, kuten kuviossa seitsemän on esitetty.



Kuvio 7 Graafinen esitysmallia kriittisyysluokittelusta

## 6.2 Laitteen elinkaaren huomioiminen kriittisyysluokittelussa

Laitteen elinkaarelle ei ole standardeissa asetettu mitään painoarvoa, kun mietitään laitteen kriittisyyttä. Tuotteille tai palveluille on määritelty erilaiset elinkaaren vaiheet ja tätä tietoa olisi helppo kerätä myös kriittisyysluokitteluiden yhteydessä.

Yleensä elinkaaren vaiheet on jaettu neljään kategoriaan kuten esimerkiksi:

- Uusi laite, laitteen valmistajan täysi tuki varaosille ja huollolle sekä takuu on voimassa
- Käyttö, laitteen varaosat ja valmistajan tuki saatavilla, laitteen modernisointia varten valmiudet valmistajalla, takuu on päättynyt
- Rajoitettu käyttö, laitteen varaosia ja huoltopalveluita on saatavilla rajoitettussa määrin, laitteen laskennallinen käyttöikä lähenee, tarkastuksissa asetettu kestoikä, vajaakuntoiset laitteet
- Vanhentunut, laitteen varaosia ei enää valmisteta, eikä valmistajalta tule tukea laitteen elinkaarelle, laitteen laskennallinen käyttöikä saavutettu, tarkastuksessa todettu materiaalin kestävyys päättyminen

Elinkaaritiedon avulla voidaan helposti määrittää kyseisen prosessiyksikön laitekannan ikä ja elinkaaren vaihe. Tällä tiedolla on merkitystä, kun pohditaan investointien painopistealueita laite- tai prosessikohtaisesti. Taulukossa kahdeksan on esitetty esimerkinomaisesti, miten elinkaaritiedot voidaan kerätä kriittisyysluokittelussa.

Taulukko 8 Elinkaaritiedon kerääminen kriittisyysluokittelussa

	21	Osuus		Elinkaaren tila				Laitekannan ikä
	699	1	4,8%		Vanhentunut	699	2	27,5
	249	1	4,8%		Rajoitettu käyttö	449	5	
	0-249	19	90,5%		Käyttö	249	4	
	100				Uusi laite	0-249	10	
Kriittisyysindeksi	Vikaantumisen seurausindeksi (ilman)	Laitteen asennusvuosi	Laitteen asennusvuosikymmen (0..5)	Laitteen elinkaaren vaihe (0..8)	Elinkaari indeksi	Varalaitteen merkitys		
K			100	100			Lisäkommentit	Luokittelussa
500	500	1965	5	4	900			
1100	550	1985	3	3	600			
0	0	1995	2	2	400			
0	0	2005	1	2	300			
0	0	2015	0	0	0			
0	0	1985	3	2	500			
0	0	1985	3	4	700			
0	0	2000	1	3	400			
0	0	2000	1	4	500			
0	0	1965	5	1	600			
0	0	2000	1	1	200			
0	0	1994	2	1	300			
0	0	1970	4	2	600			

### 6.3 Kriittisyyden muuttuminen päivityksen jälkeen

Nesteellä ensimmäiset päivitykset kriittisyysluokitteluihin toteutettiin tuotantoyksiköihin BERP3 ja RT3 kesän 2017 aikana, jolloin ensimmäisistä analyyseistä oli kulunut viisi vuotta. Päivityksessä huomioitiin nyt myös laitteen elinkaarta ja materiaaalivalintakaaviosta tulleita huomioita.

BERP3 edellinen luokitus oli tehty vuonna 2012 ja joitakin laitteita, kuten ilmanjäädytin EC-10201A-H oli uusittu tässä välissä, mikä laski niiden kriittisyysindeksiä kuitenkin niin, että ovat edelleen kriittisiä laitteita. Joidenkin pumppujen kriittisyys laski, kun vikataajuudet ovat tippuneet eli kehitystä on tapahtunut. Pumppujen osalta mekaanisten tiivisteiden käyttövarmuuteen on panostettu Nesteellä paljon viime vuosina, mikä on osaltaan vaikuttanut vikaantumisvälin kasvamiseen.

Taulukko 9 BERP3 kriittisyysanalyysin tulokset 2012

	Kriittisyysrajat	Kpl	%-osuus
K (kriittinen) -luokan kriittisyyden raja-arvo	699	34	47,2 %
T (tärkeä) -luokan kriittisyyden raja-arvo	249	21	29,2 %
N (normaali) -luokan kriittisyyden raja-arvo	0-249	17	23,6 %
	yht.	72	

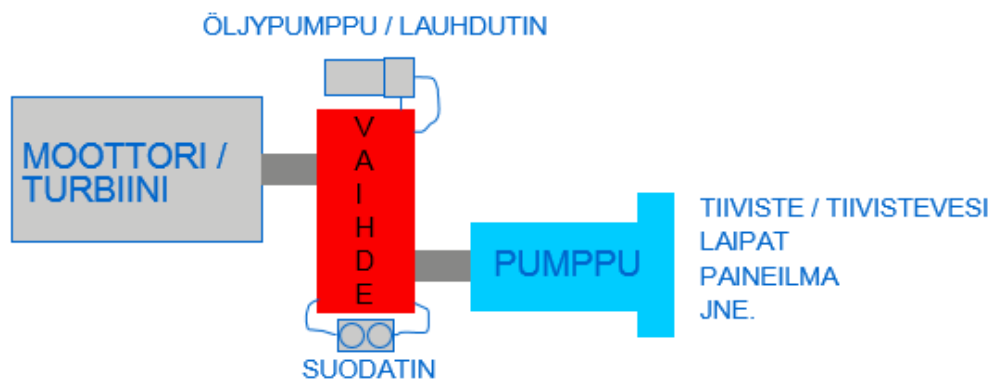
Taulukko 10 BERP3 kriittisyysanalyysin tulokset 2017

	Kriittisyysrajat	Kpl	%-osuus
K (kriittinen) -luokan kriittisyyden raja-arvo	699	33	40,7 %
T (tärkeä) -luokan kriittisyyden raja-arvo	249	32	39,5 %
N (normaali) -luokan kriittisyyden raja-arvo	0-249	16	19,8 %
	yht.	81	

Edelliseen luokitteluun verrattuna tarkasteltavien laitteiden määrä oli hieman suurempi kuin 2012 luokittelussa, johtuen 2015 suurseisokin muutoksista. Kriittisten ja normaalitason laitteiden määrä pysyi melkein samana, kun taas tärkeän kategorian laitteita oli huomattavasti enemmän kuin ensimmäisessä luokittelussa. Taulukoista yhdeksän ja 10 nähdään eroavaisuudet luokitteluiden välillä.

RT3:n osalta kriittisyysindeksiin tuli muutoksia myös 2015 suurseisokissa tulleiden uusien uunien sekä sen oheislaitteiden osalta. Esimerkiksi puhaltimet eivät ole enää

kriittisiä vaan tärkeitä, koska niillä on nyt olemassa varalaitteet. Raakaöljyn tislauskolonni taas nostettiin kriittiseksi laitteeksi aikaisemmasta tärkeän tason laitteesta. Muutenkin luokituksessa otettiin kantaa enemmän laitteiden nykyiseen kuntoon kriittisyyttä arvioitaessa. Yleisesti ottaen RT3:ssa kriittisten ja tärkeän tason laitteiden määrä on suurempi kuin vuonna 2012 tehdyssä luokituksessa ja normaalitason laitteita on vähemmän. Tosin tarkasteltava laitemääräkin on hieman isompi johtuen apulaitteista, joita ovat esimerkiksi pumppujen öljynsuodattimet tai niiden lämmönvaihtimet. Aikaisemmassa luokittelussa näitä laitteita ei ole tuotu näkyviin tilastoihin.



Kuvio 8 Laiterajaus kriittisyysluokittelu (Neste/SKF)

Päivityksessä huomioidaan myös kokonaislaitemäärässä apulaitteet. Kuvion kahdeksan mukaan aikaisemmin luokittelutulos on merkitty vain pumpulle, nyt myös kuvassa oleville muille laitteille. Näin varmistetaan kriittisyysluokan löytyminen myös toiminnanohjausjärjestelmä M+:sta, kun luokittelupohjasta viedään tiedot suoraan laitetietojen siirtopohjalle.

Havainnot kriittisyysluokituksen päivittämisen tärkeydestä ovat huomattavat. Laitteiden kunto sekä prosessin muutokset ja laitemäärän lisääntyminen ovat sellaisia tekijöitä, jotka vaikuttavat oleellisesti prosessiyksikön laitteiden tärkeysjärjestykseen. Yhtään sellaista huomiota ei tullut, että normaalitason laite olisi muuttunut kriittiseksi tai kriittinen muuttunut normaaliksi. Muutokset luokitteluissa ovat maltillisia, kriittiset voivat muuttua tärkeiksi tai päinvastoin sekä normaalit tärkeiksi tai päinvastoin.

#### 6.4 Kriittisyysluokittelut investoinneissa

Investointivaiheessa kriittisyysluokittelu voidaan tehdä laitoksen tulevaa käyttöä varten, sekä samassa yhteydessä projektin tarpeita varten ohjaamaan hankintaa sekä toimitusvalvontaa. Kriittisyysluokittelun tulisi olla jatkossa osana projektisuunnitelmaa kaikissa projekteissa, joissa ollaan hankkimassa uusia tai korvaavia laitteita tai muuttamassa niitä esim. kolonnin sisäosat. Luokittelu tullaan tekemään päivittämällä olemassa olevaa luokittelua tai tekemällä kokonaan uusi luokittelu.

Kriittisyysluokittelun toteutus tulisi tehdä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa perussuunnittelun aikana, kun riittävät laitetiedot ovat selvillä kuten laitetyyppi, prosessiaineet ja -olosuhteet, kapasiteetti, tehtävä ja vaikutus prosessiin sekä erikoistilanteet huomioiden, mitkä tarvitaan kriittisyyden arvioimiseksi.

