

Kustannustehokkaan ennakkohuollon optimointityökalun kehittäminen

Henri Auvinen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2020
Tekniikan ala
Insinööri (AMK), energia- ja ympäristötekniikka

Tekijä(t) Auvinen, Henri	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 20.05.2020
	Sivumäärä 32	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Kustannustehokkaan ennakkohuollon optimointityökalun kehittäminen		
Tutkinto-ohjelma Insinööri (AMK), Energia- ja ympäristötekniikka		
Työn ohjaaja(t) Kirsi Niininen, Hannu Kivistö		
Toimeksiantaja(t) Niko Jokela Consulting Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää Niko Jokela Consulting Oy:lle ennakkohuoltojen optimointiin Excel-pohjainen työkalu, joka ottaa huoltotarvetta määrittäessä huomioon ennakkohuoltokohteiden prosessikriittisyyden.</p> <p>Usein ennakkohuollot perustuvat laitevalmistajien ilmoittamiin suosituksiin, jotka eivät ota huomioon prosessikriittisyyttä, vaan ainoastaan laitekohtaisen kriittisyyden. Prosessiteollisuudessa prosessikriittisyys kuvaa laitekriittisyyttä paremmin ennakkohuoltojen todellista tarvetta. Ottamalla ennakkohuoltojen suunnittelussa lähtökohdaksi prosessikriittisyyden löydetään ennakkohuollot, joiden vaikutus prosessin jatkumiseen on vähäinen tai olematon. Löytämällä ja vähentämällä resursseja prosessin kannalta epäoleellisilta ennakkohuolloilta, saadaan optimaalisessa tapauksessa säästettyä varaosa- ja henkilöstökustannuksissa.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin perehtymällä erilaisiin ennakkohuoltojen optimointiin kehitettyihin menetelmiin ja etsimällä standardisoiduista menetelmistä ne komponentit, joista nähtiin olevan eniten hyötyä ilman että optimointiprosessista tulee liian raskas toteuttaa. Standardisointujen menetelmien pohjalta luotiin työkalu, jolla ennakkohuollot saadaan optimoitua.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin ennakkohuoltojen määrittämisen apuvälineeksi prosessikriittisyyteen pohjautuva työkalu, jolla ennalta määrätyle alueille saadaan selkeä indikaattori riittävästä ennakkohuoltojen määrästä. Kehitetyn työkalun jatkokehitys voi olla aiheellista sen jälkeen, kun sitä päästään kokeilemaan jossain oikeassa prosessiteollisuuden kohteessa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Ennakoiva kunnossapito, RCM-analyysi, Kriittisyysanalyysi, Prosessikriittisyys		
Muut tiedot Liitteet 1 ja 2 ovat salassa pidettäviä, jotka on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon peruste Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 17, yrityksen liike- tai ammattisalaisuus. Salassa pitoaika viisi (5) vuotta, salassapito päättyy 18.5.2025.		

Author(s) Auvinen Henri	Type of publication Bachelor's thesis	Date 20.05.2020 Language of publication: Finnish
	Number of pages 32	Permission for web publication: x
Title of publication Development of a cost-efficient preventive maintenance optimization tool		
Degree programme Energy- and environmental engineering		
Supervisor(s) Niinen Kirsi, Kivistö Hannu		
Assigned by Niko Jokela Consulting Oy		
Abstract <p>The aim of the thesis was to develop an Excel-based tool for optimizing preventive maintenance tasks. The tool should optimize the maintenance tasks according to process criticality. The thesis was assigned by Niko Jokela Consulting Oy.</p> <p>Usually preventive maintenance tasks are based on the recommendations of the manufacturers. These recommendations are not based on process criticality, but on device criticality. In process industry, process criticality indicates the need of preventive maintenance tasks better than device criticality. When maintenance tasks are planned according to process criticality, we can find the preventive maintenance tasks, of which the effect to the process continuity is low to none. By finding these preventive maintenance tasks and removing resources from them, we can in optimal situation find savings in spare parts and human resources.</p> <p>The thesis was produced by researching different methods to optimize preventive maintenance tasks and finding useful components from these standardized methods. The aim was to find components that are not too heavy to be used in the optimization tool. These standardized methods were used to create a tool to optimize the preventive maintenance tasks.</p> <p>As a result, a tool was created to clearly indicate the need of preventive maintenance tasks of the chosen area. Further development of the tool may be necessary when it is tested in a real process industry location.</p>		
Keywords (subjects) Preventive maintenance, RCM-analysis, Criticality analysis, Process criticality		
Miscellaneous Appendixes 1 and 2 are confidential and they have been removed from the public thesis. Grounds for secrecy: Act on the Openness of Government Activities 621/1999, Section 24, 17: business or professional secret. Period of secrecy is five years and it ends 18.05.2025		

Sisältö

1	Ennakkohuoltojen optimointi	3
2	Opinnäytetyön lähtökohdat	4
	2.1 Opinnäytetyön rajaukset.....	4
	2.2 Tutkimusmenetelmät	5
3	Kunnossapidon termistöä	5
	3.1 Kunnossapito	5
	3.2 Toimintopaikkahierarkia.....	6
	3.3 Vikaantuminen	7
	3.3.1 Vikamuoto	7
	3.3.2 Kriittisyys.....	7
	3.3.3 Vika- ja vaikutusanalyysi (VVA / FMEA).....	7
	3.4 Käyttövarmuus	8
	3.4.1 Käytettävyys.....	8
	3.4.2 Toimintavarmuus.....	9
	3.4.3 Kunnossapidettävyys	9
	3.4.4 Kunnossapitovarmuus	10
4	Kunnossapidon lajit	10
	4.1 Ehkäisevä kunnossapito	11
	4.2 Jaksotettu kunnossapito.....	11
	4.3 Kuntoon perustuva kunnossapito	11
	4.4 Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu.....	12
	4.4.1 Seisokkien hallinta	13
5	RCM-analyysi	13
	5.1 RCM-prosessi.....	14
	5.1.1 Toiminnot ja suorituskyky.....	15
	5.1.2 Toimintahäiriöt ja vikamuodot.....	18
	5.1.3 Vikojen vaikutukset ja seuraukset.....	18

5.1.4	Vikaantumisen estävien tehtävien valinta	19
5.2	Kevennetty RCM.....	20
6	Kriittisyysanalyysi PSK 6800 mukaan	20
6.1	Kriittisyysanalyysin seitsemän vaihetta.....	21
7	Laitedata ja vikaantumishistoria	26
8	Työn toteutus	26
9	Tulokset	27
9.1	Tulosten luotettavuus	27
10	Johtopäätökset ja pohdinta	27
	Lähteet.....	29
	Liitteet	30
	Liite 1. Työn toteutus (salassa pidettävä).....	30
	Liite 2. Ennakkohuoltojen optimointityökalu (salassa pidettävä).....	30

1 Ennakkohuoltojen optimointi

Perinteisesti teollisuuden kunnossapito on ollut lähtökohtaisesti korjaavaa. Tuotantomäärien ja -tavoitteiden kasvaessa korjaava kunnossapito on kuitenkin jäänyt talouden näkökulmasta tehottomaksi tavaksi toimia mm. pitkien seisokkiaikojen vuoksi, kun varaosia tai työvoimaa on jouduttu odottamaan. Tämän seurauksena ymmärrettiin, että saavuttaakseen suuremmat tuotantomäärät täytyy kunnossapidon olla ennalta ehkäisevää ja suunnitelmallista. (Järviö & Lehtiö 2017, 14).

Teollisuuden kunnossapidossa laitteiden ennakkohuollot ovat useimmiten määriteltä laitevalmistajien toimesta, jolloin ennakkohuollon tarve vastaa ainoastaan laitekohtaista kriittisyyttä. Prosessiteollisuuden mittakaavassa oleellisempi mittari ennakkohuoltojen tarpeen määrittämiseksi olisi prosessikriittisyys, eli mittari joka indikoi laitteen kriittisyyttä koko prosessin jatkumisen kannalta. Prosessikriittisyyden mukaan mitoitettuna ennakkohuollot saadaan vastaamaan paremmin tuotantolaitoksen tarpeisiin löytämällä huoltokohteet, jotka vikaantuessaan ovat koko prosessin kannalta oleellisia. Prosessikriittisyyden mukaan mitoitettuna ylimääräisiä ennakkohuoltoja saadaan karsittua ja siirrettyä resursseja merkittävämpiin kohteisiin. Optimaalisella ennakkohuoltojen mitoituksella voidaan saada säästöjä varaosa- ja henkilöstöressurssien osalta, mutta myös vähentämällä turhia huoltoseisakkeja. Tällöin tuotanto saadaan pidettyä käynnissä vuositason pidemmän aikaa.

