



Sahalinjan laitteiden kriittisyys- ja kuntoluokitus

UPM-Korkeakosken saha

Tino Paavola

OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2022

Konetekniikka
Tuotantotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Tuotantotekniikka

PAAVOLA, TINO:

Sahalinjan laitteiden kriittisyys- ja kuntoluokitus
UPM-Korkeakosken saha

Opinnäytetyö 30 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Kesäkuu 2022

Sahalinjaan kuuluu useita eri laitteita ja niiden kunnossapidon sekä investointien suunnittelu on haastavaa. Kunnossapito on välttämätöntä sahan toimintakyvyn sekä kilpailukyvyn säilyttämisen kannalta.

Opinnäytetyössä perehdyttiin kunnossapidon lajeihin ja tehtiin kriittisyysanalyysi, jotka vaikuttavat kehityssuunnitelmaa tarkasteltaessa. Työn tarkoituksena oli luoda kriittisyys- ja kuntoanalyysi, jota käytetään suunniteltaessa kunnossapitoa sekä investointeja. Kriittisyys- ja kuntoluokituksen tulosten pohjalta laadittiin kehityssuunnitelma kunnossapitotoimenpiteitä varten. Kehityssuunnitelman tavoitteena on vikojen määrän vähentäminen ja toimien varmistaminen vikaantumisten ilmentyessä.

Kriittisyys- ja kuntoanalyysi tehtiin pääasiassa luokittelutunnoissa, joissa mukana olleeseen työryhmään kuului asiantuntijoita mekaanisesta kunnossapidosta, käynnissäpidosta sekä sahan kunnossapitopäällikkö.

Projektissa tehty kriittisyys- ja kuntoluokitus tehtiin UPM-Korkeakosken sahan sahalinjan laitteille, joka kattaa laitteet sahan sisäänsyötöstä dimensiolajitteluun ja esitasaukseen. Opinnäytetyön sisältöä voidaan hyödyntää myöhemmässä vaiheessa UPM-Korkeakosken sahan muihin alueisiin kuuluvien laitteiden kriittisyys- ja kuntoluokituksessa.

Asiasanat: sahalinja, kunnossapito, kriittisyys, kriittisyysluokitus, kuntoluokitus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Production engineering

PAAVOLA, TINO:
Sawmill Line Criticality and Condition Analysis
UPM Korkeakoski Sawmill

Bachelor's thesis 30 pages, appendices 3 pages
June 2022

The saw line includes several different devices, and the planning of their maintenance and investment is challenging. Maintenance is essential to the sawmill's ability to function and to remain competitive.

In this thesis, the types of maintenance and the criticality analysis that affect the development plan are presented. The purpose of this work was to create a Criticality and Condition Analysis, which is used to plan maintenance and investments. Based on the results of the criticality and fitness classification, a development plan is prepared for maintenance measures. The aim of the development plan is to reduce the number of faults and to ensure action in the event of faults.

The Criticality and Condition Analysis has been performed mainly in classification sessions, where the working group involved included experts in mechanical maintenance and the sawmill maintenance manager.

The Criticality and Condition Classification introduced in this project has been made for the equipment of the sawmill line at UPM Korkeakoski sawmill, which covers the equipment from the sawmill feed to the Dimen sieve sorting and pre-opening. Possibly, the content of this thesis can be utilized at a later stage in the criticality and condition classification of the equipment belonging to other areas of the UPM Korkeakoski sawmill.

Key words: saw line, maintenance, criticality, criticality rating, condition rating

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	KUNNOSSAPITO	6
2.1	Kunnossapito yleisesti.....	6
2.2	Kunnossapitolajit PSK-standardin mukaan	7
2.2.1	Suunniteltu kunnossapito	8
2.2.2	Häiriökorjaukset.....	8
2.3	Kunnossapitolajit SFS-EN standardin mukaan	8
2.3.1	Ehkäisevä kunnossapito.....	9
2.3.2	Korjaava kunnossapito	10
2.3.3	Parantaminen	10
2.4	RCM Luotettavuuskeskeinen kunnossapito	11
2.5	RCM-prosessi	11
3	LAITTEIDEN KRIITTISYYSLUOKITTELU JA RISKIT TEOLLISUUDESSA.....	14
3.1	Laitteiden kriittisyys	14
3.2	Laitteiden kriittisyysluokittelu PSK 6800 -standardin mukaan	14
3.3	RCM ja kriittisyysluokittelu	15
4	KRIITTISYYSS- JA KUNTOLUOKITUS TAVOITTEET JA VAIHEET	16
4.1	Projektin aloittaminen.....	16
4.2	Lähtötilanne projektin alussa.....	16
4.3	Luokitteluistunnot	17
4.4	Laitteiden kriittisyys- ja kuntoluokittelu	18
4.5	Riski- ja kuntoluokka	19
4.6	Kriittisyys- ja kuntoluokittelun tulokset.....	20
5	KEHITYSSUUNNITELMA KUNNOSSAPITOTOIMENPITEITÄ VARTEN	22
5.1.1	Kriittiset laitteet	23
5.1.2	Erinomaisen kuntoluokan laitteet.....	23
5.1.3	Hyväksyttävän kuntoluokan laitteet	24
5.1.4	Huonon/kelvottoman kuntoluokan laitteet.....	24
6	POHDINTA	26
	LÄHTEET.....	27
	LIITTEET	28
	Liite 1. Laitetason kriittisyyden tekijät PSK 6800 mukaan (PSK 6800:2008, 7	28
	Liite 2. Kriittisyys- ja kuntoluokituksessa käytettävä pohja	29
	Liite 3. Kuorikuljetin 3. kriittisyys- ja kuntoluokitus	30

1 JOHDANTO

UPM-Kymmene Oyj on suomalainen metsäteollisuusyhtiö. UPM Timber on osa UPM liiketoimintaa ja se on merkittävä pohjoismaisen sahatavaran tuottaja. UPM Timberin neljä sahaa sijaitsee Suomessa, joiden tuotantokapasiteetti on yhteensä 1,4 miljoonaa kuutiota sahatavaraa vuodessa. Yksi yhtiön alaisuudessa toimiva yksikkö on UPM-Korkeakosken saha, joka sijaitsee Pirkanmaalla Juupajoella. UPM-Korkeakosken saha tuottaa pohjoismaisesta sertifioidusta männystä mäntysahatavaraa jatkojalostettavaksi eri loppukäyttökohteisiin. Sahan tuotantokapasiteetti on 350 000 m³/vuosi.

Sahalinjaan kuuluu useita eri laitteita ja niiden kunnossapidon sekä investointien suunnittelu on haastavaa. Kunnossapito on välttämätöntä sahan toimintakyvyn sekä kilpailukyvyn säilyttämisen kannalta.

Laitetiedot kuten laitteiden iät, kunnossapitohistoria sekä esimerkiksi takuutiedot löytyvät laiterekisteristä, mutta ne eivät itsessään anna oikeaa kuvaa laitteen kriittisyystasosta ja kunnosta. Sahalle tehdään jatkuvasti uusia laiteinvestointeja, mutta kaikkia laitteita ei kuitenkaan voida uusida samalla kertaa. Tämän takia on tärkeää osata priorisoida investointien sekä kunnossapidon tarve.