Taulukko 11 Kriittisyysluokittelupohja investoinneille

Toimintopaikan nimitys	Vikaan- tumi- sväli (1-8)	Tur- val- lis- uus	Ym- pä- rist- ö	Tuot- ann- on- men- etys	La- atu- ku- s- tan- nus	Korj- aus- kus- tan- nus	Kriittisyys- indeksi	Vikaantu- misen seurausi ndeksi (ilman)	Varal- aittee- n merkit- ys	Kriitin- en mikäli, ei käytet	Lisäkommentit	Luokittelu
Paino- arvot	25	25	100	50	50	K						
Rejektivesiallas	4	0	0	2	0	2	1200	300		x	Yhteinen molemmille linjoille	Likaantuminen
Raakaveden esilämmitin	8	0	0	0	0	2	800	100			Käytössä talvella	Likaantuminen
Koagulointisäiliö 1	8	0	0	0	0	1	400	50			Jatkuvassa käytössä	Likaantuminen
Koagulointisäiliö 2	8	0	0	0	0	1	400	50			Jatkuvassa käytössä	Likaantuminen
Koagulointisäiliö 3	8	0	0	0	0	1	400	50			Jatkuvassa käytössä	Likaantuminen
Koagulointisäiliö 4	8	0	0	0	0	1	400	50			Jatkuvassa käytössä	Likaantuminen

Investointiprojekteissa kriittisyys kohdentuu itse laitteen onnistumisen varmentamiseen projektin aikana. Siksi se kannattaa ottaa huomioon aina, kun tehdään laitteeseen vaikuttavia valintoja ja päätöksiä. Tärkeitä tarpeita luokittelulle on suunnitteluratkaisujen ja toimittajan valinnan lisäksi teknisen toimitusvalvonnan varmistustoitien kohdentamisessa ja toteuttamisessa sekä mm. urakoitsijavalinnassa ja valvonnan tason määrittelyssä. Poikkeavaksi kriittisyysluokittelun investointiprojektissa tekee myös se, että vikaantumistietoa ei ole saatavilla, jolloin tiedot pohjautuvatkin arvioihin laitteen vikaantumisesta. Tärkeä on myös huomioida sellaiset laitteet, jotka muodostuvat prosessille kriittisiksi mikäli eivät ole käytössä vikaantuessaan. Taulukossa 11 esitetään investoinneille käytettävä malli.

#### 6.4.1 Vika- ja vaikutusanalyysi (FMEA) investoinneissa

Osaksi hankintamäärittelyä päälaitteita koskien, vaaditaan toimittajalta VVA tarkastelu käyttäen Nestein mallin mukaisia yhtenäisiä pohjia. Vika- ja vaikutusanalyysi on saatava viimeistään laitteen toimituksen yhteydessä ja dokumentti viedään SPF-järjestelmään.

#### 6.4.2 Ennakkohuoltosuunnitelmat investointivaiheessa

Laitteiden ennakkohuoltosuunnitelma on laadittava ennen käyttöönottoluovutusta. Vika- ja vaikutusanalyysin valmistuttua voidaan alkaa laatimaan ennakkohuoltosuunnitelmaa yhdessä suunnittelun ja tulevan kunnossapito-organisaation kanssa. Ennakkohuoltosuunnitelman laadintaan vika- ja vaikutusanalyysin lisäksi laitetoimittajan tulee toimittaa erillinen lista kunnossapitotehtävistä laitteen arvioidulle elinkaarelle, joka on Nesteellä 25 vuotta. Vetovastuu EH-suunnitelman tekemisestä on käyttövarmuusinsinööreillä. Kunnossapidon aluevastaavilla on vastuu EH-suunnitelmien viemisestä M+ järjestelmään.

## 7 Kriittisyysluokitteluiden pysyvä malli

### 7.1 Nestein OQD-ohje kriittisyysluokittelun toteuttamiseksi

Opinnäytetyön pohjalta laaditussa OQD-ohjeessa kerrotaan mekaanisten ja pyörivien laitteiden kriittisyysluokittelumalli sekä luokittelujen läpikäyntiprosessi. Tavoitteena on määrittää laitoksen eheyden kannalta kriittiset laitteet koko laitekannasta. Kriittisyysluokittelun jälkeen laitteet on jaettu kolmeen kriittisyysluokkaan (kriittinen, tärkeä, normaali) perustuen laitteen merkitykseen prosessissa. Keskeisin tekijä kriittisyysluokan määrittämisessä on luokiteltavan laitteen merkitys yksikön tuotannolle. Ensisijainen tavoite luokittelussa on tunnistaa häiriöttömän käynnin riskikohteet ja ohjata toimintoja näiden laitteiden pariin.

Mekaaniset ja pyörivät laitteet voidaan luokittelumielessä käsitellä samalla luokittelumallilla riippumatta millaisia laitteet ovat, verrattuna automaation vastaavaan luokitteluun.

Nesteen jalostamoilla on tehty mekaanisten ja pyörivien laitteiden kriittisyysluokittelua PSK 6800 – standardiin pohjautuen. Kyseinen standardi on yksi yleisimmistä Suomessa käytettävistä kriittisyysluokittelumalleista. Standardin taulukkoa on hieman muutettu vastaamaan paremmin öljynjalostamon ominaispiirteitä. Standardin mukaisella kriittisyysluokittelulla on monia etuja, joista merkittävin on tulosten vertailukelpoisuus.

PSK 6800 -standardin mukaisen kriittisyysluokittelun tarkoituksena on jaotella luokiteltavat laitteet kolmeen kriittisyysluokkaan:

- K=kriittinen
- T=tärkeä
- N=normaali

todennäköisimmän vian, vian toistumistiheyden ja vian aiheuttamien riskien perusteella. Luokittelun tuloksena kullekin laitteille saadaan kriittisyysindeksi. Mitä suurempi indeksin arvo on, sitä kriittisempi on laite. Lopullinen kriittisyysluokka määrittyy valittujen kriittisyysindeksin raja-arvojen perusteella. Laitteet voidaan järjestää kriittisyysindeksin mukaiseen järjestykseen ja tätä järjestystä hyödyntää kohdistettaessa ennakko- ja huollon toimenpiteitä ja resursseja. Luokittelutulosta ei suoraan voi hyödyntää korjaavan kunnossapidon priorisointiin, koska vika voi olla jokin muu kuin luokittelussa käytetty todennäköisin vika, tällöin vastuu töiden priorisoinnista kuuluu kunkin alueen vastaavalle työnsuunnittelijalle eli aluevastaavalle.

Luokittelussa eri riskitekijät (turvallisuusvaikutus, ympäristövaikutus, tuotannon menetys, laatu- ja korjauskustannukset) on painotettu eri kertoimilla ja näitä kertoimia voidaan tarvittaessa myöhemmin muuttaa. Esimerkkeinä milloin muutoksia painokertoimiin voidaan tehdä:

- Käyttöhyödykkeet
- Turvallisuuteen liittyvät laitteet (Soihdut)
- Poikkeuksellisen vaaralliset aineet henkilö- ja prosessiturvallisuudelle (Rikki-vety, Bentseeni, Fluorivetyhappo)

Tällöin on huomioitava, että laitteiden kriittisyysindeksi muuttuu kuten myös mahdollisesti kriittisyysluokka. Kriittisyysluokkien raja-arvot ovat muokattavissa halutun

jakauman aikaan saamiseksi, mutta tämä on hyvä tehdä vasta kun suurin osa laitekannasta on luokiteltu.

Kriittisyysluokittelun prosessin vaiheet ovat:

- valmistelu
- kriittisyysluokittelutyöpaja
- dokumentointi ja tiedon vieminen järjestelmiin

Investoinneissa tavoitteena on aloittaa luokittelu viimeistään hankkeen toteutus suunnitteluvaiheen alussa, olisi hyvä aloittaa jo perussuunnitteluvaiheessa. Pienemmät uusinnat (alle 10 laitetta) hoidetaan käyttövarmuusinsinöörin ja laitteiston tarpeeksi hyvin tuntevien henkilöiden kesken.

#### 7.1.1 Valmisteluvaihe

Valmisteluvaihe on käyttövarmuusinsinöörin itsenäistä työtä, mikä käsittää luokiteltavien laitteiden valinnan ja määrittelyn sekä laitetietojen viennin kriittisyysluokittelutaulukkoon. Valmisteluvaiheessa käyttövarmuusinsinöörin tulee täyttää kriittisyysluokittelutaulukkoon mahdollinen vikaantumisen, vikaantumisväli, korjauskustannukset ja turvallisuusriski sekä tuoda lisätietoina laitteiden materiaalivalintakaavioista laitteen nykyiseen kuntoon liittyvät tiedot. Laitteen elinkaaren arvioimiseksi pyritään täyttämään myös laitteen asennusvuosi.

#### 7.1.2 Vikatietojen esittäminen

Mahdollinen vikamuoto etsitään M+ järjestelmän vikahistoriasta taulukon 12 mukaisesti sekä lisäksi mekaanisten laitteiden osalta tarkastusmuistiosta. Tarkastusmuistion tärkeimmät huomiot lisätään mahdollisen vikamuodon sarakkeeseen kommentiksi, taulukon 13 esimerkin mukaisesti. Mikäli vikamuotoa ei löydy, merkitään vikamuotokenttään: Ei vikahistoriaa M+ järjestelmässä. Korjauskustannukset voidaan arvioida M+ järjestelmän peruslaitteen tiedoista vuositasen kunnossapitokustannuksista taulukon 14 esimerkin mukaan.