RCM (Reliability Centered Maintenance) -menetelmällä tarkoitetaan luotettavuuskeskeistä kunnossapitoa. Ennakoivassa kunnossapidossa tarkoin ennakkohuoltojen tarve saadaan määritettyä RCM-analyysin avulla, mutta proseduurin raskaudesta johtuen RCM-analyysi ei ole parhaiten soveltuva menetelmä ennakkohuoltojen määrittelylle tuotantolaitoskohtaisesti, vaan RCM-analyysi on rajattava pienemmälle, yleensä huoltohistorialtaan haasteelliselle alueelle. Kriittisyysanalyysi tarjoaa kevyemmän lähtökohdan ennakkohuoltojen määrittelylle prosessikriittisyyden perusteella, joten opinnäytetyö keskittyy ennakkohuoltojen optimointiin hyödyntäen lähtökohtina standardoitua kriittisyysanalyysiä ja prosessihierarkiaa.

Opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää Excel-pohjainen työkalu ennakkohuoltojen optimointiin. Työkalu auttaa hahmottamaan toimintopaikkojen prosessikriittisyyttä vastaavan ennakkohuoltotarpeen ottaen huomioon toimintopaikkojen alta löytyvät laitteet sekä niiden yleisimmät vikatyypit ja muodostamaan näin ollen selkeän indikaattorin tarvituista ennakkohuolloista.

Opinnäytetyö tehdään Niko Jokela Consulting Oy:lle. Niko Jokela Consulting Oy on kunnossapidon konsultaatiopalveluita tuottava yritys, joka tulee käyttämään valmista työkalua palveluissaan.

2 Opinnäytetyön lähtökohdat

Opinnäytetyö on kehittämisprojekti, jossa pyritään luomaan työkalu uudelle toimeksiantajayrityksen uudelle palvelulle. Käytännön osuuden tietopohjana käytetään pääsääntöisesti standardisoitua tietoa kuten kriittisyysanalyysiä ja vika- ja vaikutusanalyysiä.

2.1 Opinnäytetyön rajaukset

Opinnäytetyössä tarkasteltiin ennakkohuoltojen optimointia prosessikriittisyyden näkökulmasta. Tarkimmin ennakkohuollot saadaan optimoitua RCM-analyysiä ja kriittisyysanalyysiä käyttäen, jonka vuoksi kyseiset menetelmät ovat sisällytetty tietoperustaan. Teoriaan on kerätty tietoa käytössä olevista menetelmistä ennakkohuoltojen suunnitteluun, sekä yleisempää tietoa kunnossapidosta. Runsaasta saatavilla olevasta lähdemateriaalista huolimatta tietoperusta on kuitenkin rajattu käsittelemään ainoastaan opinnäytetyön kannalta oleelliset aiheet.

2.2 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyössä on käytetty pääsääntöisesti kvalitatiivista tutkimusmenetelmää. Opinnäytetyön käsittelemä ilmiö on pyritty kuvaamaan mahdollisimman yksinkertaistettuna ja siihen liittyvä oleellinen tieto on haettu, jonka jälkeen löydetyn tiedon pohjalta on luotu teoria ja valmis työkalu. Koska suuri osa teoriasta on standardisoitua tietoa, voidaan opinnäytetyön pohjalla olevaa teoriaa pitää luotettavana. Pohjateoriaa on hyödynnetty jo kymmenien vuosien ajan kunnossapidon suunnittelussa, joka myös lisää luotettavuutta. Opinnäytetyön lopputuloksessa on pyritty yhdistämään näitä luotettaviksi todettuja teoriamalleja eräänlaisessa synteessä. Vaikkakin lopputulos pohjautuu standardisoituun tietoon, on se kuitenkin uudenlainen useasta lähteestä yhdistelty väline opinnäytetyön käsittelemän ilmiön ratkaisemiseen, jolloin tulosten luotettavuuteen tulee suhtautua kriittisesti.

3 Kunnossapidon termistöä

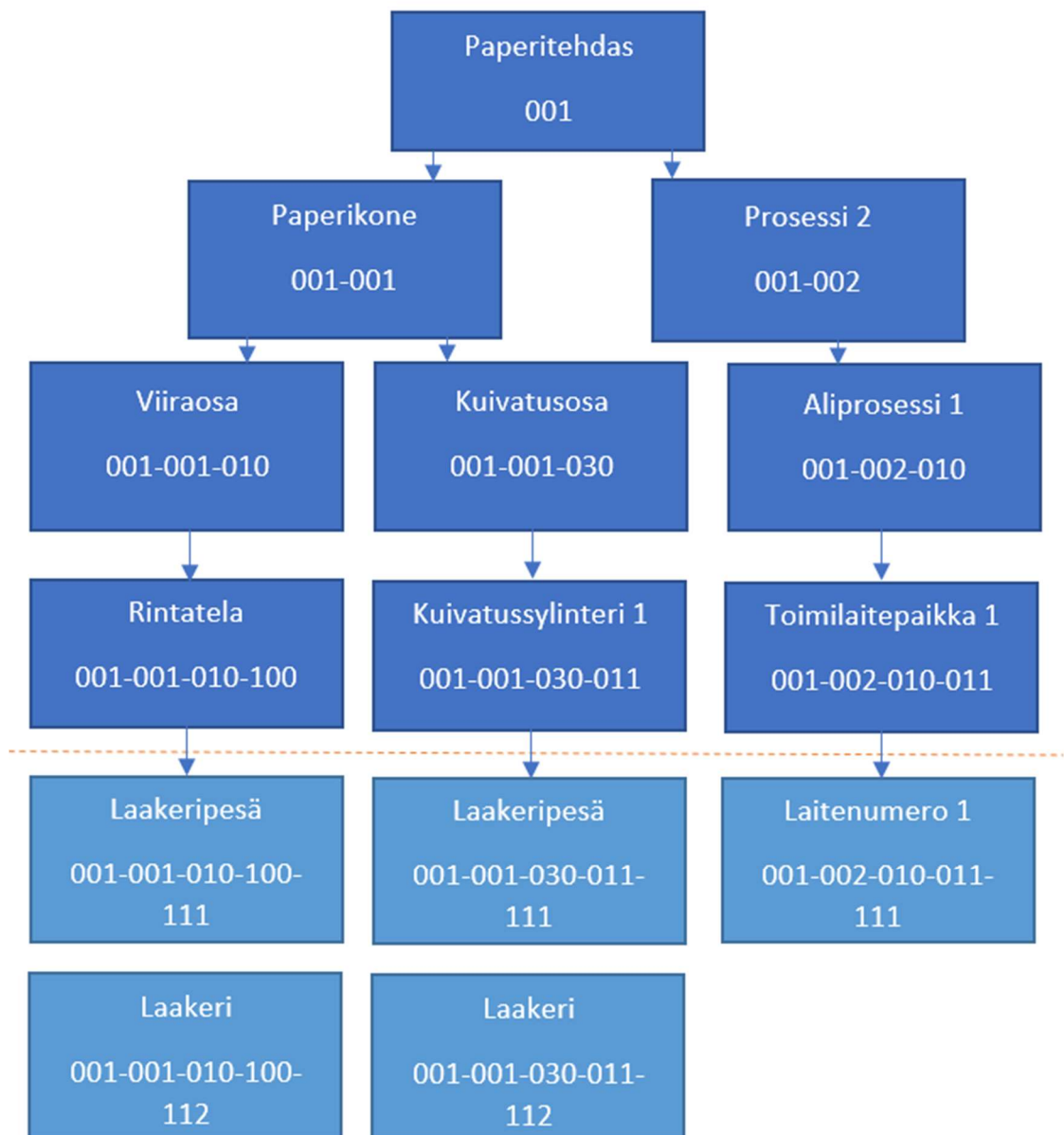
Puhuttaessa kunnossapidosta on tärkeää, että termistö on standardien mukaista. Tällöin eri kohteet ovat edes jollain tapaa vertailukelpoisia keskenään. Kunnossapidon termistö ja käsitteet määritellään PSK 6201:2011 standardissa. Termistöön on valittu kokoelma opinnäytetyön kannalta keskeisiä käsitteitä, jotka toistuvat niin teoriapohjan kuin käytännön työnkin osalla. Kunnossapidon termistö on laaja ja tietoa on saatavilla paljon, josta johtuen termistö on rajattu suhteellisen tiiviisti ja kuvaukset on jätetty vähimmäistasolle joka riittää opinnäytetyön ymmärtämiseksi.