Työn tarkoituksena on luoda kriittisyys- ja kuntoanalyysi, jota käytetään suunniteltaessa kunnossapitoa sekä investointeja. Kriittisyys- ja kuntoluokituksen tulosten pohjalta laaditaan kehityssuunnitelma kunnossapitotoimenpiteitä varten. Työ rajattiin UPM-Korkeakosken sahan sahalinjan laitteisiin, jotka kattavat laitteet sahan sisäänsyötöstä dimensiolajitteluun ja esitasaukseen.

Opinnäytetyössä kriittisyys- ja kuntoluokituksen teoriaa käydään läpi eri kunnossapitolajien avulla.

2 KUNNOSSAPITO

2.1 Kunnossapito yleisesti

Teollisuudessa koneiden ja laitteiden kunnossapidolla on todella suuri taloudellinen merkitys. Itse kunnossapitotyö, tarvittavat varaosat sekä uudet komponentit aiheuttavat jo itsessään suuret kustannukset, mutta todellisuudessa vielä isommat kustannukset tulevat, kun tuotantolinjan laitteet, koneet sekä tuotantoprosessit eivät ole kunnossa, jolloin laatu heikkenee ja tuotanto hidastuu tai jopa pysähtyy kokonaan.

Kunnossapidon tehtävänä on nykykäsityksen mukaan pitää laitteet halutussa toimintakunnossa tarvittavilla toimenpiteillä. Laitteiden sekä komponenttien korjaus ei ole kunnossapidon päätarkoitus, vaikka ne kuuluvatkin edelleen kunnossapidon tehtäviin. Kunnossapidosta on muuttunut nykyaikaan tultaessa enemmänkin tärkeä tuotannontekijä kuin pelkkä kustannus, jonka avulla kilpailukyky tuotantolaitoksessa säilytetään. (Mikkonen 2009, 25.)

Tuotannon hyvä käyttövarmuus sekä kokonaistehokkuus ovat kunnossapidon keskeisimpiä tavoitteita. Hyvä käyttövarmuus koostuu kunnossapidettävyydestä, toimintavarmuudesta sekä kunnossapitovarmuudesta. Lisäksi merkittäviin kunnossapidon tavoitteisiin kuuluvat ympäristön huomioiminen, turvallisuus sekä kustannustehokkuus. (PSK 6201:2022, 5).

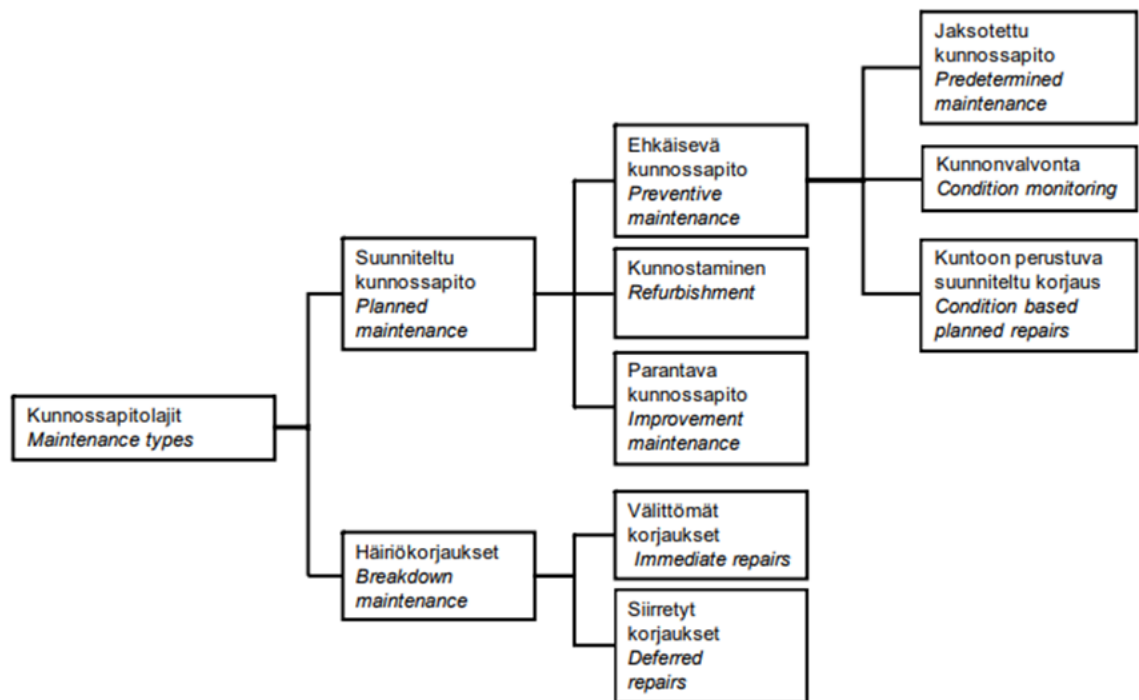
Kunnossapitolajien määrittely, käyttö sekä terminologia on melko kirjavaa, mikä usein aiheuttaa väärinymmärryksiä sekä haasteita. Kunnossapidon määritelmiä löytyykin useista eri kansainvälisistä kuin myös kansallisista standardeista.

Esimerkiksi SFS-EN 13306 standardin mukaan kunnossapito on kohteen kaikki ne elinjakson aikaiset hallinnolliset, liikkeenjohdolliset sekä tekniset toimenpiteet, joilla pyritään palauttamaan sekä ylläpitämään toimintakyky kohteessa sellaisena, että kohde pystyy halutun toiminnon suorittamaan (SFS-EN 13306:2017, 5).

2.2 Kunnossapitolajit PSK-standardin mukaan

Toimenpiteet, joilla kohde saatetaan tai pidetään halutussa toimintakunnossa sisältyvät kunnossapitolajeihin. Lisäksi kunnossapitolajeihin sisältyviä muita toimenpiteitä ovat kohteen toimintakunnon toteaminen, kohteen käyttövarmuuden parantaminen tai toimenpiteet, jotka käyttävät kunnossapidon resursseja. (PSK 6201:2022, 26).

PSK 7501 -standardissa kunnossapitolajien jakoperustaksi on otettu vikaantumisen seurannaisvaikutukset tuotannon suhteen, eli onko kunnossapito ennakoon suunniteltua vai johtuuko se tuotantohäiriöstä. Häiriö on vika tai virhetointo, joka estää tai häiritsee kohteen toimimista halutulla tavalla. Kuviossa 1 on PSK 7501 standardissa oleva kaavio, jossa kunnossapito on jaettu kahteen eri osaan, jotka ovat suunniteltu kunnossapito sekä suunnittelematon kunnossapito eli häiriökorjaukset (PSK 7501:2010, 5.)