Taulukko 12 Vikamuoto ja vikaantumisväli M+ järjestelmästä

Laite	TT	Kirj.pvm	Kuvaus	Vian kuvaus
GA-10108S	264908	14.7.2014 7:37:22	Ilman sorvaus	Poksi vuotaa reilusti. -----
GA-10108S	265065	15.7.2014 7:56:14	Palovahti	Poksi vuotaa reilusti. -----
GA-10108S	280854	24.11.2014 0:00:00	Öljyn tiputin ei toimi	Öljyn tiputin ei toimi kunnolla
GA-10108S	289045	17.1.2015 18:08:42	poksi vuotaa	Vapaan pään poksi vuotaa.
GA-10108S	291482	5.2.2015 8:24:33	RT3 GA-10108S Telineet, poksi vuotaa SAA PURKAA 12.2	Telinetilaaja: Heikkinen Rami telineet sok
GA-10108S	291483	5.2.2015 8:25:46	RT3 GA-10108S Eristeet, poksi vuotaa. SAA ERI 12.2	Tilaaja Heikkinen Rami Vapaan pään pok
GA-10108S	295149	12.3.2015 14:46:44	GA-10108S imusihdin vuoto, vaurioselvitys	
GA-10108S	300512	1.5.2015 14:07:38	GA-10108S putkiston nosto/kannatus	Putkiston nosto/kannatus -- vanha pum
GA-10108S	300749	3.5.2015 9:09:56	Pellinpalu imuputken laipan suojaksi	vanha pumppu tullut alueelta tällä päivä
GA-10108S	301072	5.5.2015 15:22:09	Tyhjennyslinjan lyhentäminen ja laipan hitsaus	vanha pumppu tullut alueelta tällä päivä
GA-10108S	301998	14.5.2015 11:23:19	Pedin jatkaminen ja muokkaustyöt	vanha pumppu tullut alueelta tällä päivä
GA-10108S	302092	15.5.2015 7:26:24	Pultinreikien koneistustyöt pumpun tassuille.	vanha pumppu tullut alueelta tällä päivä
GA-10108S	310659	15.8.2015 17:24:12	Voiteluöljysuodin tukossa.	Turbiinin VÖ-suodin alkoi mennä tukkoon
GA-10108S	320443	28.11.2015 14:18:41	Voiteluöljysuodin	Voiteluöljysuodin vaihdettu puhtaaseen. V
GA-10108S	328048	30.1.2016 16:38:54	Poksivuoto	Pumppu vuotaa kytkinpään poksista ----
GA-10108S	328381	2.2.2016 15:04:01	RT3: GA-10108S poksivuoto eristetyt	Pumppu vuotaa kytkinpään poksista, eris
GA-10108S	328383	2.2.2016 15:04:01	RT3: GA-10108S poksivuoto telineet	Pumppu vuotaa kytkinpään poksista, eris
GA-10108S	328503	3.2.2016 12:51:44	RT3: GA-10108S imusihdin valmistus 20" #300	NP1-4092 rev6 sheet2
GA-10108S	340081	13.5.2016 16:16:12	Poksivuoto	Havaittiin vuotavan pumpun kytkinpään

Taulukko 13 Esitötetty vikamuoto ja tarkastusmuistion tiedot

Luokittelussa käytetty vikamuoto	Pahin tapaus
Vuoto ulos-> nestekaasu->BDH yksikön pysäytys ja olefiniketju alkylointikierrolle	
Vuoto ulos-> vetyä->ohitus ja	
Tuubivuoto-> syöttö vuotaa tu	<b>Viinikainen Ville-Veikko:</b>
Tuubivuoto->nestekaasu ja la	<b>Tarkastusraportti v.2015</b>
Tuubivuoto->nestekaasu ja la	
Tuubivuoto->nestekaasu ja la	
Tuubivuoto->nestekaasu ja la	Yläpääty: Tiivistepinta OK. Päädyn sisäpuolella ei merkittävää
Tuubivuoto->nestekaasu ja la	syöpymää. Yläyhteen istutuksessa ollut joskus säröjä, jonka
Vuoto ulos-> nestekaasu-> p	vuoksi tehdään päädylle nytkin MT- tarkastuksia. 140515 PT396
Vuoto ulos-> vetyvuoto-> pain	
Vuoto ulos->nestekaasu ja v	Lieriössä lievää syöpymää yläosassa <0,4 mm syvää, alaosassa
Akselitiivistevuoto->nestekaas	hieman sy-vempää kuoppamaista (n. 0,5 mm). Alapääty
Akselitiivistevuoto->nestekaas	hyväkuntoinen. 130515 PT396.
Akselitiivistevuoto->nestekaas	
Akselitiivistevuoto->nestekaas	Paksuusmittauksissa ei havaittavissa merkittävää syöpymää.
Akselitiivistevuoto->CW vuoto	Kaikki kohdat melkein nimellimitoissaan, muutosta vuoteen 2010
	ei juuri ole. 150515 PT538
	Korroosiovara 3mm.

Taulukko 14 Korjauskustannukset M+ järjestelmästä

Yleistä	Rakenne	Tyypikuvaus	Varaosat	Mittauspisteet	Parametrit	Takuu	Kust./vuosi	
Ostopäivä:				Hankintakust.:				
►	Vuosi	Materiaali	Henkilöstö	Työkalut/Laitteistot	Kulut	Ulkoinen	Suora myynti	Kok.kust/vuosi
	2010	7843,53	4506,17	0,00	0,00	0,00	0,00	12349,70
	2011	97473,55	11238,93	0,00	0,00	55714,56	0,00	164427,04
	2012	977,11	3953,38	0,00	0,00	0,00	0,00	4930,49
	2013	36,80	219,63	0,00	0,00	0,00	0,00	256,43
	2014	6190,31	3214,48	0,00	0,00	40892,04	0,00	50296,83
	2015	2268,59	6249,71	0,00	0,00	136935...	0,00	145454,09
	2016	1065,27	1680,00	0,00	0,00	8392,31	0,00	11137,58

### 7.1.3 Turvallisuusriskin arviointi

Itsenäiseen työhön kuuluu myös turvallisuusriskin arviointi etukäteen Baker Riskin tekemän QRA:n (Quantative Risk Assessment) pohjalta. Turvallisuusriski perustuu mahdolliseen vuotoskenaarioon 12,5 mm halkaisijaltaan olevasta reiästä. Tällä on vaikutusta kriittisyysluokittelun turvallisuusriskiin, mikäli valittu vikamuoto on sellainen, että prosessiaine pääsee ulos ilmakehään. QRA:n turvallisuusriskin arviointi perustuu NOOD-429 mukaiseen riskimatriisiin ja sitä on sovellettava, jotta riskiluokitusta voidaan käyttää PSK 6800 -standardin mukaisessa kriittisyysluokituksessa. Esimerkiksi NOOD-429 riskimatriisissa Category 1 vastaa PSK6800 standardin mukaista turvallisuusriskiä 2. QRA:n mukaiset putkistot on piirretty virtauskaaviotasolle ja näiden hyödyntäminen onnistuu vain osalle prosessilaitteistoista. Taulukossa 15 on luotu esimerkki QRA:n pohjalta vaadittavista tarkasteltavista elementeistä.

Taulukko 15 QRA:n turvallisuusriski

Laitte	Putkisto 1	Putkisto 2	Väliaine	Temperature (C°)	Pressure (bar(g))	Discharge coef.	Release velocity (m/s)	QRA total risk (korkein)	Risk Matrix	PSK turvallisuus riski
DA-10501/II	BERP3-02	RVT02-02-DA10501	LPG	110	13,98675	0,95	415,852	2,67E-07	Category 1	2
DA-10502	RVT02-03-DA10502		HYDROGEN	40	12,98675	0,95	1174,16	1,16E-06	Category 2	4
DA-10503	RVT02-01-DA10503		H2/C1/C2/C3/H2	40	3,20675	0,95	415,852	2,6E-06	Category 2	4

#### 7.1.4 Materiaalivalintakaavion tiedot ja laitteen ikä

Kiinteille laitteille tulee hakea materiaalivalintakaaviosta laitteen nykyisen kunnon arvioimiseksi määritelty tila. Materiaalivalintakaaviossa laitteen kuntoa on arvioitu värikoodein keltainen ja punainen. Punainen aiheuttaa suoran vaikutuksen kriittisyyteen ja keltainen tulee ottaa vahvasti huomioon arvioidessa laitteen kriittisyyttä. Laitteen ikä ja sille arvioitu elinkaari ovat myös osa kriittisyysluokituksen arviointiperustetta ilman mitään erillistä painoarvokerrointa taulukon 16 mukaisesti.

Taulukko 16 Materiaalivalintakaavio ja elinkaari

Asennusvuosi	Elinkaari	Materiaalivalintakaavio		Luokittelussa käytetty vikamuoto (todennäköinen)	
			Lisäkommentit		
1975	10 vuotta	Ei voida ohittaa		tuubivuoto/laipan tiivistevuoto, turvallisuussyistä	vuoto ulos
1975	10 vuotta	Ei voida ohittaa		tuubivuoto/laipan tiivistevuoto, turvallisuussyistä	vuoto ulos
1993	10 vuotta	Ei voida ohittaa		tuubivuoto/laipan tiivistevuoto, turvallisuussyistä	vuoto ulos
1999	10 vuotta	Ei voida ohittaa		tuubivuoto/laipan tiivistevuoto, turvallisuussyistä	vuoto ulos

#### 7.1.5 Kriittisyysluokittelutyöpaja

Kriittisyysluokittelutyöpaja on käyttövarmuusinsinöörin fasilitoima tilaisuus, jonka osallistujajoukko koostuu prosessin ja kunnossapidon asiantuntijoista. Tilaisuudessa on oltava paikalla joko käyttöinsinööri tai käyttömestari. Kunnossapidon osalta mukana pitää olla ammattialansa aluevastaava. Pyörivien ja mekaanisten laitteiden käsittely voidaan ajoittaa niin, ettei aluevastaavien tarvitse olla läsnä koko istunnon ajan. Mikäli on mahdollista, operoinnista on hyvä saada osallistujaksi operaattoreita tai tuotantomestari.

Työpajassa voidaan tehdä samalla kertaa muutoksia laitetietoihin, laitteiden nimen muutoksia tai muiden puutteellisten laitetietojen päivityksiä. Työpajassa oleva työryhmä hyväksyy laitteiden luokituksen.