3.1 Kunnossapito

Kunnossapidolla tarkoitetaan kaikkia laitteen elinaikaisia toimenpiteitä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa koneen suorituskyky tasolle, jolla se on kykenevä suorittamaan siltä vaaditun tehtävän. Kunnossapito huomioi pääsääntöisesti prosessin tuotannolliset ja taloudelliset aspektit, mutta myös vaatimusten mukaiset terveys-, turvallisuus-, ja ympäristökijät. (Järviö & Lehtiö 2017, 17)

3.2 Toimintopaikkahierarkia

Tuotantolaitos jaetaan erillisiin tuotantoyksiköihin ja prosesseihin. Prosessit puolestaan jakautuvat eri aliprosesseihin ja tätä myöten toimintopaikkoihin joilla yksilöidään eri toimilaitteet joko prosessikohtaisesti tai maantieteellisen sijaintinsa mukaisesti. Toimintopaikkahierarkia toimii hierarkkisesti järjesteltynä strukturina, jonka avulla toimilaitteet voidaan paikantaa prosessin tai tuotantolaitoksen sisällä. Toimintopaikan alle tulevat uniikit laitetunnukset, joiden perusteella esimerkiksi varaosien kohdistaminen ja hakeminen helpottuu. (Armstrong, J. 2006, 15.1-15.2)



Kuvio 1. Toimintopaikkahierarkia (Armstrong, J. 2006, 15.2, muokattu)

3.3 Vikaantuminen

Vikaantumisella tarkoitetaan tapahtumaa, jonka seurauksena laite ei enää kykene toimimaan sillä tasolla tai laadulla, jolle se on suunniteltu, tai joka on prosessin kannalta välttämätön. Standardeissa vikaantuminen on määritetty nopeaksi tapahtumaksi, eikä hidasta toimintakunnon heikkenemistä määritellä vikaantumiseksi. Hitaasti kehittyvien vikaantumisten havaitseminen on RCM-analyysin tehtävä. (Järviö & Lehtiö 2017, 71)

3.3.1 Vikamuoto

Vikamuoto ilmaisee tavan, jolla laite on kykenemätön suorittamaan siltä vaaditun toiminnon. Esim. moottori ei käynnisty. (Järviö & Lehtiö 2017, 73)

3.3.2 Kriittisyys

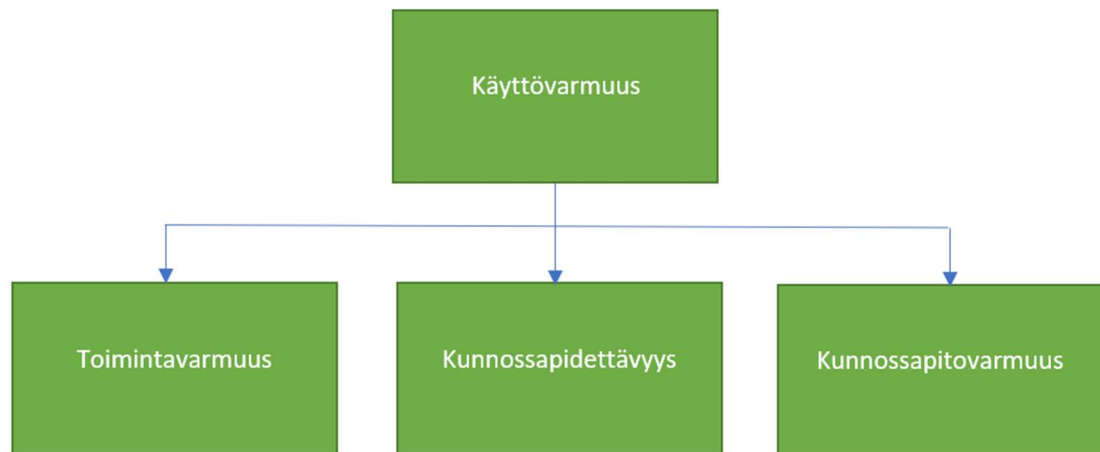
Kriittisyys kuvaa numeraalisesti vian vakavuutta ja esiintymistiheyttä. Kriittisyys voi olla joko laite- tai prosessikohtaista. Tämä opinnäytetyö keskittyy prosessikriittisyyteen. (Järviö & Lehtiö 2017, 73)

3.3.3 Vika- ja vaikutusanalyysi (VVA / FMEA)

Vika- ja vaikutusanalyysi on standardisoitu analysointimenetelmä, jolla tunnistetaan laitteen viat sekä niiden vaikutus laitteen sisältävän prosessin toimintaan. Vika- ja vaikutusanalyysiin voidaan lisätä myös kriittisyys, jolloin analyysi ottaa huomioon myös vikaantumisen seurausten vakavuuden sekä esiintymistodennäköisyyden arvioinnin. (Heinonen, Jantunen, Kautto, Kokko, Komonen, Lakka, Leinonen, Lumme, Mikkonen, Miettinen, Mäkeläinen, Riutta ja Salo 2009, 128).

3.4 Käyttövarmuus

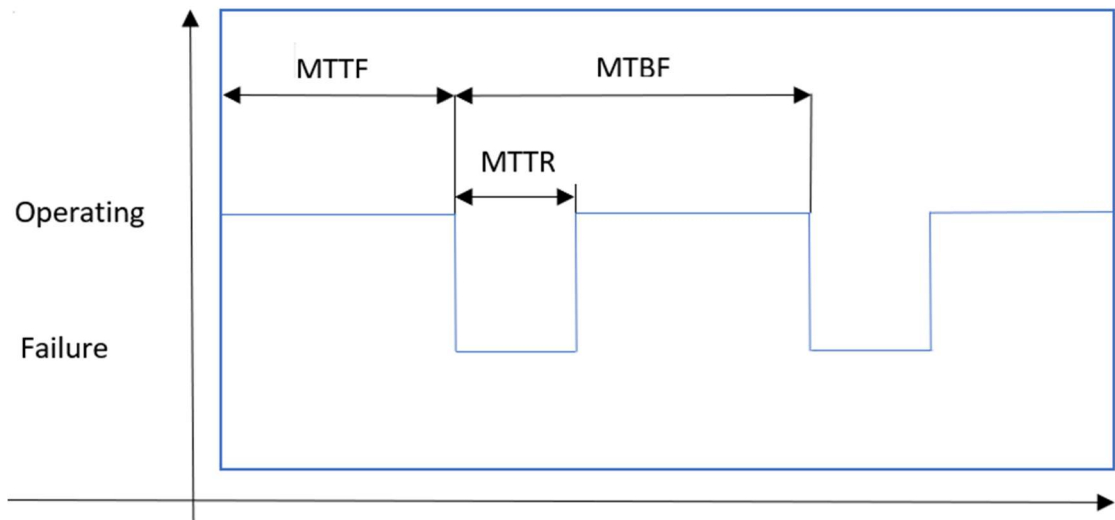
Termillä käyttövarmuus tarkoitetaan samaa kuin kohteen luotettavuus: laitteen tai kohteen kyky toimia vaaditulla tavalla. Käyttövarmuus sisältää kohteen käytettävyyden, sekä kaikki käytettävyyteen sisältyvät tekijät, eli toimintavarmuus, kunnossapidettävyyden ja kunnossapitovarmuus. (Järviö & Lehtiö 2017, 54)



Kuvio 2. Käyttövarmuuden tekijät (Järviö & Lehtiö 2017, 54, muokattu)