KUVIO 1 Kunnossapitolajit PSK 7501:n mukaan (PSK 7501:2010, 32)

2.2.1 Suunniteltu kunnossapito

Suunnitellussa kunnossapidossa on valmis ohjelma, jonka mukaan työt tehdään. Suunniteltuun kunnossapitoon kuuluvat kunnostaminen, parantava kunnossapito sekä ehkäisevä kunnossapito.

Kunnostaminen kuuluu korjaavaan kunnossapitoon, jossa laite palautetaan toimintakuntoon korjaamalla ilman, että prosessin toiminta häiriintyy. Tämä suoritetaan yleensä korjaamossa tai työpajassa.

Parantavassa kunnossapidossa toimintavarmuuden ja kunnossapidettävyyden parantaminen tapahtuu toimenpiteillä, joilla laitteen rakennetta muutetaan.

Ehkäisevä kunnossapito sisältää jaksotetun kunnossapidon, kuntoon perustuvan suunnitellun korjauksen, sekä kunnonvalvonnan, jonka avulla hankitaan tietoa kunnostustarpeesta. (PSK 7501:2010, 5.)

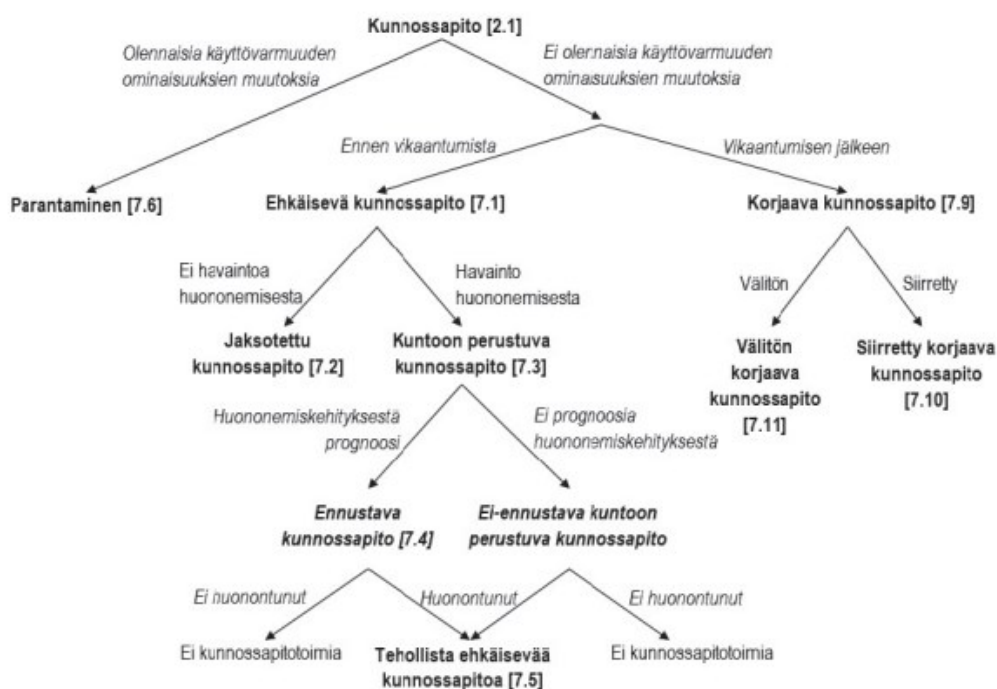
2.2.2 Häiriökorjaukset

Häiriökorjauksissa vika korjataan häiriön vaatimalla tavalla. Häiriökorjaukset kuuluvat korjaavaan kunnossapitoon. Korjaavaa kunnossapitoa sisältyy myös jaksotetussa kunnossapidossa ennakoon suunniteltujen seisokkien ja käynnin aikana. (PSK 7501:2010, 5.)

Seisokki on tuotannon pysäyttämistä suunnitellusti tai tuotannon keskeytymistä häiriön vuoksi. Häiriön aiheuttaman seisokin aikana voidaan tehdä suunniteltua kunnossapitotyötä häiriökorjauksien lisäksi. (PSK 7501:2010, 5.)

2.3 Kunnossapitolajit SFS-EN standardin mukaan

Suomen standardisoimisliiton standardin SFS-EN 13306 mukaan vikaantumisen on sitä, kun kohteen kyky toteuttaa haluttua toimintaa menetetään. Kuviassa 2 on standardi SFS-EN 13306:ssa oleva kaavio, joka jakaa kunnossapitolajit vikaantumisen havaitsemisen mukaan ehkäisevään kunnossapitoon sekä korjaavaan kunnossapitoon. (SFS-EN 13306:2017, 10).



KUVIO 2 Kunnossapitolajit SFS: EN 13306: mukaan (SFS-EN 13306:2017, 22)

2.3.1 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevä kunnossapito tarkoittaa kaikkia toimia sekä menetelmiä, jotka tapahtuvat ennen kuin vikaantuminen ilmenee. Ehkäisevän kunnossapidon tarkoituksena on sekä vähentää ja myös arvioida vikaantumisen todennäköisyyttä sekä kohteen heikkenemistä. Siihen kuuluu jaksotettu kunnossapito sekä kuntoon perustuva kunnossapito. (SFS-EN 13306:2017, 13–14.)

Jaksotettua kunnossapittoa tehdään ennakkoon määritettyjen kriteerien mukaan, joko käytön määrän tai säännöllisten ajanjaksojen välein. Halutut työ- ja aikajaksot voidaan määrittää sen mukaan millä tavoin ja kuinka usein kohteessa on tapahtunut vikaantumisia. (SFS-EN 13306:2017, 13–14.)

Kuntoon perustuvassa kunnossapidossa arvioidaan ja analysoidaan fyysistä tilaa ja tehdään niiden johdosta kunnossapitotoimenpiteitä. Se voi perustua esimerkiksi työntekijöiden havaintoihin, tarkastuksiin, testauksiin tai järjestelmään ase-

tettujen parametrien kunnonvalvontaan, joko jatkuvasti jaksotettuna tai vain tarvittaessa. Kuntoon perustuvaan kunnossapitoon sisältyvät ennustava kunnossapito sekä ei-ennustava kuntoon perustuva kunnossapito. (SFS-EN 13306:2017, 13–14.)

Ennustavassa kunnossapidossa toteutettu kunnossapito perustuu nimensä mukaisesti ennusteisiin. Ennusteet pohjautuvat suoritettuihin toistuviin analyysihin, tunnettuihin tunnusmerkkeihin tai tarkastelemalla olennaisia arvoja, jotka kuvaavat kohteen heikkenemistä. (SFS-EN 13306:2017, 13–14.)

2.3.2 Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito tapahtuu havaitun vikaantumisen jälkeen. Tavoitteena on palauttaa kohde takaisin siihen tilaan, jossa se voi halutun toiminnon toteuttaa. Korjaava kunnossapito on jaoteltu siirrettyyn korjaavaan kunnossapitoon sekä välittömään korjaavaan kunnossapitoon. (SFS-EN 13306:2017, 14–15.)