#### 7.1.6 Dokumentointi ja tiedon vieminen järjestelmiin

Valmiin kriittisyysluokittelun tulokset lähetetään käyttövarmuusinsinöörin toimintasuunnitteluinsinöörille equipment criticality index-siirtopohjan avulla. Toimintasuunnitteluinsinööri vie tiedot M+ toiminnanohjausjärjestelmään.

Mekaanisten ja pyörivien laitteiden kriittisyysluokittelutiedot säilytetään laitteiden kriittisyysluokittelun työtilassa tuotantolinjakohtaisessa kansiossa portaalisissa. Työtilaa hallinnoi käyttövarmuusinsinööri.

#### 7.1.7 Kriittisyysluokitusten päivittäminen

Kriittisyysluokitusten tulee mukailla olemassa olevaa laitekantaa. Uusien laitteiden kohdalla kriittisyyden arviointi tulee suorittaa aina erikseen. Kun laite poistetaan käytöstä, sen kriittisyysluokittelurivi ylliviivataan. Tietoa kriittisyysluokituksesta ei tule hävittää kriittisyysluokittelutaulukosta historiatiedon säilyttämiseksi. Vastaavat toimenpiteet tulee tehdä kriittisyysluokittelutiedon sisältäviin suunnittelu- ja kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmiin.

Kriittisyysluokittelun tulokset tulee käydä läpi vähintään viiden vuoden välein sekä aina yksikön päivityksen tai käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä. Vanhat kriittisyysluokitteluersiot säilytetään portaalin kriittisyysluokittelutilassa.

## 8 Johtopäätökset

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää ja luoda kriittisyysluokittelumenetelmästä selkeä toimintapa sekä löytää kriittisyysluokittelun tuloksille käyttökohteita. Työn tuloksina saatiin luotua yhteneväinen ohjeistus kriittisyysluokitusten toteuttamiselle hyödyntäen jo tehtyjä riskitarkasteluja sekä muuta olemassa olevaa vikahistoriatietoa. Kriittisyysluokituksen tulosten hyödyntämiselle löydettiin useita kohteita ja näiden jalkauttaminen on tulevaisuudessa.

Laitteiden kriittisyysluokitusmenetelmän kehittäminen ja kriittisyysluokituksen tulosten hyödyntäminen on ollut mielenkiintoinen ja opettavainen työ. Mitä enemmän aiheeseen syvennyttiin ja mitä enemmän löytyi tietoa laitteista ja niille tehdyistä riskinarvioinneista, sitä enemmän voidaan niitä hyödyntää laitteiden kriittisyysluokituksissa. Opinnäytetyössä löydettyillä menetelmillä on saatu kriittisyysluokittelua enemmän olemassa oleviin riskitarkasteluihin perustuvaksi kuin pelkästään ihmisten mielipiteeseen pohjautuen. Tämä korostuu parhaiten turvallisuusriskin määrittämisessä, joka

tehdään nyt QRA:han perustuvaan valmiiseen laskennalliseen riskiin. Lisäksi vikaantumiset käydään nyt tarkasti läpi niin M+ järjestelmästä kuin tarkastusmuistioiden ja materiaalivalintojen kautta.

Itse prosessi on nyt selkeästi jaettu itsenäiseen ja ryhmätyönä tehtävään osioon. Näin säästetään aikaa, kun yksi henkilö tekee valmistelut työpajassa tehtävää työtä varten. Ennen luokitteluprosessin selkiyttämistä ja pelkästään työryhmässä tehtäessä aikaa yhden laitteen kohdalla meni noin viisi minuuttia, vaihtelua työryhmien välillä oli 4,5-9 minuuttia. Tällä hetkellä luokitteluun menee aikaa keskimäärin kolme minuuttia laitteelta. Edelleenkin työryhmän kokoonpanolla on vaikutusta luokituksen kestoon. Tärkeintä luokituksessa on yhä laatu eikä siihen kulunut aika, mutta määriteltujen asioiden katsominen ennen luokittelutilaisuutta on erittäin järkevä toimintatapa.

Opinnäytetyöni teoriaosuudessa käsiteltiin myös RBI:tä eli riskiperusteista tarkastusta, jonka käyttöönottoa Nesteellä ollaan valmistelemassa. Menetelmän tuloksia voitaisiin hyödyntää kriittisyysluokituksessa ja vastaavasti kriittisyysluokitus antaa suuntaa, mille laitteille kannattaa RBI-menetelmää hyödyntää. RBI-projektin kautta tälle analyysille ollaan hankkimassa erillistä ohjelmistoa. Sama ohjelmistotarjoaja mahdollistaisi myös kriittisyysluokitusten ja RCM-työn tekemisen erillisellä ohjelmistolla nykyisten Excel-pohjien sijaan. Yksi ja sama järjestelmä olisi erittäin hyvä ratkaisu tietojen hallittavuuden ja dokumentoinnin säilyvyyden kannalta sekä riskitarkasteluiden kokonaisuuden hallinnan kannalta.

Teoriaosuudessa käsiteltiin muutamaa muuta erilaista kriittisyysluokittelumenetelmää ja havaittiin, että kaikissa menetelmissä on samanlaisia kriteereitä ja vain niiden vaikuttavuuksilla on eroja. Kaikista löytyy arviointikriteereinä turvallisuus, ympäristö ja tuotannon menetys. Todennäköisyyden arvioimiselle näistä löytyy eroja, valitaanko pahin mahdollinen tapahtuma vai todennäköisin tapahtuma. Pahimmat mahdolliset tapahtumat käsitellään yleisesti ottaen HAZOP-riskianalyysimenetelmällä. Kokemuksien vaihdossa kriittisyysluokittelumenetelmistä yhdysvaltalaisen Chevronin öljynjalostamon luotettavuusinsinöörin kanssa tuli ilmi, että hän oli erittäin vakuuttunut Nesteellä käytettävästä suomalaisesta PSK6800 standardista. Kriittisyysluokitteluiden pitämisen kautta tehtyjen havaintojen perusteella sekä riskinarviointien teori-

aan perehtyen havaittiin, että menetelmästä riippumatta niin kauan kuin ihmiset tekevät analyysin ilman luotettavaa tilastotiedettä, ei täysin aukotonta kriittisyysanalyysimenetelmää ole olemassa. Esimerkiksi NORSOK-Z008 mukainen luokittelu tarvitsee onnistuakseen yhtä luotettavaa pohjatietoa kuin PSK6800. Luokituksen tulokset ovat niin luotettavia kuin käytössä oleva data ja ihmisten osaaminen yhdessä antavat lopputulokseksi.

Opinnäytetyössäni käsitelty kriittisyysluokitusten tulosten hyödyntäminen antaa paljon mahdollisuuksia laitoksen luotettavuuden parantamiseen. Suurin ongelma kriittisyysluokituksen tulosten hyödyntämisessä on ollut kriittisyysluokituksen tulosten jalkauttamisen varmistamisessa. Korjaavaan kunnossapitoon ja erittäin reaktiiviseen kunnossapitomailmaan tottuneessa Nestein öljynjalostamossa tarvitaan asenne muutosta kunnossapitoon. Tähän onkin tulossa muutosta kunnossapidon organisatiouudistuksen kautta, kun perinteinen kunnossapito pyritään muuttamaan omaisuudenhallinnan keinojen avulla enemmän ennakoivampaan ja suunnitelmallisempaan suuntaan. Luotettavuusprojektin kautta luodulla pohjalla kriittisyysanalyysin ottamiseksi osaksi RCM-työtä on edistytty tuloksien hyödyntämisen suhteen. Töiden priorisointi kriittisyyden mukaan vaatii vielä jalkauttamista ja yhteisten pelisääntöjen luomista tuotannon ja kunnossapidon välille. Kaikilla osapuolilla tulee olla sama ymmärrys siitä, millä perusteilla laitteet määritellään huoltoon otettaviksi. Yksi tärkeimmistä kriteereistä tähän on laitteen kriittisyys.

Kriittisyysluokituksen vaikutus varaosapolitiikkaan on myös oma laaja kokonaisuutensa, mihin tulee pystyä vaikuttamaan laitteen kriittisyyden kautta. Suurin ongelma tässäkin kohtaa on selkeiden määritelmien puute siitä, millä perusteella varaosia voidaan varastoida tai sopia varastoitavaksi toimittajan varastoon. Tähänkin on tulevaisuudessa omaisuudenhallinnan kautta tulossa muutoksia ja yhtenä tärkeimpänä kriteerinä pidetään laitteen kriittisyyttä.

Laitteen kriittisyyden alentamiseen ei ole aikaisemmin kiinnitetty mitään erityistä huomiota. Opinnäytetyöni aikana tehdyissä kriittisyysluokitteluiden päivityksissä huomattiin vaikutuksia kriittisyyden muuttumiseen pidentyneen vikataantumisvälin kautta. Laitteiden vikaantumisväliä tulisi seurata aktiivisimmin, koska näin pystytään puuttumaan prosessin epäluotettavimpiin laitteisiin ja poistamaan ongelmakohtia sekä parantamaan kunnossapidon toimintaa, kun jatkuvat ongelmakohdat pystytään

poistamaan ja ne eivät kuormita työntekijöitä. Tällä hetkellä vikaantumisväliä seurataan ainoastaan pumppujen mekaanisten tiivisteiden osalta ja tämänkin tarkastelun tekee ulkopuolinen toimija. Nesteellä vikaantumisvälin seuranta helpottuisi FRACAS-menetelmän mukaisella tarkemmalla vikahistorian kirjoittamisella. Tänä päivänä nykyisen M+ toiminnanohjausjärjestelmän vikahistoriadata on liian irtonaista ja vajaata, jotta tätä menetelmää voitaisiin täysimääräisesti hyödyntää.

Jatkokehityskohteet opinnäytetyön jälkeen ovat uudet vaatimukset Tukesin (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto) puolelta. Ne velvoittavat turvallisuuskriittisten laitteiden määrittelymiseen ja niiden löytymiseen kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmästä. Tämä tulee olemaan yksi tärkeimmistä jatkotoimenpiteistä, koska tarkastelu tehdään prosessiturvallisuuden näkökulmasta. Tähänastinen kriittisyysluokittelu on pohjautunut kokonaisvaltaisempaan luokitteluun laitekriittisyyttä arvioitaessa ja laitteiden luotettavuuden näkökulmasta. Mielestäni näitä kahta määritelmää ei voida puhtaasti yhdistää, koska tarkastelujen lähtökohdat ovat hieman erilaiset.