3.4.1 Käytettävyys

Käytettävyys tarkoittaa kohteen kykyä olla tilassa, jossa se on kykenevä suorittamaan siltä vaaditut toiminnot. Oletuksena on, että kohteella on käytössään kaikki sen vaatimat ulkoiset resurssit. Käytettävyys on kohteen toimintavarmuuden, kunnossapidettävyyden ja kunnossapitovarmuuden yhteisen vaikutuksen summa. (Järviö & Lehtiö 2017, 54)



Kuvio 3. Luotettavuus. (Foskett, 2011, muokattu)

3.4.2 Toimintavarmuus

Toimintavarmuus kuvaa kohteen kykyä suorittaa haluttu toiminto vaaditun ajan kohteelle määrättyissä olosuhteissa. Toimintavarmuuden lähtökohtana kohteen toimintaolosuhteiden tulee olla sellaiset, että se kykenee toimimaan suunnitellusti. Toimintavarmuuden mittareita ovat vikaväli ja MTBF (Mean Time Between Failures). MTBF:llä tarkoitetaan keskimääräistä aikaväliä edellisen vikaantumisen korjauksesta laitteen uuteen vikaantumiseen. (Järviö & Lehtiö 2017, 54-55)

3.4.3 Kunnossapidettävyyys

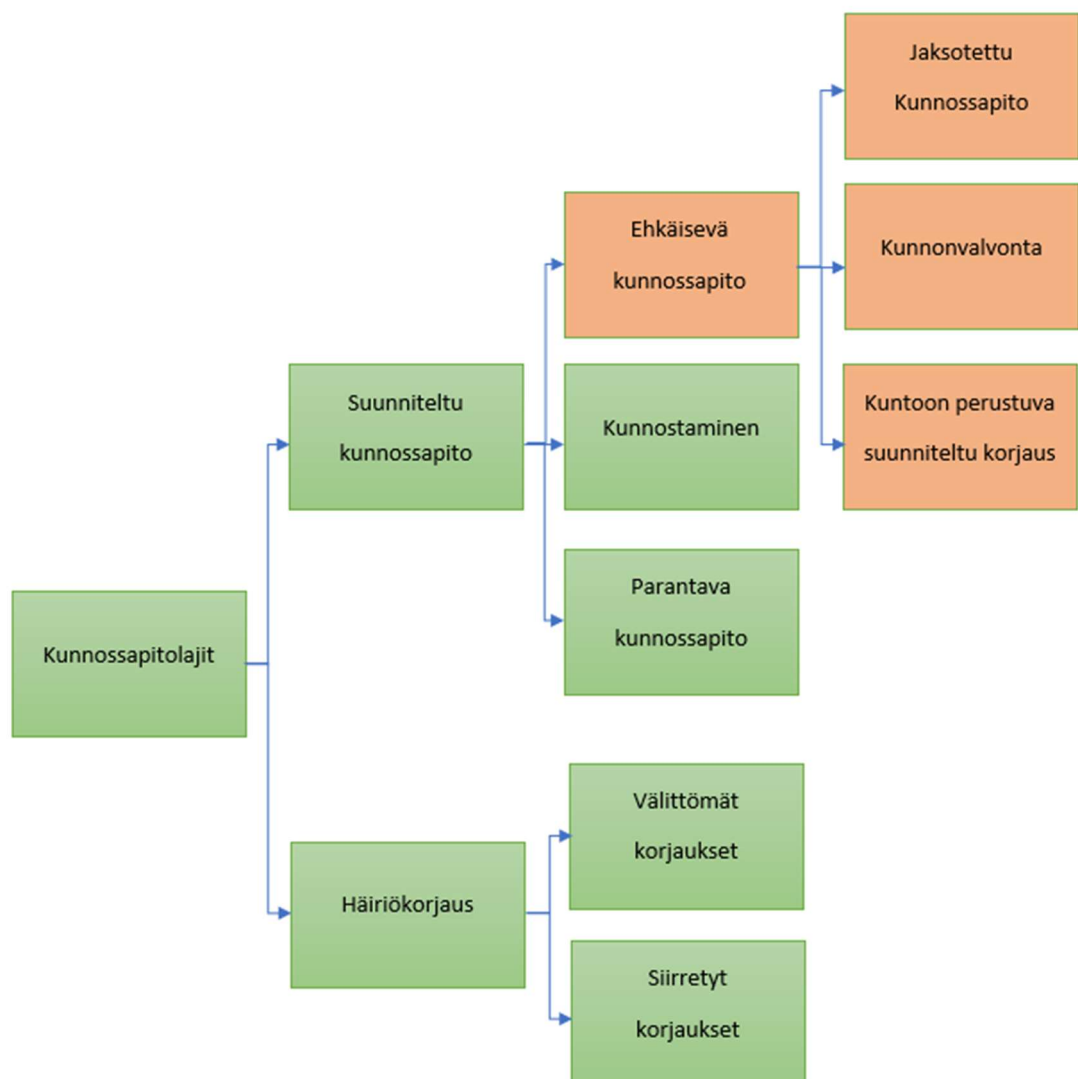
Kunnossapidettävyyys kuvaa kohteen kykyä pysyä tai olla palautettavissa tilaan, jossa se on kykenevä suorittamaan siltä vaaditun toiminnon sille määrättyissä olosuhteissa, kun sille suunniteltu kunnossapito on suunniteltu vastaamaan määrättyjä olosuhteita. Kunnossapidettävyyttä mitataan korjausajalla, MTTR:llä ja reagointiasteella. MTTR (Mean Time to Repair) tarkoittaa aikaa, joka kuluu viallisen kohteen toimintakuntoon saattamiseen. (Järviö & Lehtiö 2017, 55)

3.4.4 Kunnossapitovarmuus

Kunnossapitovarmuus kuvaa kunnossapito-organisaation kykyä sopeuttaa tarvittavat kunnossapidon tukitoimet niitä vaativiin kohteisiin. Kunnossapitovarmuuden mit-tareita ovat logistiset viiveet ja saatavuus. (Järviö & Lehtiö 2017, 56)

4 Kunnossapidon lajit

Kunnossapidon lajit jaetaan PSK standardin 7501 mukaisesti suunniteltuun kunnossa-pitioon ja häiriökorjauksiin. Häiriökorjaukset sisältävät välittömät korjaukset ja siirre-tyt korjaukset. Suunniteltuun kunnossapitioon kuuluvat kunnostaminen, parantava kunnossapito ja tämän opinnäytetyön keskeinen aihe eli ehkäisevä kunnossapito. (Heinonen ym. 2009, 96)



Kuvio 4. Kunnossapitolajit (PSK 7501 2010 ,32, muokattu)

4.1 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevällä kunnossapidolla tarkoitetaan suunnitellun kunnossapidon lajia, jonka tarkoitus on pitää yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palauttaa heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estää vaurion syntyminen. Ehkäisevä kunnossapito jaetaan jaksotettuun kunnossapitoon sekä kuntoon perustuvaan kunnossapitoon. (PSK 6201: 2011, 22)

Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluvat säännöllisesti tehtävät toimenpiteet kuten viikaantumisen syiden seuranta, voitelut, liitosten kireyden ja osien linjausten tarkastukset sekä laitteiden toimintaympäristön puhtaana pitäminen. Ehkäisevän kunnossapidon neljä aspektia ovat toimintaolosuhteiden ylläpitäminen, tarkastukset, suunniteltu korjaaminen sekä modernisoinnit. (Järviö & Lehtiö 2017, 100)

4.2 Jaksotettu kunnossapito

Jaksotettu kunnossapito on ehkäisevän kunnossapidon laji, joka toteutetaan suunnitellusti määrätyillä intervaleilla. Soveltuvat intervallit voivat olla esimerkiksi käyttötuntien, kalenterin, tuotanto- tai energiamäärän määrittelemät. Jaksotetussa kunnossapidossa toimintakuntoa ei tutkita, vaan toimenpide suoritetaan aina jaksotetusti. Jaksotettu kunnossapito voi sisältää huoltoja kuten rasvaukset, säädöt, puhdistukset, öljyn- ja suodatinten vaihdot sekä muut vastaavat toimenpiteet. Useimmiten jaksotettu kunnossapito toteutetaan laitevalmistajan ilmoittamien huoltointervallien mukaisesti. (PSK 6201: 2011, 23)

4.3 Kuntoon perustuva kunnossapito

Kuntoon perustuva kunnossapito on ehkäisevän kunnossapidon laji, jolla tarkoitetaan kunnonvalvonnan avulla määriteltyjen huoltoa vaativien kohteiden kunnossapitoa.