Siirrettyä korjaavaa kunnossapitoa ei toteuteta heti kun vika havaitaan, vaan korjauksia viivästytetään sallittujen ohjeiden ja puitteiden mukaan. Välittömän korjaavan kunnossapidon tarkoituksena on välttää mahdollisilta haitallisilta seurauksilta, joten kunnossapitotyö tapahtuu välittömästi vian havaitsemisen jälkeen. (SFS-EN 13306:2017, 14–15.)

2.3.3 Parantaminen

Parantamiseen sisältyy olennaisia käyttövarmuuden ominaisuuksien muutoksia. Se koostuu hallinnollisista, teknisistä sekä liikkeenjohdollisista toimenpiteistä. Parantamisen tarkoituksena on kohteen kunnossapidettävyyden, turvallisuuden sekä toimintavarmuuden parantaminen ilman alkuperäisen toiminnan muuttamista. Sen avulla voidaan myös välttää vikaantumisia sekä estää väärinkäyttö. (SFS-EN 13306:2017, 14).

2.4 RCM Luotettavuuskeskeinen kunnossapito

Reliability Centered Maintenance on yleisesti suomennettuna luotettavuuskeskeinen kunnossapito, josta yleisesti Suomessa käytetään lyhennettä RCM. RCM on systemaattinen menetelmä kunnossapidon suunnittelun avuksi ja se on vakiinnuttanut paikkansa yhtenä tärkeimmistä kunnossapidon suunnittelun työkaluista. Menetelmässä käyttövarmuuden ja kunnossapidettävyyden lisäämiseksi yhtä tärkeänä tekijänä pidetään laitteiden suunnittelua ja kehittämistä, varsinaisen kunnossapitotoiminnan suorittamisen lisäksi. (Mikkonen 2009, 77.)

Tehokkaiden menetelmien ja työkalujen puuttuessa, kunnossapito-ohjelmat on täytynyt suunnitella omien kokemusten sekä laitevalmistajien ohjeiden mukaan. Tästä syystä etenkin ehkäisevää kunnossapitoa varsinaisen kunnossapidon lisäksi tehdään huomattavasti liian paljon. Suunnitellusta ja ehkäisevästä kunnossapidosta jopa 40 % on liikaa englantilaisen John Moubrayn mukaan. (Mikkonen 2009, 77.)

RCM menetelmän avulla pyritäänkin tekemään mahdollisimman vähän kunnossapitoa, kuitenkin laitteiden ja laitoksen toimintaa vaarantamatta. Tarkoituksena on systemaattinen toiminta, jolla mahdollistetaan keskittyminen oleelliseen kaiken turhan pois jättämisen avulla. (Mikkonen 2009, 77.)

John Moubrayn 1997 vuonna kirjoittama RCM II -kirja on noussut teollisuuden alan perusteokseksi. Moubrayn kirjasta suomennettuna RCM on prosessi, jonka avulla tuotanto-omaisuudelle määritellään kunnossapidon vaatimukset sen omassa toimintaympäristössään. (Mikkonen 2009, 77.)

2.5 RCM-prosessi

RCM-prosessissa eteneminen Moubrayn mukaan on seuraavanlainen.

Ensimmäisessä vaiheessa on laitteiden primääristen sekä sekundaärysten toimintojen ja tehokkuusvaatimusten määrittäminen sekä vaatimustason määrittäminen niille.

Toisena on laitteen toiminnallisten vikojen määrittely, eli millä eri tavoilla laite voi epäonnistua ensimmäisen kohdan määritellyn toiminnan toteuttamisessa.

Kolmantena on vikaantumismallien selvittäminen. Selvitetään mitkä kaikki erilaiset vikaantumismekanismit voivat vaikuttaa toiminnallisen vian syntymiseen.

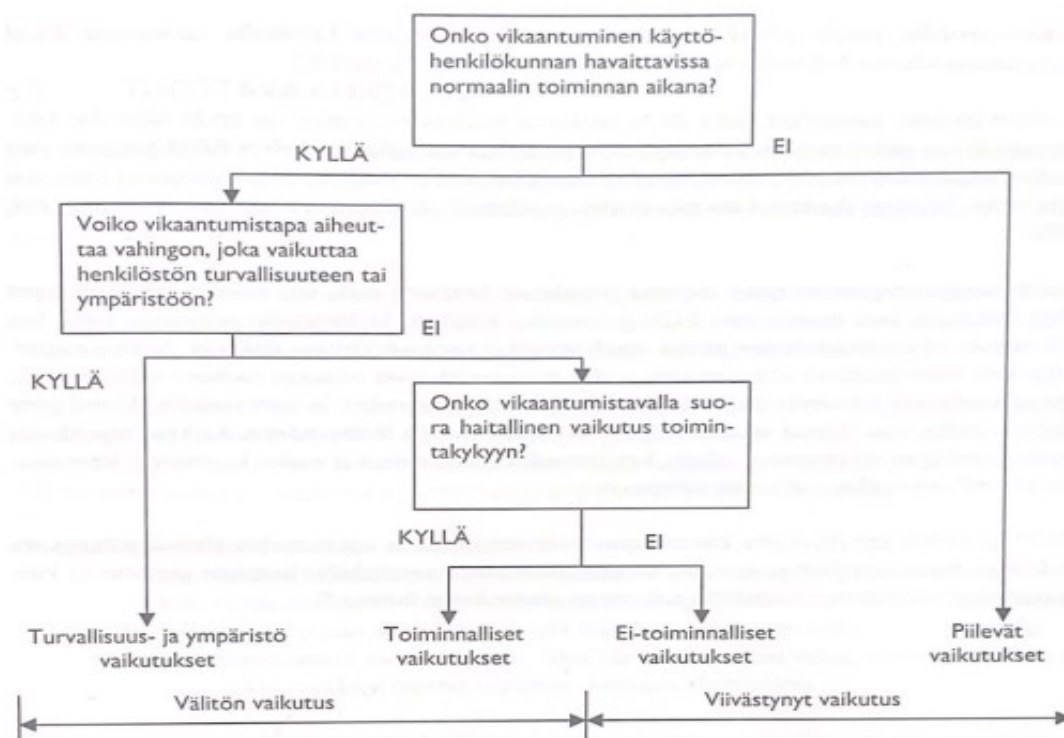
Neljäntenä selvitetään vian eri vaikutukset ja kuinka vikaantuminen ilmenee.

Viidentenä on vian seurauksien määrittely ja jakaminen RCM:n mukaan neljään kategoriaan RCM:n päätöksenteknologiikkaa käyttäen. Jaottelu tapahtuu piileviin seurauksiin, turvallisuus- tai ympäristö vaikutuksiin, toiminnallisiin vaikutuksiin ja ei-toiminnallisiin vaikutuksiin.

Kuudennessa kohdassa tehtävänä on määritellä ennakoivat toimenpiteet kohdan viisi perusteella käyttäen RCM:n päätöksenteknologiikkaa. Määriteltävät ennakoivat toimenpiteet ovat säännöllinen huolto, säännöllinen vaihto sekä kunnan perusteella tapahtuvat toimenpiteet.