Kyselyn tuloksien pohjalta kehityksen kannalta olisi tärkeää toteuttaa Nesteellä RAM-analyysin kaltaisia tarkasteluja prosessilaitteille ja vertailla niiden antamia tuloksia nykyisiin kriittisyysluokitteluihin. Kyselyn ja havaintojen perusteella RAM-analyysi on paljon edistysellisempi ja kokonaisvaltaisempi analysointimenetelmä kuin pelkkä kriittisyysluokittelu. Tämän voisi testata jollain pienellä prosessiyksiköllä, jossa on so- piva laitemäärä eri kriittisyyden omaavia laitteita.

Investointien hallinnan osalta luodun kehitysmenetelmän avulla tulee olemaan myös suuri vaikutusmahdollisuus laitteiden parantuneen käyttövarmuuden osalta. Kun laitteiden kriittisyyteen kiinnitetään huomiota jo suunnittelu-, hankinta- ja asennusvaiheessa, vaikutusmahdollisuudet ongelmakohtien havainnoimiseksi kasvaa huomattavasti.

Suurimmat haasteet kriittisyysluokittelun tulosten hyödyntämiselle ovat jalkauttamisen onnistumisessa ja toimintatapojen muutoksessa. Ihmisten ajatusmaailmassa pois oppiminen on kaikkein vaikeinta, kun on opittu tekemään joitakin asioita määrättyllä tavalla.

## Lähteet

- API. 2016. Standard API 581, Risk-based Inspection Methodology. Third Edition. Washington: American Petroleum Institute
- API. 2016. Standard API 581 RP, Risk-based Inspection Methodology. Third Edition. Washington: American Petroleum Institute
- Calixto, E. 2016. Gas and Oil Reliability Engineering Modelling and Analysis. Oxford: Elsevier
- Hecht, H. 2003. Systems Reliability and Failure Prevention. Norwood. Artech House
- IEC.2006. Standard IEC 60821. Analysis Techniques for System Reliability - Procedure for Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Geneva: International Electrotechnical Commission
- Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito, tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 5. uudistettu painos. Helsinki: KP-Media
- Laine H. 2010. Tehokas kunnossapito, tuottavuutta käynnissäpidossa. 1. painos. Helsinki: KP-Media Oy
- Mikkonen H., Miettinen J., Leinonen P., Jantunen E., Kokko V., Riutta E., Sulo P., Komonen K., Lumme V., Kautto J., Heinonen K., Lakka S. & Mäkeläinen R. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito, käsikirja. 1. painos. Helsinki: KP-Media Oy
- Neste. 2017. Neste- tietoa meistä Juuremme. Kotisivu>konserni>tietoa meistä. Viitattu 8.7.2017. <https://www.neste.com/fi/fi/konserni/tietoa-meistä/juuremme>
- Neste. 2016. NOQD- PROCESS RISK CLASSIFICATION. Viitattu 14.8.2017
- NORSOK 2001. Standard Z-008. Criticality analysis for maintenance purposes. Oslo: Norwegian Technology Centre
- PSK. 2008. Standardi PSK 6800, Laitteiden kriittisyysluokitteluteollisuudessa. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry
- SFS. 2010. Standardi SFS-EN 13306, Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS ry
- SFS. 2013. Standardi SFS-EN 31010, Riskien hallinta. Riskien arviointimenetelmät = Risk management. Risk assessment techniques. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS ry
- SFS. 2000. Standardi SFS-IEC 60300, Luotettavuusjohtaminen osa 3: Käyttöä. Luku 9: Teknisten järjestelmien riskianalyysi. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS ry
- SFS. 2011. Standardi SFS-ISO 31000, Riskienhallinta. Periaatteet ja ohjeet. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS ry
- SFS. 2014. Standardi SFS-ISO 55000, Omaisuudenhallinta. Yleiskuvaus, periaatteet ja termit. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS ry
- SKF. 2011. Power point esitys. Kriittisyysluokituskoulutus Nesteellä.

Smith, A., Hinchcliffe, G. 2004 RCM Gateway to World Class Maintenance. Oxford. Elsevier

Smith, D. 2011 Reliability Maintainability and Risk. Oxford. Elsevier

Smith, R., Mobley, K. 2008. Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers. Burlington. Elsevier

TUKES. 2016. Prosessiturvallisuus ja sen mittaaminen. Helsinki: TUKES

Tweeddale, M. 2003 Managing Risk and Reliability of Process Plants. Oxford. Elsevier

Wiley, J. 2017 Guidelines for Asset Integrity Management. New Jersey. Wiley

## Liitteet

### Liite 1. Kriittisyysluokittelun kehittäminen kysely

#### 1. Työkokemuksesi kesto prosessiteollisuudessa?

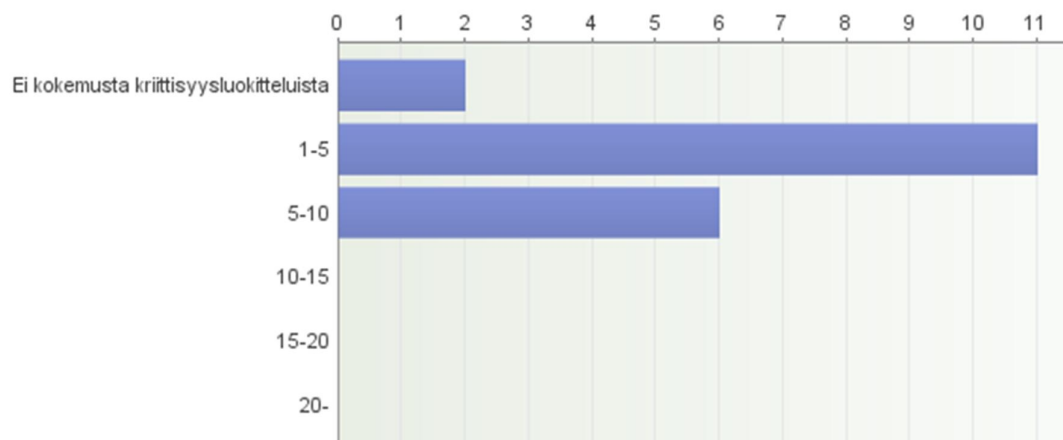
Vastaajien määrä: 19



#### Vastaajan taustatiedot

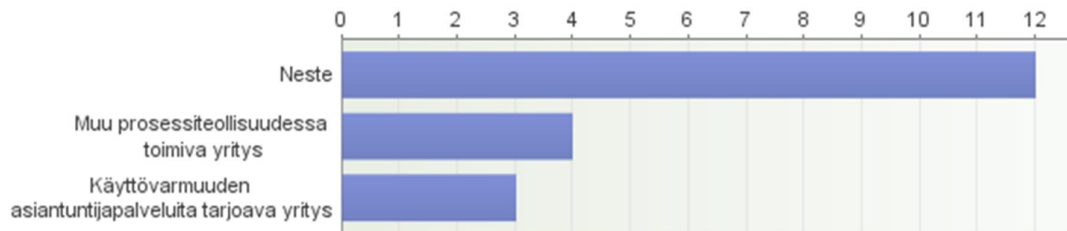
#### 2. Työkokemuksesi laitteiden kriittisyysluokitteluista?

Vastaajien määrä: 19



### 3. Työnantaja?

Vastaajien määrä: 19



### Kriittisyysanalyysi

#### 4. Mikä on mielestäsi laitteiden kriittisyysluokittelun tarkoitus?

Vastaajien määrä: 19

- Ymmärretään laitteiden tärkeysjärjestys prosessille ja ohjataan mm. kunnossapitotoimia tärkeysjärjestyksen perusteella.
- kohdentaa käyttövarmuuden hallintaa kriittisiksi tunnistetuille laitteille ja tuoda systemaattinen lähestyminen ennakkohuollon perustaksi sekä moneen muuhun esim. investointisuunnittelun tueksi
- Tavoitteena on määrittää ja priorisoida laitoksen eheyden kannalta kriittiset laitteet koko laitekannasta. Kriittisyysluokittelua käytetään vika-vaikutus – analyysin tuloksena syntyneiden ennakkohuoltotehtävien kohdistamiseen ja tätä kautta kunnossapidon resurssien priorisoimiseen.
- Laitteiden kunnossapidollinen priorisointi, joka ohjaa laitteiden kunnossapidon strategioiden määrittämisessä, kunnossapidon töiden priorisointia sekä varaosavarastossa pidettäviä nimikkeitä.
- Kunnossapidon resurssien kohdentaminen pitää sisällään niin materiaalin kuin työnkin. Ennakoivan kunnossapidon kohdistaminen.
- Tunnistetaan tärkeät laitteet jotta osataan jatkossa panostaa resursseja oikeaan paikkaan. Samalla voidaan löytää "liian" kriittisiä laitteita joita pitää investoimalla saattaa vähemmän kriittisiksi.
- Määritellä prioriteetit kunnossapitoa, varaosia ja investointeja varten. Määritellä osamisen priorisointi. Tietoisuuden kasvattaminen riskeistä koko henkilöstölle.
- Muodostaa laitteet järjestykseen jatkokäyttöä varten valitun ohjaavan kriteerin perusteella (turvallisuus, käytettävyyden, korjattavuus etc. tai niiden kombinaationa)
- 1) Parantaa laitoksen luotettavuutta ja siten turvallisuutta
- 2) Ohjata resurssit kriittisten laitteiden kunnossapitoon
- 3) Tunnistaa korkean riskin laitteet ja niiden elinkaari
- Luokitella laitteet
- Luotettavuuden ja turvallisuuden parantaminen
- Kunnossapidon priorisointi
- Ennakkohuollon kohdistaminen
- Varaston optimointi
- Kustannusten optimointi
- Löytää prosessin kannalta kriittisimmät laitteet joiden kunnossapitoon ja ennakkohuoltoon on panostettava. Varalaitteet tai vähintään varaosat on löydettävä näille laitteille. Samalla nähdään ne vähemmän kriittiset laitteet jotka voidaan ajaa rikkoutumiseen saakka. Nämä eivät pysäytä tuotantoa.
- Laitteiden järjestely tärkeysjärjestykseen prosessin mukaan. Saada hyötyjä kunnossapitokustannuksiin sekä lisätä käytettävyyttä