Kunnonvalvonta sisältää mittalaittein ja aistein tehtäviä tarkastuksia, sekä mittaustulosten seuranta ja analysointia kuten laakerien värähtelymittauksia. (PSK 6201: 2011, 23)

4.4 Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu

Onnistunut käyttövarmuuden ja prosessitehokkuuden takaava suunnittelu on ehkäisevän kunnossapidon haasteellisimpia аспекteja. Oikein suunnitellun kunnossapidon tulisi ottaa huomioon mm. seuraavia asioita: Ympäristövaatimukset, vikaantumishistoria, laitevalmistajan suositukset, tuotannolliset tavoitteet ja käytettävissä olevat resurssit. (Heinonen ym. 2009, 146)

Kun ennakoiva kunnossapito joudutaan suunnittelemaan kunnossapitohenkilökunnan kokemuksen ja laitevalmistajien omien huolto-ohjelmien mukaan ilman tehokkaita työkaluja seuraa siitä, että osa kunnossapidosta on prosessikriittisyyden kannalta tarpeetonta. Tämän vuoksi RCM-analyysin kehittäjä John Moubray arvioi, että ehkäisevästä kunnossapidosta jopa 40% on turhaa. Tarpeeton kunnossapito nostaa merkittävästi kunnossapidon kustannuksia menetettyjen varaosien ja henkilöstöressurssien muodossa. Tämän lisäksi liiallinen suunniteltu kunnossapito voi nostaa tuotannon seisokkien määriä sekä pituuksia, mistä seuraa tuotannollisia tappioita. (Heinonen ym. 2009, 75).

Tämä opinnäytetyö pyrkii kehittämään ehkäisevän kunnossapidon suunnitteluun menetelmää jolla, ennakkohuollot saadaan vastaamaan lähemmäksi prosessikriittisyyden määrittämää tarvetta, ja näin ollen minimoitua tarpeetonta kunnossapitoa prosessia tai turvallisuutta vaarantamatta.

Ehkäisevän kunnossapidon suunnitteluun on kehitetty menetelmiä jotka mm. yhdistävät RCM-analyysiä ja kriittisyyskartoitusta. Monesti RCM-analyysiin vahvasti painottavat menetelmät ovat kuitenkin suhteettoman raskaita, eikä niitä näin ollen voida soveltaa prosessiteollisuuden tarpeissa kovinkaan laajasti, vaan ainoastaan hankalampien ja suppeampien vikaantumiskohteiden kohdalla.

4.4.1 Seisokkien hallinta

Seisokilla tarkoitetaan prosessin hallittua tai hallitsematonta pysähtymistä. Hallitulla seisokilla tarkoitetaan esimerkiksi vuosihuoltoa varten suunniteltua seisokkia, jolloin prosessi ajetaan hallitusti alas kunnossapitotoimenpiteitä varten. Hallitsemattomalla seisokilla tarkoitetaan vikaantumisen tai muun yllättävän tekijän johdosta aiheutuvaa prosessin alas ajamista, jolloin prosessia ei välttämättä saada pysäytettyä sen vaatimalla tavalla. Hallitut huoltoseisokit tulee mitoittaa niin että mahdollisimman paljon seisokin aikaan tehtäviä huoltotoimenpiteitä saadaan suoritettua yhdellä kertaa. Myös töiden ajoitukset toisiinsa nähden tulee sovittaa niin että seisokin kustannukset jäävät mahdollisimman pieniksi. Hallittujen seisokkien huolellinen suunnittelu mahdollistaa sen, että huoltoihin on varattu vaaditut resurssit ja näin ollen kustannukset saadaan pidettyä mahdollisimman pieninä. (PSK 6201: 2011, 21)

Häiriöseisokilla tarkoitetaan tuotannon pysähtymistä odottamattoman häiriön seurauksena ilman, että häiriöön on pystytty varautumaan. Häiriöseisokin aikana on mahdollista suorittaa ne huoltotyöt joihin resurssit ovat saatavilla. Häiriöseisokissa kannattaa siis toteuttaa myös muita kuin pakollinen työ, jolla prosessi saadaan käynnistettyä uudelleen, mikäli tähän on mahdollisuus. (PSK 6201: 2011, 21)

Tarkalla ennakkohuoltojen optimoinnilla saadaan vältettyä prosessin pysähtymiset vikaantumisten vuoksi, mutta myöskin säästettyä huolloissa, joiden merkitys prosessin jatkuvuuden kannalta on vähäinen tai olematon. Näin ollen saadaan suunniteltuja seisokkeja lyhennettyä ja säästettyä resursseja merkittävämpiin huolto- ja parannuskohteisiin.

5 RCM-analyysi

Termillä RCM (Reliability Centered Maintenance) tarkoitetaan luotettavuuskeskeistä kunnossapittoa. Menetelmä on yksi tärkeimmistä kunnossapidon suunnittelun työka-

luista kunnossapitokohteen käyttövarmuuden lisäämiseksi. RCM-analyysi on systemaattinen menetelmä, jonka tarkoituksena on selvittää kunnossapidon vaatimukset tuotanto-omaisuudelle sen toimintaympäristössä. (Smith A. 1993, 27)

RCM-analyysin keskeisimmät päämäärät ovat seuraavat:

- Priorisoida kunnossapito merkittävimpiin kohteisiin. Kriteereinä käytetään yleisimmin kustannuksia, turvallisuutta, ympäristövaatimuksia sekä laatua.
- Selvittää kohteiden vikaantumismekanismit ja syyt sekä kohdentaa niihin sopivimmat kunnossapitomenetelmät.
- Havaita kohteiden kriittiset komponentit ja kouluttaa laitetta käyttävä henkilökunta seuraamaan komponenttien toimintaa sekä havaitsemaan alkava vikaantuminen.

(Heinonen ym. 2009, 75)

5.1 RCM-prosessi

RCM-prosessi alkaa seitsemästä peruskysymyksestä jotka esitetään käsittelyssä olevasta laitteesta:

1. Mitkä ovat laitteen toiminnot ja toimintaympäristön vaatima suorituskyky-taso?
2. Kuinka laite vikaantuu ja ei näin ollen kykene suoriutumaan vaadituista toiminnoista?
3. Mikä aiheuttaa kunkin vikaantumisen?
4. Mitä tapahtuu kussakin vikaantumisessa?
5. Mitä vikaantumisesta seuraa?
6. Kuinka vikaantuminen voidaan ennakoida tai ennaltaehkäistä?
7. Kuinka toimitaan mikäli sopivaa ennakoivaa toimenpidettä ei voida löytää?

(Moubray 1997, 7)

RCM-prosessi jätettiin opinnäytetyön käytännön osuudesta pois sen suuren kuormittavuuden vuoksi, mutta se auttaa ymmärtämään vikaantumisia ja niiden seurauksia sekä vikaantumisen estämiseen valittavien toimenpiteiden valintaperusteita paremmin. Tästä johtuen RCM-prosessi esitellään teoriassa lyhyesti.