Seitsemäs eli viimeinen kohta on korjaavien toimenpiteiden määrittely kohdan viisi perusteella käyttäen RCM:n päätöksenteknologiikkaa. Korjaaviin toimenpiteisiin kuuluvat säännölliset tarkastukset, uudelleensuunnittelu sekä ei huoltoa aiheuttava toimenpide.

Edellä mainittu RCM:n päätöksenteknologiikka-kohdissa 5, 6 ja 7 käytetään myös nimitystä RCM-päätöskaavio. Kuviossa 3 on esitetty päätöskaaviosta yksinkertaistettu versio kohdasta viisi eli miten vian vaikutukset määräytyvät. Sen tarkoituksena on luoda pohja kunnossapidon suunnittelulle (Mikkonen 2009, 76.)



KUVIO 3 Vian vaikutukset RCM:n päätöksenteknologiikan mukaan (Mikkonen 2009, 77)

3 LAITTEIDEN KRIITTISYYSLUOKITTELU JA RISKIT TEOLLISUUDESSA

3.1 Laitteiden kriittisyys

Kohteeseen liittyvää riskin suuruutta kutsutaan kriittisyydeksi. Riskin suuruudella tarkoitetaan vikaantumisen todennäköisyyden sekä vaikutuksen tuloa. Jos kohde on kriittinen, ei tällöin siihen liittyvä riski ole hyväksyttävällä tasolla. Riski voi liittyä esimerkiksi henkilöiden loukkaantumiseen, tuotannon menetyksiin, merkittäviin aineellisiin menetyksiin tai muihin ei-toivottuihin seurauksiin (PSK 6800:2008, 2).

Riskianalyysi on riskienhallinnan osa, joka auttaa riskien tunnistamisessa ja vahinkotapahtumien ennakkoinnissa. Sillä selvitetään riskien kohteet, luonteet ja niiden toteutumisen todennäköisyydet seurauksineen (PSK 6800:2008, 2).

3.2 Laitteiden kriittisyysluokittelu PSK 6800 -standardin mukaan

PSK 6800 on kotimainen standardi laittein kriittisyysluokittelusta teollisuudessa. PSK 6800 -standardi antaa hyvät lähtökohdat eri teollisuuden aloille kriittisyysluokitteluun, jota on helppo soveltaa oman käyttökohteen mukaan. (Mikkonen 2009, 148.)

Kriittisyysluokituksen avulla tuotetaan lähtötietoja kunnossapitosuunnitelmaan. Luokitusta voidaan hyödyntää myös esimerkiksi tukena hankintavaiheessa kriittisen laitteen laatutasoa, ominaisuuksia sekä vastaanottokriteerejä määriteltäessä. (PSK 6800:2008, 3.)

Liitteessä 1 on esitetty PSK 6800 -standardin mukaan laitetason kriittisyyteen vaikuttavat tekijät ja siinä annetut painoarvot sekä kertoimet ovat ohjeellisia. Laitetason kriittisyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat turvallisuus- ja ympäristöriskit sekä tuotannonvaikutukset eli tuotannon menetykset ja laatukustannukset sekä korjaus- tai seurauskustannukset (PSK 6800:2008, 7.)

4 KRIITTISYYS- JA KUNTOLUOKITUS TAVOITTEET JA VAIHEET

4.1 Projektin aloittaminen

Projektin aloituspalaveri pidettiin 21.2.2022 UPM- Korkeakosken sahalla, johon osallistui UPM- Korkeakosken sahan kunnossapitopäällikkö, MABCo:n (a Management and Business Consulting Company) kunnossapidon asiantuntija, mekaanisen kunnossapidon henkilöstön jäsen, käynnissäpito henkilöstön jäsen sekä opinnäytetyöntekijä. Palaverissa tutustuttiin projektin aiheeseen, käytiin läpi projektin eteneminen, sekä käsiteltiin osapuolten toimenkuvat.

Ensimmäisessä vaiheessa projektia tehtävänä oli kriittisyyden ja kuntoluokituksen työkalujen, sekä päätöksentekologiikan määrittäminen, joka aloitettiin aikaisemmin, mutta tapahtui käytännössä aloituspalaverissa. Ennen aloituspalaveria toiminnanohjausjärjestelmästä lisättiin sahalinjan laitteet halutulta alueelta lähes standardinmukaiseen Excel-taulukkoon (Liite 2), jota on vain muokattu UPM Timberin käyttöön sopivammaksi UPM- Seikun sahan työpajoissa.

Tämän jälkeen tehtävänä oli luokitella laitteiden kriittisyys- ja kuntoluokat luokittelutunnoissa laite kerrallaan sovitun työryhmän kesken. Aloituspalaverissa sovittiin ensimmäiset luokitteluaajat, tarvittavat aineistot sekä työryhmä.

4.2 Lähtötilanne projektin alussa

UPM- Korkeakosken sahan laitteita on päivitetty jatkuvasti, mutta laitteiden investointien ja kunnossapidon tarve on ollut joskus hankala määrittää. Laitteiden tiedot, kunnossapitohistoriat sekä häiriö- ja vikailmoitukset ovat löytyneet kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmästä, mutta ne eivät vielä anna tarkkaa kuvaa investointien ja kunnossapitotöiden tarpeesta.

Investointeja suunniteltaessa laitteiden uusimisen tarvetta on ollut vaikea priorisoida, eikä näin välttämättä kriittisimpien laitteiden kunnossapitoa ole priorisoitu oikein. Kriittisyys- ja kuntoluokituksen tulosten pohjalta tarvitsee laatia kunnossapidon kehityssuunnitelma.

Projektin päämääränä siten oli luokitella taulukkoon laitteiden kriittisyydet- ja kuntoluokat, josta nähdään laitteiden tämänhetkinen tilan kunnossapitoa ja investointeja varten.

Laitteiden toimintakunnon säilyttämisellä on todella suuri taloudellinen merkitys. Vaikka kunnossapitotyöstä ja siinä käytetyistä varaosista aiheutuukin jo itsessään suuret kustannukset, ovat ne huomattavasti pienemmät verrattaessa laiterikoista johtuviin tuotannon pysäytyksiin, kun tuotantolinjan laitteet, koneet sekä tuotantoprosessit eivät ole kunnossa.

Tavoitteena oli ylläpitää sahan toimintakyky, sekä kilpailukyky mahdollisimman hyvänä. Kriittisyys- ja kuntoluokituksen tulosten pohjalta laaditaan kehityssuunnitelma kunnossapitotoimenpiteitä varten.

4.3 Luokitteluistunnot

Kriittisyys- ja kuntoluokituksen kartoitus tapahtui pääasiassa luokitteluistunnoissa työryhmäarviointina. Kriittisyys- ja kuntoluokituksessa käsiteltiin kaikki sovitun laajuuden laitteet Excelillä tehtyjen laitetarkastelutaulukon ja luokitusmatriisien avulla. Excelin laitetarkastelutaulukko ja luokitusmatriisit (taulukko 1) on muokattu UPM Timberille sopivaksi, mutta on lähellä standardin mukaista luokitusta.