- Luokittelussa tarkoituksena on tunnistaa laitteiden todellinen tärkeys niiden toimintaympäristössä, jotta tehtaan toiminnalle voidaan taata haluttu suoritustaso niin turvallisuuden, ympäristöasioiden, kuin tuotannollisten tavoitteiden suhteen.
- Tunnistaa käynnin kannalta tärkeät laitteet prosessiyksiköstä. Tämän avulla voidaan tehdä työsuunnittelua perustuen käytettävyyteen.
- Tunnistaa ja luokitella prosessin kannalta kriittiset laitteet
- Sillä määritetään kriittisille laitteille kunnossapito ja ennakkohuolto ohjelmat. Huomioidaan turvallisuus- ja ympäristövaikutukset, tuotantovaikutukset, sekä korjaus- ja seurausvaikutukset
- Luokitella koko laitemassa jonka perusteella voidaan selvittää mitkä laitteet ovat kriittisiä ja mitkä eivät. Kriittisyysluokituksella voidaan tulevaisuudessa ohjata esim. kunnossapitoa ja varaosapolitiikkaa.
- Luokitella laitteet tärkeysjärjestykseen haluttujen kriteereiden ja käyttötarkoituksen mukaisesti. Kriittisyysluokittelua suunniteltaessa tulee miettiä luokittelun käyttötarkoitusta, mikä määrittelee käytettävän menetelmän sekä yleiset luokittelun suuntaviivat

## 5. Miten näet PSK6800 mukaisen kriittisyysluokittelun kuvaavan prosessilaitteiden tärkeyttä tällä hetkellä?

Vastaajien määrä: 18

- Uskottavasti. Standardi työkalun avulla saavutetaan järjestelmällinen työmetodi.
- valittujen kriteerien pohjalta hyvin mutta on laitekohtainen ja ei ota huomioon laajempaa kokonaisuutta kenties riittävästi ja on samansuuntainen kuin muilla jalostamoilla välillä tosin joku laite ei nouse riittävän kriittiseksi tai päinvastoin
- Varmastikin tunnistaa tärkeimmät laitteet.
- Kriittisyysluokittelu PSK6800 mukaisella menetelmällä tuottaa mielestäni osatotuuden laitteiden kriittisyydestä. Tämä siitä johtuen, koska luokittelussa laitteiden vikaantumiset sekä niihin liittyvät seuraukset käydään läpi yhden skenaarion avulla, jonka pohjalta kriittisyysluku muodostetaan. Mielestäni tässä yhteydessä tulisi huomioida jollain tapaa jo "ominaisuuksiksi" muodostuneet usein toistuvat häiriöt sekä laitteiden yhteisvikojen seuraukset kokonaisvaltaisemman kuvan muodostamiseksi yksittäisten laitteiden kriittisyydestä prosessille.
- Mahdollistaa laitteiden asettamisen kriittisyysjärjestykseen. Käytännössä karkeampikin jaottelu riittäisi.
- "Parhaalla saatavilla olevalla tiedolla" kuvaavat nyt. Pienellä riskien uudelleenkalibroinnilla kuvaisivat ehkä paremmin.
- Hyvin
- Luokittelu kuvaa hyvin erityisesti pyörivien ja useille erilaisille vikaantumismekanismeille alttiiden laitteiden kriittisyyttä.
- Hyvin
- Vähäiseen standardiin perehtyneisyyden perusteella käyttökelpoinen työkalu oikein käytettynä.
- En ole ollut mukana meidän kriittisyysluokittelun teossa.
- meillä on käytössä oma luokittelu, joka pohjautuu psk 6800, mutta sitä on räätälöity omien tarpeiden mukaiseksi. Taulukko on matriisityyppinen ja se kuvaa hyvin laitteen kriittisyyttä laitteen pysähtymisen aiheuttamista tuotantotappioista sekä laitteen arvon mukaan
- PSK6800 hieman sovellettuna on toiminut erittäin hyvin, jotta laitteiden todelliset kriittisyydet on saatu tunnistettua.
- Kohtuu hyvin prosessiyksikön tasolla.
- Kuvaa hyvin
- Minulla ei ole käytännön kokemusta kyseisestä standardista
- PSK 6800 mukainen kriittisyysluokitus on Nestein käyttöön tarpeeksi laaja. Kyseinen standardi ottaa hyvin kantaa eri prosessiteollisuuden tarpeisiin. Nesteellä käytettävää pohjaa on muokattu sopimaan paremmin Nestein tarpeisiin. Mielestäni kyseisellä luokittelu pohjalla on saatu hyvin eroteltua mitkä laitteet on kriittisyydeltään kriittisiä, Tärkeitä ja Normaali tason laitteita.
- Kohtuullisen hyvin ennakkohuollon tehtävien kohdistamisen kannalta. Ei niinkään hyvin, mikäli ajatellaan tilannetta, että luokiteltu laite ei olisi lainkaan käytettävissä. Tyypil-

lisesti pyörivien laitteiden osalta luokittelu paremmin ja laaja-alaisemmin hyödynnettävissä.

## 6. Mitä haasteita on luotettavassa luokittelussa?

Vastaajien määrä: 19

- Luokittelun tulokset on aina sitä tekevän ryhmän näköiset. Luokitteluun tulisi osallistua ihmisiä kaikilta tasoilta.
- riittävä osaaminen tehdessä luokittelua  
ajankäyttö vs. resurssit  
organisaation sitoutuminen ja tukeminen tavoiteltuun  
laadukkaan luokittelun muodostaminen ja saadaanko oikea käsitys  
miten luokittelua tulkitaan  
mitä luokittelulla tehdään ja miten
- Jatkuvuuden säilyttäminen, ei saa jäädä kertaluonteiseksi.
- Rinnakkaisten järjestelmien/laitteiden yhteisvikojen huomioiminen. Vikaantumisen dynaamisuus ts. vikaantumiset tulevat ryppäinä esim. vikaantumiset keskittyvät tietyille vuodenajalle. Lisäksi haasteena miten vikaantumisen luokittelun yhteydessä tulkitaan sillä usein toistuvat pienet viat "häiriöt" voivat nousta merkittävämmäksi kuin mitä yksi suurempi vika, jonka toteutuminen harvinaisempaa.
- Vikaantumisvälin arvioiminen, mikä ei ole edes välttämätöntä kriittisten kohteiden tunnistamisessa.
- Vikaantumisvälit ovat aina vähän arpapeliä. Myös kaikkien mahdollisten seurausten huomaaminen on hankalaa. Esim. seuraukset muulle jalostamolle nostaisivat helposti kriittisyyttä mutta niitä ei linjakohtaisilla työryhmillä välttämättä ole tiedossa.
- Onko luokittelussa käytetty standardia, onko luokittelijoilla riittävä osaaminen, onko luokittelijat kokeneita ja tehdäänkö luokittelu riittävän usein.
- Osaavien resurssien saaminen luokitteluun
- Kiinteiden laitteiden kriittisyyden luokitteluun on olemassa oma standardi (API 580 ja API581), joka pohjautuu vauriomekanismien tunnistamiseen (API571) ja laitteen aiempaan tarkastushistoriaan. Näiden avulla kriittisyysluokittelu saadaan tarkemmaksi.
- Vikaväli
- Osaavien ja motivoituneiden henkilöiden saaminen luokitteluistuntoihin käytöstä ja kunnossapidosta.  
Motivaatio osallistua istuntoihin.  
Ensimmäinen kriittisyysluokittelu noin vuonna 2010 lähti hieman väärin perustein liikkeelle ja se on saattanut vaikuttaa aiempiin tuloksiin ja luoda ennakkokäsityksiä.  
Onko käytettävissä riittävästi osaavia fasilitaattoreita?
- Pitää luokittelukriteerit koko ajan samoina.
- Jos ei tunneta laitetta, niin ei voida luokitella mitään
- Suurin haaste mielestäni on oikean tiedon käyttäminen luokittelussa. Mikäli käsiteltävällä osastolla on paljon uusia henkilöitä, joilla ei ko. osaston toiminnasta ole vielä paljon kokemusta voi luokittelussa jäädä joutain huomioimatta. Pääsääntöisesti kuitenkin selvät kriteerit luokittelussa auttavat jo melko pitkälle kohti luotettavaa lopputulosta.
- Pisteytys tulisi laajentaa jalostamotasolle tai prosessiyksiköt pitäisi pisteyttää jalostamotason saamiseksi, koska kunnossapito palvelee koko jalostamoa. Tällöin työjonoissa tulee paremmin huomioitua koko jalostamon käytettävyyttä.
- Riittävät faktatiedot sekä asiantuntijoiden osallistuminen
- Riittävät resurssit, jotta työ voidaan tehdä sen vaatimalla tarkkuudella. Työ vaatii edustajia eri osastoilta kunnossapito, tuotanto, turvallisuus yms. Pitää ymmärtää mitä ollaan tekemässä ja hahmottaa kokonaisuus.
- Luotettava luokittelu vaatii ensinnäkin hyvän ja kokeneen fasilitaattorin joka pystyy suoriuttamaan luokittelun samalla tavalla kuin muissakin yksiköissä. Näin saamme koko massalle vastaavan luokituksen. Toiseksi luokittelussa pitää olla tarvittava määrä osaamista mukana (vähintään linjan aluevastaava, Aluetarkastaja ja käyttöinsinööri). Näin saamme kaikkien laitteen ympärillä toimivien sidosryhmien näkemyksen luokitteluun mukaan. Kolmantena näkisin että hyvä ja laadukas kunnossapitohistoria auttaa tekemään luotettavaa luokittelua. Neljänneksi olisi hyvä olla kattava historia tuotantotappioita aiheuttaneista tapahtumista.
- Luokittelussa käytettävän vikamuodon ja sen todennäköisyyden määrittäminen - tässä luokittelu joko onnistuu tai menee totaalisen väärin, Asiantuntevan ryhmän paikalle saaminen,

Eri istuntojen välillä mahdollisesti tapahtuvat toisistaan poikkeavat linjaukset luokitteluperiaatteissa, Kiire/ylimalkainen käsittely, Luokittelun tarkoituksen väärin ymmärtäminen, Takertuminen merkityksettömiin pikku-seikkoihin tai pahimpaan vikamuotoon

## Kriittisyysanalyysin hyödyntäminen

### 7. Miten kriittisyysluokittelun tuloksia hyödynnetään tällä hetkellä eri toiminnoissa (kunnossapito, tuotanto, hankinta, varasto)?