5.1.1 Toiminnot ja suorituskyky

RCM-prosessi aloitetaan laitteen toimintojen ja suorituskyvyn määrittämisellä. Laitteen toiminnot jaetaan primäärisiin ja sekundäärisiin toimintoihin. Primäärisillä toiminnoilla tarkoitetaan toimintoja, jotka ovat elintärkeitä laitteen tai prosessin kannalta. Primääriset toiminnot takaavat prosessille esimerkiksi riittävän nopeuden tai laadun, eli vastaavat vaaditun suorituskyvyn täyttymisestä. Primääriset toiminnot ovat perimmäinen syy laitteen hankinnalle, joten niiden merkitys RCM-prosessissa on olennainen. Primääristen toimintojen tunnistaminen on helppoa, mutta ongelmia voi tuottaa riittävän suorituskykytason määrittäminen. Usein laitetta operoiva henkilö tunnistaa parhaiten millainen suoritustaso tai laatu riittää organisaatiolle riittävän taloudellisen tuloksen saavuttamiseksi. Tämän takia operaattoreiden osallistuminen RCM-prosessiin on oleellista. Riittävä suorituskyky on täysin prosessi- ja toimintaympäristökohtainen, joten jokainen laite ja toiminto täytyy käsitellä itsenäisesti. (Moubray 1997, 35-36)

Moubrayn (Moubray 1997, 37-43) mukaan sekundäärisillä toiminnoilla tarkoitetaan toimintoja, jotka laitteen oletetaan voivan suorittaa primääristen toimintojen lisäksi. Tällaisia toimintoja löytyy useimmilta laitteilta. Vaikka sekundääriset toiminnot eivät ole laitteelle tai prosessille elintärkeitä, niiden suorituskyvyn menettämisestä voi aiheutua jopa vakavampia seurauksia kuin primäärisen toiminnon menettämisestä. Tällainen voi olla esimerkiksi laitteen turvatoiminnon menetys. Sekundääriset toiminnot jaetaan seitsemään kategoriaan:

1. Ympäristöön vaikuttavat toiminnot

Ympäristövaikutuksilla tarkoitetaan laitteen mahdollisia vaikutuksia sen ympäristöön. Sekundäärinen toiminto voi olla esimerkiksi laitteen suurimman sallitun melutason varmistaminen. (Moubray 1997, 38)

2. Turvallisuuteen ja rakenteelliseen kestävyysvaikututtavat toiminnot

Koneen turvallisuuteen vaikuttavat toiminnot ovat sekundäärisiä toimintoja, vaikkakin niiden varmistaminen voi olla kriittisempää kuin joidenkin primääritoimintojen. (Moubray 1997, 38-39)

Rakenteellisella kestävyydellä tarkoitetaan useammasta komponentista valmistetun kuorman alla olevan laitteen kykyä kestää räsitystä. Rakenteellinen kestävyys voi käsitellä esimerkiksi pulttiliitosten momenttien kireyksiä tai rakenteiden kantokykyä. (Moubray 1997, 38-39)

3. Käyttöön, hallittavuuteen ja käyttömukavuuteen vaikuttavat toiminnot.

Käytön toiminnoilla tarkoitetaan toimintoja, jotka antavat operaattorille mahdollisuuden vaikuttaa koneen suorituskykyyn. Nämä toiminnot voivat olla esimerkiksi koneen mittareista analysoitavaksi saadun datan varmistavia toimintoja tai toimintoja, jotka mahdollistavat koneen säätämisen. Esimerkiksi moottorin taajuusmuuntimen käytön toiminto voi olla "moottorin pyörintänopeuden säätäminen." (Moubray 1997, 39)

Hallittavuuteen vaikuttavilla toiminnoilla tarkoitetaan esimerkiksi putkiston kykyä pitää sen siirtämä neste sisällään ilman että neste leviää ympäristöön. Hallittavuuteen liittyviä toimintoja ovat mm. kaikki putkistojen, kourujen, pneumaattisten ja hydraulisten järjestelmien toiminnot, jotka liittyvät niiden sisältämän materiaalin tai käyttövoiman pitämiseen halutulla alueella. (Moubray 1997, 40)

Käyttömukavuuteen vaikuttavilla toiminnoilla tarkoitetaan kaikkia laitteen toimintoja, jotka edesauttavat operaattorin mahdollisuutta käyttää laitetta ergonomisesti, mukavasti ja helposti. Esimerkiksi punaisen hätäseis-katkaisijan ja vihreän käynnistys-katkaisijan yhteyteen asennettavan katkaisijan toiminnon kertovan tarran toiminto on indikoida värisokealle operaattorille katkaisijoiden funktiot. (Moubray 1997, 40)

4. Ulkoasuun liittyvät toiminnot

Ulkoasuun liittyvä toiminto voi olla esimerkiksi työkoneen maalipinta, joka kirkkaalla värillään varoittaa operaattoreita, mutta myöskin suojaa konetta korroosiolta tai muilta ympäristön aiheuttamilta haitoilta. (Moubray 1997, 40)

5. Suojalaitteiden toiminnot

Suojalaitteiden toiminnot ovat esimerkiksi erilaisia laitteen hallitun alasajon toimintoja tai suojauksiin ja hälytyksiin liittyviä toimintoja, kuten vikatilasta indikoiva valo. (Moubray 1997, 41-42)

6. Taloudelliset vaikutukset ja tehokkuus

Taloudellisiin vaikutuksiin liittyvät toiminnot ovat usein laadullisia toimintoja kuten vaadittu maksimi energiankulutus, jonka ylittyessä laite ei enää toimi halutulla tasolla, ja sen toiminta on taloudellisesti kannattamatonta. (Moubray 1997, 42-43)

7. Tarpeettomat toiminnot

Tarpeettomat toiminnot ovat usein laitteen aiemmista muutoksista jääneitä turhiksi osoittautuneita toimintoja kuten venttiileitä, jotka sittemmin ovat jääneet järjestelmään niiden poistamisesta aiheutuvien kustannusten takia. Järjestelmään turhaksi jäänyt venttiili aiheuttaa kuitenkin laitteelle pettäessään ongelman, jolloin turhaksi jäänyt toiminto heikentää laitteen luotettavuutta. (Moubray 1997, 43)

5.1.2 Toimintahäiriöt ja vikamuodot

RCM-menetelmässä toimintahäiriöksi lasketaan tilanteet, joissa laitteen toimintakyky on alentunut niin, ettei se enää laadullisesti täytä asetettuja parametreja, tai laite on vikaantunut ja sen toiminta on pysähtynyt. Oleellista on määritellä olosuhteet, joissa vikaantuminen voi tapahtua, sekä tilanteet ja tapahtumat jotka voivat aiheuttaa vikaantumisen. (Järviö & Lehtiö 2017, 168-169).

Toimintahäiriöiden määrittelyn jälkeen on selvitettävä mitkä kaikki mahdolliset syyt voivat aiheuttaa vikaantumisen milläkin todennäköisyydellä. Mukaan otetaan myös syyt, joita pyritään jo estämään ennakkohuolloilla, sekä syyt joiden esiintymisriski on suuri, vaikkei vikaantumisia kyseisestä syystä olisikaan vielä tapahtunut. RCM-analyysissä mukaan lasketaan myös käytöstä johtuvat syyt sekä suunnitteluvirheet. (Järviö & Lehtiö 2017, 168-169).

Opinnäytetyön suunnittelutyökalu tekee kuitenkin oletuksen, että laite on suunniteltu oikein, ja sen käyttäjät ovat koulutettu laitteen käyttöön, joten vastaavat vikaantumiset jätetään huomioimatta ennakkohuoltoja suunnitellessa. Jokaisen vikaantumisen juurisyy tulisi saada määriteltyä mahdollisimman tarkasti, jotta oikeat toimenpiteet vikaantumisien ehkäisemiseksi saadaan valittua.

5.1.3 Vikojen vaikutukset ja seuraukset

RCM-analyysin neljäs vaihe on vikojen vaikutusten selvittäminen. Vaikutukset selvitetään jokaisesta listatusta viasta. Selvitykseen sisällytetään seuraava tieto:

- Mistä tunnistetaan kyseinen vikaantuminen
- Millaisia terveydellisiä tai ympäristöllisiä riskejä vikaantuminen aiheuttaa
- Millaiset ovat vikaantumisen tuotannolliset ja toiminnalliset vaikutukset
- Mitkä ovat vikaantumisen aiheuttaman konkreettiset vahingot
- Miten vikaantuminen saadaan korjattua

Vikojen seuraukset jaetaan RCM-analyysissä neljään ryhmään:

- Piilevien vikojen seuraukset
- Turvallisuus- ja ympäristöseuraukset
- Toiminnalliset seuraukset
- Ei-toiminnalliset seuraukset

Kun viat ovat jaettu ryhmiin, kyseisiä ryhmiä käytetään pohjana kunnossapitostrategialle. Ryhmien avulla kunnossapitoa saadaan kohdennettua kohteisiin joissa ilmenee merkittävimmät vikaantumiset organisaation kannalta. (Järviö & Lehtiö 2017, 169-170).