TAULUKKO 1. Esimerkki käytetyistä luokitusmatriiseista

Kriittisyys (tuotanto) Redundanttisuus R määritellään taulukossa 0-1	
[Wp]	35 %
0	Ei vaikutusta tuotantoon
2	Mahdollinen tuotantohäiriö viiveellä
4	Lievä tuotantohäiriö
8	Merkittävä tuotantohäiriö (toimituspoikkeama)
16	Tuotannon pysäytys
Kriittisyys (turvallisuus) Painoarvo XX% [Ws]	
[Ms]	15 %
0	Ei turvallisuusriskejä
2	Loukkaantuminen ilman poissaoloa
4	Loukkaantuminen, korkeintaan muutaman päivän poissaolo, ei pysyviä vammoja
8	Vakava loukkaantuminen, joka vaatii merkittävää hoitoa, poissaolo useita päiviä
16	Vakava loukkaantuminen (yli 3kk poissaolo), kuoleman tapaus

Luokitteluistunnoissa työryhmänä mukana kartoitusta tekemässä olivat asiantuntijoita mekaanisesta kunnossapidosta, käynnissäpidosta sekä sahan kunnossapidopäällikkö. Opinnäytetyöntekijä toimi luokituksessa koordinaattorina eli veti luokittelupalaverit, vastasi luokittelujen lopputuloksen tasalaatuisuudesta sekä dokumentoinnista. Lisäksi kahtena ensimmäisellä luokittelukerralla mukana oli konsultointiyritys MABCo:n kunnossapidon asiantuntija ohjaamassa ja auttamassa luokittelun aloituksessa.

Luokitteluistunnot sovittiin etukäteen pidettäväksi lyhyinä, sillä työ on melko puuduttavaa. Istunnoissa edettiin laitejärjestyksessä ja päätettiin käsiteltävän laitteen kaikki arviot kerralla Excel-taulukoon. Luokituksessa hyödynnettiin etenkin kunnossapitohistoriaa, häiriöhistoriaa ja layout-piirustuksia, mutta tarvittaessa myös muuta dataa ja menetelmiä. Näin osallistujien arvion ja datan kautta saatiin tunnistettua käsiteltävä laite ja vaikutus prosessiin, sekä saatiin varmistettua oikea kriittisyys- ja kuntoluokka laitteelle.

4.4 Laitteiden kriittisyys- ja kuntoluokittelu

UPM- Korkeakosken sahan kriittisyysluokittelun lisäksi on tehty laitteille kuntoluokitus. Laitteen kriittisyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat vikaantuminen, tuotannon vaikutukset, turvallisuus- ja ympäristöriskit sekä kriittisyyttä lisääviä muita tekijöitä ovat korjauksen kesto sekä vaikutukset tuotteen laatuun ja saantoon. Laitteen kuntoluokkaan vaikuttavia tekijöitä ovat laitteen kunto sekä ikääntyminen.

Jokaiselle luokitteluun vaikuttavalla tekijällä on omat luokitteluarvot sekä jokaiselle arviointitekijälle erikseen määritetty eri painoarvot. Painoarvot on katsottu tuotantolaitoksen omien tarpeiden mukaan ja määritetty luokittelumatriiseihin.

Laitteen kokonaiskriittisyyden ja kuntoluokan kohdalle tulee luokittelujen tulosten perusteella lukuarvo, jonka mukaan luokitustaulukossa tulosta korostetaan myös värin mukaan. Värikoodeja on kolme ja ne ovat pienimmästä suurimpaan arvoon vihreä, keltainen sekä punainen. Punainen tarkoittaa kokonaiskriittisyydessä kriittisintä ja kuntoluokassa taas heikointa luokkaa.

4.5 Riski- ja kuntoluokka

Laitteet on jaoteltu kriittisyys- ja kuntoluokituksessa 3x3 matriisiin (taulukko 2) eli siinä on 9 eri aluetta. Matriisin pystyvirvillä on laitteen kriittisyystaso ja vaakarivillä laitteen kuntoluokka ja näistä yhdessä laite sijoittuu oikeaan luokkaan.

TAULUKKO 2. Riski- ja kuntoluokkamatriisi alueittain numeroituna

Laitteen kriittisyys			
Kriittinen (Yli 67)	1	2	3
Normaali (40-66)	4	5	6
Pieni (alle 40)	7	8	9
	Erinomainen	Hyväksyttävä	Huono/kelvoton
	Laitteen kuntoluokka		

Laitteen kriittisyystasoja on kolme ja ne ovat pieni, normaali sekä kriittinen. Kriittisyystaso määritellään sen mukaan, minkälainen vaikutus häiriöllä tai vialla on turvallisuuteen, ympäristöön tai käytettävyyteen. Laitteen kriittisyystaso on kriittinen, jos se on saanut kriittisyys- ja kuntoluokittelussa kokonaiskriittisyyden eli kriittisyysindeksin tulokseksi yli 67, eli siihen liittyvä riski ei ole hyväksyttävällä tasolla. Nämä laitteet kuuluvat matriisin alueisiin 1–3. Normaalin kriittisyystason laitteet kuuluvat alueisiin 4–6 ja laitteen kriittisyysindeksin tulos on välillä 40–66. Pienen kriittisyystason laitteiden kriittisyysindeksin tulos on alle 40 ja kuuluvat alueisiin 7–9.

Kokonaiskriittisyys (K) lasketaan kriittisyys- ja kuntoluokitustaulukossa kaavalla 1, jossa vikaantumisen todennäköisyys eli vikaantumistaajuus on p .

$$K = p \times (Wp \times R + Ws \times Ms + We \times Me + Wd \times Md + Wc \times Mc) \quad (1)$$

Wp kuvaa vaikutuksia tuotantoon ja R on laitteen redundanttisuus, eli onko laitteen toiminto ohitettavissa jollakin toisella laitteella tai menetelmällä. Ms kuvaa

vian tai häiriön turvallisuusriskejä, *Me* ympäristöriskejä, *Md* on korjaustoimenpiteen kesto ja *Wq* vian tai häiriön vaikutukset laatuun ja saantoon. *Ws*, *We*, *Wd* ja *Wc* ovat luokitusmatriisin painoarvoja, jotka on määritetty UPM Korkeakosken sahalle oman priorisoinnin perusteella.

Kuntoluokkia laitteilla on kolme, jotka ovat erinomainen, hyväksyttävä sekä huono/kelvoton. Kuntoluokka määräytyy laitteen kunnon mukaan eli onko laitteessa vikoja ja kuinka se täyttää tehtävänsä. Lisäksi laitteen kuntoluokkaan vaikuttaa laitteen ikääntyminen. Laitteen ikääntymisen määrittää kuinka vanha laite on, onko takuu voimassa sekä se mitenkä laitetta ja sen varaosia markkinoidaan ja kuinka niitä on saatavilla. Huonossa/kelvottomassa kunnossa olevat laitteet kuuluvat matriisin alueisiin 3, 6 ja 9. Hyväksyttävässä kuntoluokassa olevat laitteet kuuluvat alueisiin 2, 5 ja 8, sekä erinomaisessa 1, 4 ja 7.