Vastaajien määrä: 19

- ODR-toimintaa ohjataan.  
Kriittiseksi tunnistetuille laitteille tehdään vika- ja vaikutusanalyysyjä.  
Tunnistetuille vikamuodoille mietitään parantavia ja viat poissulkevia ratkaisuja.
- vva, odr, voitelu, pdm
- Kunnossapito -> VVA, EH ohjelmat ja mahd töiden priorisointi joillakin toiminnoilla.  
Varasto -> joillakin toiminnoilla mutta ei systemaattisesti kaikilla.  
Hankinta -> ei näy tällä hetkellä  
Tuotanto > ei näy
- Laitteiden kunnossapitotöiden ohjauksessa eli kriittisimmät laitteet huolletaan/korjataan ensin. Varaosavarastossa pidettävien nimekkeiden hallinnassa. Kriittisille laitteille on määritetty ennakoivia toimenpiteitä riskien vähentämiseksi.
- Kriittisyysluokittelulla ohjataan kunnossapidon resursseja ja perustellaan varaosien varastointia.
- En osaa sanoa.
- Vika- ja vaikutusanalyysi on ainoa kohde missä kriittisyysluokittelua hyödynnetään.
- Toistaiseksi hyvin vähän
- Tarkastukseen liittyvien havaintojen osalta tehdään tarvittavia lisätarkastuksia.
- Huonosti. Jäävät hyllyyn
- Epäselvää, hyödynnetäänkö mitenkään.
- Meillä tällä hetkellä huonosti. Kriittisyysluokittelu ei ole ajan tasalla.
- Kunnossapito hyödyntää kriittisyysluokittelua esimerkiksi ennakko- huoltosuunnitelman tekemisessä. Ei kriittisten laitteiden osalta, huoltovälin pidentäminen tuo kustannuksiin huomattavia säästöjä. Tuotanto hyötyy seisokkiaikojen pidentymisellä, joka mahdollistaa enemmän tuotantoa. Kriittisyysluokittelua voidaan hyödyntää laitteiden ja varaosien varastosaldon optimointia varten. Voidaan varastoida kalliita ja pitkiä toimitusaikoja vaativia laitteita/komponentteja. Näistä hyötyy hankinta ja varasto
- Kriittisyyttä hyödynnetään kokonaisvaltaisesti, joskin pääsääntöisesti kunnossapito / varaosa-asioissa.
- en tiedä
- Monella toiminnolla huonosti, kuitenkin paranemaan päin
- Lisätään kriittisten laitteiden valvontaa ja vähennetään ei kriittisten laitteiden valvontaa.
- Kriittisyysluokittelua ei minun mielestäni vielä tässä kohtaa hyödynnetä sillä tavalla kuin tarve olisi. Kriittisyysluokituksen pitäisi tulevaisuudessa ohjata kunnossapitoa. Mitä kriittisempi sitä suuremmalla intensiteetillä huolletaan. Luokituksen pitäisi ohjata ennakko- huoltojen määrää ja laatua. Luokituksen pitäisi ohjata varaosapolitiikkaa. Kriittisyysluokitus pitäisi olla mukana jo investointivaiheessa. Sekä Tuotannon näkökulma pitää näkyä luokittelu indeksissä.  
Kriittisyysluokituksen perusteella on aloitettu vika- ja vaikutusanalyysin suorittaminen osalle kriittisiä laitteita. Vika- ja vaikutusanalyysin perusteella on tehty ns. RCM toimenpiteitä joiden perusteella on pyritty estämään mahdollisia tulevia vikaantuvuuksia.
- Nesteen tilanteesta sen verran kuin tiedän, hyödyntäminen pääasiallisesti ennakko- huoltotehtävien määrittämiseen ja kohdistamiseen kunnossapidossa

### 8. Miten kriittisyysluokittelun tulisi näkyä eri toiminnoissa (kunnossapito, tuotanto, hankinta, varasto)?

Vastaajien määrä: 18

- Kunnossapidon priorisointiin.  
Hankinta määrittelyihin.  
Varaosamäärittelyihin.  
ODR-kierrosten ohjaukseen.
- ennaoivan työn pohjana konepuoli automaatio mek.
- Varasto > linkitetty CMMS -järjestelmään ja laitteeseen jossa luokittelu. Kriittiset tunnistettu js katseli useaan jatkuvasti. Hallinta joko itsellä tai palveluna toimittajalta.  
Hankinta > linkitetty CMMS -järjestelmään ja laitteeseen jossa luokittelu. uusissa projekteissa luokittelut tehty ennen hankintaa jotta ohjaa mm toimitusvalvontaa, asennusta, testausta yms.
- Kriittisyysluokittelun pitäisi ohjata kunnossapidon toimintaa laitteiden kunnossapitostrategioiden, sekä töiden priorisointien osalta. Varastossa pidettävien kriittisten varaosien tulisi osaltaan ohjautua laitteen kriittisyyteen.
- Kriittisten laitteiden varaosien saatavuutta pitää parantaa varastoinnin lisäksi. Laitteisiin pitäisi myös soveltaa ennaoivaa kunnossapitoa. Laitteiden operointiin pitäisi myös panna nostaa siten, että ihmiset osaavat niitä myös operoida. Koulutustarve pätee tietysti myös kunnossapitoon.
- Kriittisyyden pitäisi ohjata osaamista, kohdentaa ennaoivaa kunnossapitoa, investointien ja laitehankintojen priorisointi pitäisi ohjata ensisijaisesti kriittisille laitteille, varastossa tulisi olla riittävästi varaosia tai varalaitteita kriittisille laitteille.
- Varaosa hankinta, töiden priorisointi, investointien ohjaus
- Ohjaamaan toimintaa entistä enemmän ennakkohuoltoon ja tarkastusten laajuuteen liittyvissä asioissa.
- Pääohjaustekijä
- kts kohta 4.
- Lisäksi ODR-kierrosten ja jatkuvan kunnonvalvonnan kehittäminen.
- Kohdistetaan kaikkien osastojen resurssit tärkeimpiin laitteisiin.
- kunnossapito kustannuksien vähentyminen, tuotantokapasiteetin kasvu, kustannuksien ennakointi, varastosaldojen optimointi
- Kriittisten laitteiden ja niiden toimintaan vaikuttavien tekijöiden painottaminen päivittäisessä työskentelyssä pitäisi olla ensisijainen asia. Vähemmän kriittiset laitteet kaipaavat vähemmät huomiota, joskin perusasiat pitää niidenkin osalta olla kunnossa.
- Työn suunnittelussa ja priorisoinnissa koko jalostamon toimintoihin peilaten.
- Ohjaamassa toimintaa
- Kunnossapidossa resurssien ja toimintojen kohdentaminen oikeisiin laitteisiin.  
Käyttökunnossapitoa hyödynnetään oikeiden laitteiden kunnonvalvontaan.  
Tuotanto tiedostaa myös kriittiset laitteet
- kts. ylös
- Kriittisyysluokittelua ei suoraan tule käyttää kp:n töiden priorisointiin tai varaosavaraston/hankinnan työkaluna, sillä näihin vaikuttaa muutkin tekijät kuin luokittelussa saatu kriittisyys. Tuotannon operointiin ja koulutukseen sen sijaan luokittelu on hyvä ohjaava työkalu

## 9. Millä tavalla laitteiden kriittisyysluokitus on vaikuttanut prosessilaitoksen käytettävyyteen ja luotettavuuteen?

Vastaajien määrä: 17

- Parantanut.
- mm automaatiopuolella hyviä esimerkkejä kun on otettu käyttöön pdm jonka pohjalla kr.luok
- Kriittisyysluokittelu on RCM prosessin alkupään vaihe ja seuraavat vaiheet ja tehtävät ovat yhtä tärkeässä roolissa ja konkretisoivat luokittelun.  
Luokittelu tuo kaikille osapuolille yhteisen näkemyksen laitteen tärkeydestä.
- Rehellisesti sanoen toteutuneen käytettävyyden ja luotettavuuden määrittämisessä on omat haasteensa kirjavien/puutteellisten kunnossapidon kirjauskäytäntöjen johdosta.
- Ei vielä millään tavalla.
- Toistaiseksi ei mitenkään
- Hyviä löydöksiä on tehty, joten näiden osalta on luotettavuutta pystytty parantamaan.
- Lisännyt ymmärrystä. Tuskin käytettävyyttä
- Oikein ja perusteellisesti toteutettuna sekä tulokset hyödynnettynä voi vaikuttaa paljon.  
Ollaan polun alussa tässä asiassa eli tuloksia ei ole läheskään täysin hyödynnetty.