5.1.4 Vikaantumisen estävien tehtävien valinta

Vikaantumista estävät tehtävät jaetaan RCM-analyysissä kahteen ryhmään: proaktiivisiin tehtäviin sekä korjaus- ja toimintaohjeisiin. Vikaantumisen estäväksi tehtäväksi valitaan RCM-proseduurin mukaan siihen parhaiten soveltuva toimenpide:

- Jaksotettu huolto ja jaksotettu uusiminen
- Kunnonvalvonta
- Vian etsintä
- Uudelleen suunnittelu
- Korjaava kunnossapito

Proaktiiviset tehtävät ovat tehtäviä, jotka voidaan tehdä ennen kuin laitteen vikaantuminen on kehittynyt niin pitkälle, että laitteen toiminta on estynyt. Nämä tehtävät on jaettu RCM-analyysissä edelleen kolmeen ryhmään: jaksotettuun korjaukseen, jaksotettuun uusimiseen sekä kunnonvalvontaan. Kunnonvalvonnan alle kuuluvat myös kunnonvalvonnan havaintojen pohjalta tehtävät toimenpiteet. Mikäli kohteelle ei ole mahdollista määrittää toimivaa ja tehokasta ehkäisevää tehtävää, luodaan kohteelle toimintaohje, jonka mukaan toimitaan, kun laite vikaantuu. Tämä sisältää esimerkiksi korjaavan kunnossapidon ohjeistukset ja vianetsinnän ohjeistukset. Myös kohteen uudelleensuunnittelu voi olla suositeltavaa. Vikaantumisen estävä tehtävä valitaan kullekin vikatyypille sen kriittisyyden mukaan, ja näin RCM-prosessilla saadaan optimoituja ennakkohuolto kohteen todellisen tarpeen mukaiselle tasolle. (Järviö & Lehtiö 2017, 170-171).

5.2 Kevennetty RCM

RCM-prosessin raskaudesta johtuen on RCM-analyysistä kehitetty myös kevennettyjä versioita, esimerkiksi SRCM (Streamlined Reliability Centered Maintenance). SRCM nojaa RCM-analyysiä vahvemmin tuotantolaitoksen pohjatietoihin sekä muilta vastaavilta tuotantolaitoksilta saatavilla olevaan dataan. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että laitteiden kriittisyyskartoitus on ennakkoon, ja RCM-prosessia noudatetaan ainoastaan määritetyn kriittisyystason ylittävillä laitteilla. Vaikka prosessia onkin kevennetty, on se silti organisaatiolle raskas, eikä sitä ole syytä soveltaa koko tuotantolaitoksen tasolle asti. Toinen kevennettyyn RCM-analyysiin liittyvä huomio on, että sen luotettavuus ei ole samalla tasolla täysimittaisen RCM-prosessin kanssa, eikä sitä näin ollen ole järkevää soveltaa esimerkiksi suuria ympäristö- tai turvallisuusriskejä sisältävissä kohteissa. (Heinonen ym. 2009, 77-78)

6 Kriittisyysanalyysi PSK 6800 mukaan

Kriittisyys on ominaisuus, joka kuvaa kohteeseen liittyvän terveydellisen, aineellisen, tuotannollisen tai muihin ei hyväksyttäviin seurauksiin johtavan riskin suuruutta. Mikäli riski ei ole hyväksyttävällä tasolla, on kohde kriittinen. Yksi kriittisyysanalyysin päätavoitteista on luoda pohjatietoa kunnossapitosuunnitelman toteuttamiseksi ja kunnossapitotoimenpiteiden priorisoimiseksi. Tunnistamalla kriittiset kohteet, voidaan kunnossapitosuunnitelmassa kohdentaa ennakoivaa kunnossapitoa näihin kohteisiin, ja näin ollen vähentää turhaa kunnossapitoa, tuotannollisia tappioita ja henkilövahinkoja. PSK-standardi 6800 kuvaa kriittisyysanalyysin tekemisen vaiheet. Oleellinen osa kriittisyysanalyysiä on laitteiden vikaantumishistorian tietäminen. Laskennassa lähdetään liikkeelle vikaantumisvälistä, joka kerrotaan kriittisyyden eri aspektien painoarvoilla. Standardin mukainen kriittisyysanalyysi painottuu luokittelemaan kriittisyyden taloudellisten vaikutusten perusteella. (PSK 6800: 2008, 2-13)

6.1 Kriittisyysanalyysin seitsemän vaihetta

PSK 6800:n mukaan kriittisyysanalyysi jakautuu seitsemään vaiheeseen:



Kuvio 5. Kriittisyysanalyysin vaiheet. (PSK 6800, muokattu)

1. Tarkasteltavan alueen määrittäminen

Määritellään kriittisyysanalyysissä tarkasteltavan alueen laajuus. Kriittisyysanalyysi voidaan tehdä tehdas- tai osastokohtaisesti tai siihen voidaan valita pienempi rajattu kohde. Käytännön tasolla hyväksi alueen määrittämykseksi on nähty esimerkiksi osapro- sessi välivarastosta välivarastoon. (PSK 6800: 2008, 3)

2. Tuotannon menetyksen painoarvon määrittäminen

Määritettäessä tuotannon menetyksen painoarvoa tulee laitoksen prosessitekniikoiden toimintojen keskinäinen riippuvuus selvittää. Muodostamalla prosessihierarkia saadaan kattava kuvaus laitoksen prosesseista jonka perusteella voidaan määrittää tarvittavat painoarvokertoimet. (PSK 6800: 2008, 4)

Tuotantoyksikön painoarvokerroin P_1 kuvaa tuotantoyksikön suhteellista osuutta koko laitoksen tuotannosta. Kertoimen määrittämisessä voidaan käyttää tuotannon määrää, arvoa tai siitä saatavaa tuottoa. Kaikkien tuotantolaitoksen tuotantoyksikköjen yhteenlaskettu painoarvokertoimien summa tulee olla 100% (PSK 6800: 2008, 4-5)

Tuotantolinjan painoarvokerroin P_2 kuvaa kyseisen linjan suhteellista osuutta kyseisen tuotantoyksikön tuotoksesta. Painoarvokertoimen määrittämiseen käytetään samoja ehtoja kuin tuotantoyksikön painoarvokertoimelle. (PSK 6800: 2008, 5)

Prosessin painoarvokerroin P_3 kuvaa prosessin välttämättömyyttä sen palvelemille kohteille. Mikäli prosessi on kriittinen ja pysäyttää koko tuotantolinjan, sen painoarvokerroin on 100%. Prosessit voivat olla kytkettynä joko rinnan tai sarjaan. Jälkimmäisessä tapauksessa painoarvokertoimet ovat yhtä suuret. (PSK 6800: 2008, 6)

Osaprosessin painoarvokerroin P_4 kuvaa vastaavasti osaprosessin välttämättömyyttä prosessin tai koko tuotantolinjan kannalta. Mikäli osaprosessin ongelma pysäyttää prosessin tai tuotantolinjan, on sen painoarvokerroin 100%. Prosesseja vastaavasti osaprosessit voivat olla kytketty joko rinnan tai sarjaan. (PSK 6800: 2008, 6)

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

Kuvio 6. Painoarvokertoimien määrittäminen (PSK 6800, 7)

Kun tarvittavat painoarvokertoimet on määritetty, saadaan tuotannon menetyksen painoarvokerroin W_p laskettua kaavasta

$$W_p = P_4 \times P_3 \times P_2 \times P_1$$

(PSK 6800: 2008, 6)

- Arvioidaan PSK 6800 standardin taulukko 1:ssä annettujen muiden painoarvojen soveltuvuus kyseiselle toimialalle

Määritetään kuinka turvallisuusriskien, ympäristöriskien, laatukustannusten ja korjauskustannusten painoarvot soveltuvat analyysin kohteena olevaan laitokseen. (PSK 6800: 2008, 3)

4. Listataan standardin mukana tulevaan taulukkolaskentaohjelmaan tarkasteltavat laitteet

Laiteluetteloon tulee listata kaikki prosessin kannalta kriittisiksi oletetut laitteet. Laitteista tulisi tietää niiden mahdollinen vikaantumisväli. (PSK 6800: 2008, 3)