Esimerkkinä luokiteltavasta laitepaikasta on kuorikuljetin 3 (liite 3). Vaikka laitteen kriittisyysindeksi näyttää vihreää, eli laitteen riskit ovat hyväksyttävällä tasolla on sen vikaantumisella kuitenkin tuotantoon vaikuttavia tekijöitä. Kyseisen laitteen kuntoluokka on punainen eli laite on huonossa kunnossa ja varaosia voi olla vaikea saada.

Laitteen redundanttisuus on 0,5 eli laitteen toiminto on ohitettavissa jollakin toisella menetelmällä, joka kuitenkin vaatii työntekijöiden resursseja ja on todennäköisesti hitaampaa. Tämän takia tuloksia tarkastellessa täytyy ottaa molemmat tekijät huomioon.

4.6 Kriittisyys- ja kuntoluokittelun tulokset

Sahalinjan kriittisyys- ja kuntoluokituksista jäi puuttumaan sähkölaitteet, mutta yhteensä laitteita luokittelussa käytiin läpi 316 kappaletta. Kriittisiä laitteita ilmeni yhteensä 66 kappaletta, sekä huonossa/kelvottomassa kunnossa olevia laitteita yhteensä 7 kappaletta. Ainoastaan yksi laite oli sekä kriittisessä, että huonossa/kelvottomassa kunnossa. Taulukossa 3 on esitetty kriittisyys- ja kuntoluokituksen laitteiden jakautumisesta alueittain.

Merkittävin tekijä laitteiden kriittisyysindeksissä nosti laitteiden vaikutus tuotantoon. Siten lähes kaikki laitteet, joiden vikaantuminen pysäyttää tuotannon, ovat sahalinjassa kriittisiä.

Ympäristöriskejä ei laitteiden vikaantumisen osalta synny suuremmin, ainoana riskinä esiintyi hydraulikkalaitteissa pientä vuotoa rajatussa tilassa. Turvallisuusriskejä taas voi muutamien laitteiden vikaantuessa aiheutua pahimmillaan vakavia henkilövahinkoja. Näitä ovat esimerkiksi korkeiden lajittelulokeroiden vikaantumisista aiheutuvat vahingot.

TAULUKKO 3. Korkeakosken sahalinjan kriittisyys- ja kuntoluokituksen laitteiden jakauma kappaleittain

Laitteen kriittisyys			
Kriittinen (Yli 67)	50	15	1
Normaali (40-66)	10	13	4
Pieni (alle 40)	118	103	2
	Erinomainen	Hyväksyttävä	Huono/kelvoton
	Laitteen kuntoluokka		

5 KEHITYSSUUNNITELMA KUNNOSSAPITOTOIMENPITEITÄ VARTEN

Kehityssuunnitelman tavoitteena on vikojen määrän vähentäminen ja toimien varmistaminen vikaantumisten ilmentyessä.

Laite- ja järjestelmäkohtaisten kunnossapitosuunnitelmien päivityksessä hyödynnetään laitevalmistajan suosituksia sekä ennakoivan kunnossapitotoimen päätoksentekologiikkaa.

Uudelleensuunnittelu tai korjausinvestointeja vaativat kohteet päivitetään PTS-suunnitelmaan niiden kriittisyyden ja laitteiden kunnon mukaan.

Kehityssuunnitelman tarkastelussa täytyy laitteita tarkastella kriittisten laitteiden mukaan, sekä kuntoluokan mukaan.

Kriittisyyden mukaan laitteiden kehityssuunnitelmassa täytyy keskittyä mahdollisiin riskien selvittämisiin, sekä kuinka ne voidaan ehkäistä ja kuinka niihin varautua. Pääasiassa kriittisille laitteille on tärkeää kehittää ennakkomenetelmät, jotta kriittinen laite olisi vikaantuessa mahdollisimman vähän toimintakyvyttömänä ja aiheuttaisi mahdollisimman pienet seuraukset.

Kuntoluokan mukaan tarkastelu tapahtuu alueittain PTS näkökulmasta: kuuluvatko laitteet lyhyen, keskipitkän vai pitkän korvaus- /korjausinvestointisuunnitelmaan. Jaottelussa lyhyen tähtäimen suunnitelmaan kuuluvat kuntoluokan huonoimmat laitteet, sillä ne ovat pääasiassa viallisia ja vanhentuneita, joten niissä on enemmän käyttövikoja ja toimintavarmuus on heikentynyt sekä varaosien saanti on vaikeutunut.

Esimerkin kuorikuljetin 3. kriittisyys- ja kuntoluokituksen mukaisesti (kuva 8) laitteen rikkoutuessa voi uusien varaosien saaminen olla hankalaa vanhentuneen laitteen takia ja näin ollen vikaantuminen voi rasittaa henkilöstöä enemmän sekä hidastaa tuotantoa.

5.1.1 Kriittiset laitteet

Kriittisyysluokituksen ja RCM- prosessin avulla laitteiden kriittisyyden perusteella kriittisille laitteille eli alueisiin 1, 2 ja 3 kuuluville laitteille tehdään yksityiskohtainen tarkastelu. Siinä selvitetään vaiheittain kappaleen 3.3.1 mukaisesti järjestyksessä laitteiden toiminnot ja suorituskykyvaatimukset, toiminnalliset viat, vikaantumismallit, vian vaikutukset, vian seuraukset, ennakoivat toimenpiteet ja lopuksi korjaavat toimenpiteet.

Pääasiassa toimenpiteitä mietitään sen kannalta, minkälaiset seuraukset vialla on. Eli minkälaiset piilevät seuraukset, turvallisuus- tai ympäristö seuraukset, toiminnalliset seuraukset sekä ei-toiminnalliset seuraukset vikaantumisella on.

Kriittisten laitteiden kuuden vuoden vikahistoria käyty läpi, jonka pohjalta ennakko- huoltosuunnitelmat tarkennetaan.

Kriittisten laitteiden varaosia varten on käyty läpi varaosavaraston palveluaste, johon kuului varaosien minimimäärien ja tilausmäärien tarkastelu. Tarkasteluun kuului viimeisen kuuden vuoden aikana käytetyt varaosat. Muutosten jälkeen palveluaste on noussut 98 %.

5.1.2 Erinomaisen kuntoluokan laitteet

Erinomaisessa kunnossa olevat laitteet eli matriisin alueissa 1, 4 ja 7 kuuluvilla laitteilla on yhteistä, että laitteet ovat uusia ja niissä täytyisi takuuasiat olla kunnossa. Takuutiedot varmistetaan järjestelmästä ja laitetoimittajan kanssa sovittu korjauksen prosessista.

Henkilöstö on koulutettu laitteen kunnossapitoon ja huolto-ohjelmaan. Laitetoimittajan suositusten mukaiset ennakoivan sekä mittaavan kunnossapidon menetelmät ovat käytössä.