- Toistaiseksi vaikutukset käytettävyyteen ja luotettavuuteen ovat vähäiset.
- Kohdistamalla panokset kriittisimpiin laitteisiin ollaan saatu aikaan parannuksia käytettävyydessä.
  - Kriittisyysluokittelu on lisännyt ennakkohuoltotyötä. Käytettävyys ja luotettavuus on lisääntynyt suunniteltujen öljynvaihto/tarkastusvälien myötä.
  - Käytettävyyden ja luotettavuuden parantamiseen tähtäävien ohjelmien toteuttamisessa kriittisyydet ovat aina avaintekijöitä.
  - Positiivisesti. pystytään keskittämään resurssit käytettävyyden kannalta olennaisiin laitteisiin.
  - Ei mielestäni riittävän hyvin
  - Ei ole vielä kokemusta
  - Luokittelun vaikutuksen näkyminen tulee esille pitkällä tähtäimellä. Näkisin että kun sidosryhmät (Kunnossapito, Tuotanto, hankinta ja varastot) alkavat hyödyntämään luokittelua ja toimimaan luokittelun perusteella saamme selkeää tulosta myös käytettävyyden ja luotettavuuden saralla.
- Kriittisyysluokituksen tulee olla yksi ohjaava tekijä kunnossapidon politiikassa. Sen pitäisi ohjata laitteiden ennakkohuollon tarvetta sekä laatua.
- Käsittääkseni positiivisesti

## Tulosten ylläpitäminen

### 10. Kuinka usein mielestäsi kriittisyysluokittelua tulisi tarkastella uudestaan?

Vastaaajien määrä: 19

- 2-3 vuoden välein.
- 5v välein
- Väli mahd. vaihtelee laiteryhmittäin ja kohteen mukaan. Aina muutosten yhteydessä ja esim. 3-4 vuoden välein.  
Nesteellä väh. kerran suurseisokkivälillä mutta ajoissa (3 vuotta ennen suurseisokkia), jotta tukee ja voidaan hyödyntää investointiprojekteissa selvitysvaiheessa, perussuunnittelussa ja toteutusvaiheessa.
- Mielestäni kriittisyysluokittelun pitäisi olla siinä määrin dynaaminen prosessi joka päivittyisi useampia kertoja vuodessa. Sillä alkuperäisiä arviota olisi hyvä verrata toteutuneisiin mm. vikaantumiskertojen sekä korjaus- ja seurauskustannusten osalta. Näiden pohjalta laitteiden kriittisyyslukua päivitetäisiin tarpeen vaatiessa.
- Uusien prosessilaitteiden hankkiminen on yksi hyvä peruste. Muutaman vuoden määräajoin päivitettävä luokittelu on myös perusteltu, koska olosuhteet voivat muuttua laitoksella ja esim. vikaantumisväli on voinut muuttua.
- Aina tehtäessä merkittäviä laitemuutoksia (lisäyksiä, poistoja jne.)
- vähintään viiden vuoden välein tai useammin, jos uusia laitteita asennetaan linjaan.
- 3-5 vuoden välein
- Määrävälein, seisokkiväli 5 v. voisi olla hyvä.
- Vuosittain
- Aina, kun tarkasteltavaan laitteeseen tai siihen liittyvään prosessiin tehdään muutoksia. Muutoin olisi pyrittävä tarkastamaan luokittelu kerran seisokkivälillä.
- 2-3vuoden välein tai aina prosessiin muutoksia tehtäessä.
- Aina kun tuotantokapasiteettia nostetaan, uuden laitehankinnan jälkeen, varaosan saatavuuden nopeutumisen jälkeen. Tai laitetta ei enää käytetä prosessissa.
- Mikäli osaston toimintaan tulee muutoksia esim. laitepaikkojen lisäyksien vuoksi, tulisi kriittisyysluokittelun kannalta miettiä, että kuinka uusinnat vaikuttavat olemassa olevien laitteiden kriittisyyteen ja pitääkö luokittelua uusia jollain mittakaavalla.
- Joka suurseisokin yhteydessä.. Investointien yhteydessä ja laiteuusinoissa.
- 5 vuoden välein
- Aina kun prosessiin tehdään muutoksia. Muutoksen hallinnan yhteydessä. Silloin se pysyisi ajan tasalla.
- Näkisin että 3-5 vuoden välein luokittelu olisi hyvä päivittää. Samalla olisi syytä päivittää laitetiedot kyseisessä yksikössä. Toiseksi jos yksikössä tapahtuu "prosessitekniisiä" muutoksia tai laitekanta uudistuu/muuttuu on syytä suorittaa kriittisyysluokittelu uudestaan.
- 5 vuotta on järkevä tarkastelutaajuus. Tässä ajassa kriittisyyden alentamiseksi tehdyt toimenpiteet tulisi jo näkyä, mikäli niitä on systemaattisesti toteutettu. Luokittelua tulisi

tarkastella uudelleen aina laitetyypin tai laitteen käyttötarkoituksen muuttuessa. Myös prosessiin tehdyt muutokset antavat aihetta tarkastella kriittisyyttä uudelleen.

## 11. Millaisia toimenpiteitä olet havainnut kriittisyyden pienentämiseksi?

Vastaajien määrä: 15

- Laiteuusinnat, laiteparannukset.  
Muutokset ajotavoissa.
- EH ohjelmat  
EH työmäärityt  
Visuaaliset tarkastukset  
Varaosien tarkastukset  
Tuotantotappioiden vähentyminen
- Huoltosopimusten solmimiset tiettyjen kriittisten laiteryhmien korjaamiseksi/huoltamiseksi nopeammalla reagointi ajalla mihin omalla organisaatiolla olisi mahdollisuus. Useaan kriittiseen laitteeseen soveltuvan varaosan hankinnalla. Ei varastoitavien varaosien hankintasopimusten laajentaminen useammalle toimittajalle. Tiettyjen oireiden esiintyessä laitteessa reagoidaan nopeammin laitteen tai laitteen samanlaisten komponenttien uusimiseen.
- Laadukkaammalla korjaamisella ja operoinnilla on ollut huomattava vaikutus laitteiden vikaantumisväliin ja sitä kautta korjauskustannuksiin.
- Vika - ja vaikutusanalyysien perusteella määritellyt toimenpiteet ovat olleet ainoita mitä olen havainnut.
- Eh. Käyttäjäkupi.
- Toimenpiteitä on tietääkseni tehty mutta en tunne tarkemmin mitä.
- Varalaitteiden ja varaosien hankinta. Ennakkohuollon ja kunnonvalvonnan kehittämisen.
- Pienet korjauskustannukset, varaosan nopea toimitusaika, pienet tuotannon menetykset, laitteen toiminta ei vaikuta laatuun, laitetta voidaan huoltaa turvallisesti ajon aikana.
- Tarpeelliseksi tunnistettujen toimenpiteiden toteuttaminen määräaikaan / kuntoon perustuen.
- Luokittelu keskittyy teknisien ongelmien tunnistamiseen. Toiminnallisia laatu puutteita saadaan myös näkyviin, mutta voisi vielä systematisoida niiden tunnistamista.
- Ennakkohuollot, mittaukset, tarkastukset, varaosat, tekniset muutokset, ohjeet, seurannat
- Hinta
- Ei vaikutusta tuotantoon, henkilö- tai ympäristöturvallisuuteen
- RCM-toimenpiteiden kautta on osaan näistä asioista otettu suoraan kantaan. Näkisin että kunnossapitoa on viety osittain ennakkoivampaan suuntaan mutta matkaa on vielä paljon jäljellä. Suunta on oikea!
- Kriittisyysluokittelun yhteydessä esiin nousseet selkeät puutteet esim. tuvallisuuudessa tms. tekijässä on kirjattu luokittelun "parkkipaikalle" ja tätä kautta pyritty korjaamaan. Muulta osin merkittävimmät parannukset on kohdistunut käsittääkseni MTBF -arvon kasvattamiseen eikä niinkään mihinkään yksittäiseen tapahtuman seurausriskiin.

## 12. Millaisia kokemuksia sinulla on muista kriittisyyttä määrittelevistä menetelmistä? (esim. RAM-analyysi)

Vastaaajien määrä: 14

- Osallistunut kriittisyytsuokittelun tekoon muulla kuin PSK 6800 menetelmällä.
  - osakokonaisuuden luokittelu vs laitekoht
- kokemuspohjaisia luokitteluja nähty
- Hyviä kokemuksia sillä PSK6800 standardin mukaiset asiat voidaan huomioida RAM-analyyseissä aivan kuten PSK-standardissa on esitetty. Tämän lisäksi voidaan laitteiden kriittisyyden määrittämisessä huomioida myös rinnakkaisten laitteiden yhteisviat, laitteiden erilaiset viat (iso vika/pieni vika) ja muut monimutkaisemmat vikaantumislogiikat sisällyttäen vikaantumiselle ominaiset kustannukset. RAM-analyysi tarjoaa systemaattisemman tavan viedä analyysit läpi.
  - Luokittelussa lähtödatan luotettavuus on merkittävin tekijä. Erilaisilla päätöksentekomalleilla, kuten RCM:n tyyppisillä päätöspuulogiikoilla, on myös mahdollista päästä riittävään tarkkuuteen pienemmällä vaivalla.
- RAM-analyysi on käsittääkseni hyvin työläs/raskas käyttää.
- Riskiperusteinen tarkastus (RBI). Menetelmä sopii hyvin kiinteille laitteille ja putkistoille. Tuloksen samansuuntaisia kuin nyt käytetty.
  - Ei kokemuksia muistakaan menetelmistä.
  - Ei kokemuksia opiskelun jälkeen.
  - Kokemus pelkästään oman tehtaan kriittisyytsuokittelu järjestelmästä. Hyvä järjestelmä on jos pystytään saamaan lisää käytettävyyttä, alentamaan kp-kustannuksia, tuotantotappioiden minimointi nopealla reagoimisella.
  - Ei ole kokemuksia.
  - ei ole
  - Ei ole muita kokemuksia
  - Ei ole kokemuksia
  - Olen ollut teettämässä toisen yrityksen palveluksessa RAM-analyysiä kriittisille yksiköille. Itse näen että RAM-analyysiä olisi syytä "kokeilla" tulevaisuudessa Nesteen kriittisille yksiköille. Ja RAM-analyysin pitäisi olla tulevaisuudessa yksi työkalu uusien laitteiden suunnittelussa sekä vanhojen laitteiden "kunnossapidon" kehittämisessä.