5. Valitaan tarkasteltaville laitteille taulukosta 1 käytettävät kertoimet

PSK 6800 standardin taulukosta 1 valitaan jokaiselle listatulle laitteelle soveltuvat kertoimet. Kertoimella määritetään laitteen turvallisuus- ja ympäristöriskien merkitys, laitteen merkitys tuotannonmenetyksiin ja laatukustannuksiin sekä sen korjauskustannukset. (PSK 6800: 2008, 3)

6. Lasketaan kriittisyysindeksi K ja sen osaindeksit

Laitetason kriittisyyden laskentakaava

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

jossa

P on vikaväli

W_s on turvallisuusriskien painoarvo ja M_s on turvallisuusriskien kerroin

W_e on ympäristöriskien painoarvo ja W_s on ympäristöriskien kerroin

W_p on tuotannon menetyksen painoarvo ja M_p on tuotannonmenetyksen kerroin

W_q on laatukustannusten painoarvo ja M_q on laatukustannusten kerroin

W_r on korjauskustannusten painoarvo ja M_r on korjauskustannusten kerroin

(PSK 6800: 2008, 7-8)

7 Laitedata ja vikaantumishistoria

Kunnossapidon suunnittelussa laitteesta kerätyllä datalla on merkittävä rooli. Vähimmäisvaatimuksena laitteesta on sen tyyppikilpitiedot, mutta suotavaa olisi, jos kunnossapitojärjestelmästä löytyisi myös laitteen käyttö- ja huolto-ohjeet, varaosatiedot ja siitä kerätty historiatieto. Historiatiedon tulisi pitää sisällään kaikki laitetta koskevat työmääräykset, jotta kunnossapidon suunnittelu ei perustu muistin ja kokeilemisen, vaan kerätyn datan varaan. Työmääräykseen tulisi olla merkitty kaikki laitteelle tehty työ ja siihen asennetut varaosat. Tämän lisäksi taltioituna tulisi olla kaikki kunnossapitohenkilöstön huomaamat yllättävät tekijät, kuten ilmenneet turvallisuusriskit. Kattavan historiatiedon perusteella esimerkiksi toistuvien vikojen syyt voidaan lähteä selvittämään, ja kunnossapidon turvallisuutta saadaan parannettua. Joissain tapauksissa laitteen valmistajalta löytyy asiakkaan laitteesta kattavammat tiedot historioineen kuin itse laitteen omistavalta tehtaalta. Näissä tapauksissa laitevalmistajan tietoa käytetään yleensä kunnossapidon suunnittelussa. (Palmer 2006, 360-362) Vaikka vikaantumishistoria toimiikin kehitettävän työkalun pohjatietona, on huomiotavaa se, että työkalun testausvaiheessa vikaantumishistoriatietoa ei todennäköisesti erinäisistä syistä, kuten tuotantolaitoksen iästä johtuen, ole saatavilla. Tämä pätee useisiin tuotantolaitoksiin ja niiden kunnossapitodatan puutteellisuuteen. Näin ollen työkalua käytettäessä tullaan luottamaan vahvasti sitä käyttävien henkilöiden ammattitaitoon.

8 Työn toteutus

Ennakkohuoltojen optimointityökalua tullaan käyttämään asiakkaille myytävänä palveluna Niko Jokela Consulting Oy:ssä josta seuraten työn toteutus ja kuvaus valmiista työstä on jouduttu salaamaan vedoten liikesalaisuuteen.

9 Tulokset

Opinnäytetyön tulokseksi saatiin työkalu, jolla jokaisen toimintopaikan alla oleville laitteille saadaan standardisoitua laskentaa hyödyntäen laskettua indikaattori kuvaamaan laitteiden ennakkohuoltotarvetta.

9.1 Tulosten luotettavuus

Tulosten luotettavuutta lisää se, että laskenta perustuu standardisoituun tietoon. Laitedatavien puuttuessa kriittisyysanalyysin painoarvokertoimet joudutaan määrittelemään vahvasti pohjautuen työntekijöiden kokemukseen ja analyysin tekijöiden ammattitaitoon. Kun laitepaikan alle lasketaan kriittisyysindeksit halutuille laitteille ja vikaantumismuodoille, tilastollisesti ajateltuna myös laitepaikan kriittisyysindeksi saadaan todennäköisemmin vastaamaan todellisuutta.

Tulosten luotettavuuden arviointiin haasteita tuo se, että työkalua ei päästä kokeilemaan opinnäytetyön puitteissa missään tosielämän kohteessa. Luotettavuuden kannalta kysymyksiä herättää myös se, että todennäköisesti kun työkalua päästään testaamaan siihen ei saada syötettyä vikaantumishistoriapohjaista dataa kovinkaan paljoa vaan useat painoarvokertoimet tulevat pohjaamaan ainoastaan operaattorien, kunnossapitohenkilökunnan ja analyysin tekijöiden kokemukseen.

10 Johtopäätökset ja pohdinta

Valmis työkalu tekee sen, mitä toimeksiantajayritys sen toivoi tekevän: työkalu muodostaa prosessikriittisyyden huomioiden indikaattorin, jonka mukaan käyttäjän on helpompaa tulkita kohteen ennakkohuoltotarvetta. Työkalun käytännön hyöty tullaan näkemään tulevaisuudessa kun sitä päästään testaamaan jonkin pilottiprojektin parissa oikealla datalla, oikeassa tuotantolaitoksessa. Tällöin nähdään myös mikäli se tarvitsee jatkokehitystä.

Opinnäytetyön tietoperusta saatiin kerättyä helposti. Suurimmaksi haasteeksi muodostui tietoperustan rajaus, jotta ainoastaan opinnäytetyön kannalta oleellinen tieto jää työhön. Kunnossapidon materiaalia on saatavilla paljon ja suuri osa materiaalista on standardisoitua, joten tietoperustan lähdemateriaalin löytäminen ei tuottanut ongelmia. Standardisoidun lähdemateriaalin ansiosta myös aineiston luotettavuus on hyvä.

Työkalun kehittäminen aloitettiin ensimmäisen palaverin perusteella väärin, ja opinnäytetyön ongelmaa lähdettiin ratkaisemaan lähtökohtaisesti vikaantumisvälin kautta. Seuraavassa seurantapalaverissa työkalua katsottiin tarkemmin toimeksiantajayrityksessä, jonka seurauksena työkalu tehtiin uudestaan ja se sai lopullisen muotonsa. Toimeksiantajayrityksen tuki oli korvaamattoman tärkeää opinnäytetyössä, eikä valmiista työkalusta olisi tullut toimeksiantajan toivomusten mukaista ilman työkalun kehityspalavereja. Kun toimeksiantajan kanssa päästiin yhteisymmärrykseen halutun työkalun ominaisuuksista, oli työkalun toteutus nopeaa ja vaivatonta, sen pohjautuen yksinkertaisiin Excel-kaavoihin.

Lähteet

Armstrong, J. 2006. Reliability Based Spare Parts and Materials Management. Raleigh: Idcon.

Foskett, S. 2011. Defining Failure: What Is MTTR, MTTF, and MTBF? Viitattu 6.2.2020. <https://blog.fosketts.net/2011/07/06/defining-failure-mttr-mttf-mtbf/>

Heinonen, K., Jantunen, E., Kautto, J., Kokko, V., Komonen, K., Lakka, S., Leinonen, P., Lumme, V., Mikkonen, H., Miettinen, J., Mäkeläinen, R., Riutta E. ja Sulo P. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki: KP-media Oy.

Järviö, J., Lehtiö, T. 2017. Kunnossapito tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 6.6. Helsinki: Promaint Ry.

Moubray, J. 1997. Reliability centered maintenance. Second edition. New York: Industrial press Inc.

PSK 6201. 2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 3. p. Helsinki: PSK Standardisointi.

PSK 6800. 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Helsinki: PSK Standardisointi.

PSK 7501, 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. Helsinki: PSK Standardisointi.

Palmer, D. 2006. Maintenance planning and scheduling handbook. Second edition. New-York:McGraw-Hill.

Smith, A. 1993. Reliability Centered Maintenance. Boston: McGraw-Hill.

Liitteet

Liite 1. Työn toteutus (salassa pidettävä)

Liite 2. Ennakkohuoltojen optimointityökalu (salassa pidettävä)