Lisäksi laitteen vikaantumisen seuranta- ja analysointirutiinit käytössä. Kriittisyyksien kasvaessa tarvittaessa rutineja tulee tehostaa. Näiden vielä uusien

laitteiden suunniteltu elinikä on tunnistettu, joten PTS-listalla alueen laitteet kuuluvat pitkän aikavälin investointeihin.

5.1.3 Hyväksyttävän kuntoluokan laitteet

Hyväksyttävässä kunnossa olevat laitteet eli matriisin alueisiin 2, 5 ja 8 kuuluviin laitteisiin henkilöstö on koulutettu laitteen kunnossapitoon ja huolto-ohjelmaan.

Takuuajan jälkeiset varaosat on määritelty ja varastointipaikka on sovittu joko itselle tai toimittajalle. Tiedot on viety järjestelmään. Kriittisten laitteiden varaosia varten on käyty läpi varaosavaraston palveluaste.

Tarkastellut ennakkohuoltomenetelmät on otettu käyttöön ja ne on viety kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmään. Lisäksi vastuualueet määritetty.

Mittaavan kunnossapidon menetelmät sekä tulosten analysointi- ja laitteen viikaantumisen seurantarutiinit ovat käytössä.

Laitteiden kriittisyyteen perustuen tehdään ennakoivan kunnossapidon menetelmien tarkastelu.

5.1.4 Huonon/kelvottoman kuntoluokan laitteet

Huonossa/kelvottomassa kunnossa olevat laitteet kuuluvat matriisissa alueisiin 3, 6 ja 9. Tämän kuntoluokan kriittisille laitteille on laitteiden kunnonvalvontaa ja seuranta tehostettava.

PTS listalla tehdään lyhyen aikavälin suunnitelma eliniän jatkamiseksi tai laitteen korvaamiseksi. Korvattava kokonaisuus on tunnistettava laitteelle. Siten tiedetään, että suoritetaanko suurkorjaus laitteen kuntoluokan kohentamiseksi vai onko edessä laitteen uusinta ja mitenkä isolle osalle uusinta tapahtuu.

Laitteille tehdään riskien tunnistaminen. Riskien tunnistamisen jälkeen selvitetään, että aiheutuuko vikaantumisesta tuotanto-, käyttökeskeytys-, ympäristö- ja turvallisuusriskejä.

Käynnissäpito- ja kunnossapitohenkilökunnalle sekä alihankintaverkostolle järjestetään koulutus ja ohjeistus sekä osaamisen varmistaminen uusintaan asti. Eli riskien tunnistamisen jälkeen määritetään suunnitellut toimenpiteet ja tilapäisohjeistukset sekä järjestetään niiden ohjeistaminen henkilökunnalle tapauskohtaisesti.

Huonon/kelvottoman kuntoluokan kriittisistä laitteista tehty esityksiä investointi tiimille. Kriittisten laitteiden varaosia varten on käyty läpi varaosavaraston palveluaste.

6 POHDINTA

Työn tavoitteena oli määrittää sahalinjan laitteille kriittisyys- ja kuntoluokitus sekä luokituksen tulosten perusteella luoda kehityssuunnitelmaa kunnossapidolle. Työ eteni hyvin ja tavoitteisiin päästiin. Työtä helpotti mukana ollut asiantunteva henkilökunta, jotka olivat mielenkiinnolla mukana projektissa. Sahalinjan laitteiden kriittisyys- ja kuntoluokituksen lisäksi läpikäyty varaosavaraston palveluaste auttaa varmistamaan siinä, että kriittisille laitteille on tarvittavat varaosat aina saatavilla mahdollisimman nopeasti.

Kriittisyys- ja kuntoluokituksen pohjaa voidaan käyttää tulevaisuudessa UPM-Korkeakosken sahan muiden laitteiden luokitteluun. Tarvittavia huoltotoimenpiteitä ja investointeja päästään tarkastelemaan tarkemmin laitteiden ominaisuuksien huomioon.

Luokittelu auttaa tulevaisuudessa kohdistamaan laitteiden valvontaa sekä ennakkohuoltoa merkittäviin kohteisiin. Lisäksi investointien ja suurkorjausten tarve on helpommin suunniteltavissa.

Kriittisyys- ja kuntoluokitus viedään toiminnanohjausjärjestelmään tulevaisuudessa ja sitä olisi hyvä päivittää esimerkiksi uusien laitteiden käyttöönoton jälkeen tai tietyin väliajoin. Tällä tavoin saadaan selville laitteiden kriittisyyksien ja kunnan muutokset, jolloin kunnossapitoa ja laiteinvestointeja voidaan kohdentaa paremmin.

Työssä tehdyn kriittisyys- ja kuntoanalyysin tuloksia voidaan pitää luotettavina, sillä laitteita on tutkittu riittävän monesta eri näkökulmasta laitteet tuntevien henkilöiden kanssa. Lisäksi tutkittaessa laitteita on tarkasteltu laitteiden kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmästä saatujen häiriö- sekä laitehistorian avulla.

LÄHTEET

Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T. & Åstrom, Thomas. 2007. Kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy

Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy

PSK 6201. 2022. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. PSK Standardisointiyhdistys ry

PSK 6800. 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. PSK Standardisointiyhdistys ry

PSK 7501 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. PSK Standardisointiyhdistys ry

SFS- EN 13306. 2017. Kunnossapito. Suomen standardisoimisliitto SFS

UPM.FI, tietoa meistä. Viitattu 24.3.2022

<https://www.upm.com/fi/tietoa-meista/>

UPM Timber, erikoissahatavara. Viitattu 24.3.2022

<https://www.upmtimber.com/fi/tuotteet/erikoissahatavara/>

UPM Timber, UPM Korkeakosken saha. Viitattu 24.3.2022

<https://www.upmtimber.com/fi/tietoa-meista/tuotantolaitokset/upm-korkeakosken-saha/>

Wikipedia Korkeakosken saha. Viitattu 24.3.2022

https://fi.wikipedia.org/wiki/Korkeakosken_saha

LIITTEET

Liite 1. Laitetason kriittisyyden tekijät PSK 6800 mukaan (PSK 6800:2008, 7

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

¹⁾ Lukuarvot ovat ohjeellisia

Laitteen kriittisyysindeksin K laskenta:

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

Liite 2. Kriittisyys- ja kuntoluokituksessa käytettävä pohja

[illegible]

Liite 3. Kuorikuljetin 3. kriittisyys- ja kuntoluokitus

Nimi / Name		Vikaantumisen		Valkutus tuotantoon		
		Vikaantumisyö	Tuotanto	Laitteen redundanssisuus		
		4	2	0,5		
KUORIKULJETIN 3, VETOPTUUS N. 37 MINORDAUTOMATION POS 461						
Turvallisuustekit	Ympäristötek	Kriittisyys lisävaat muut tekijät	Kokonaiskriittisyys	Kunto / Condition	Ikä / Ageing	Kuntoluokka / Condition
		Valkutus tuotteen laatuun ja saantoon	Kriittisyysindeksi K			
Turvallisuustekit	Ympäristötek	Korjauksen kesto	20	3	4	12
0	0	4	0			