

# **Kartonkitehtaan robottien käyttövarmuuden varmistaminen**

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

2023

Neea Sorsa

## Tiivistelmä

Tekijä Neea Sorsa	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika 2023
	Sivumäärä 21	
Työn nimi <b>Kartonkitehtaan robottien käyttövarmuuden varmistaminen</b>		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), konetekniikan koulutus		
Toimeksiantajaorganisaatio Stora Enso Oyj		
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli varmistaa Stora Enson Imatran kartonkitehtaan robottien käyttövarmuus. Osaa kartonkitehtaan roboteista käytetään ympärivuorokauden, joten on tärkeää, että tuotannon pysäyttäviä vikoja ehkäistään muun muassa ennakkohuoloin. Käyttövarmuuden varmistamiseen kuului laitteiden kriittisyysluokittelu sekä riskilukujen laskenta ja varaosatarkastelu ja sitä kautta robottien ennakkohuoltojen uudelleenmäärittely.</p> <p>Työ suoritettiin viemällä robottien tiedot kriittisyysluokittelutaulukkoon, jonka osana laskettiin myös riskiluku, samalla tehtiin varaosakartoitus. Kriittisyysluokittelun ja valmistajan huolto-ohjeiden perusteella laadittiin jokaiselle robotille omat ennakkohuollot, jotka luotiin SAP-toiminnanohjausjärjestelmään. Järjestelmään päivitettiin myös kriittisyysluokittelun tulokset.</p> <p>Työn tuloksena saatiin valmiit ennakkohuollot jokaiselle kartonkitehtaan robotille, sekä päivitettyt kriittisyysluokittelun tulokset. Luotuja ennakkohuoltoja voidaan käyttää sellaisinaan robottien elinkaaren loppuun.</p>		
Asiasanat Ennakkohuolto, Kriittisyysluokittelu, Teollisuusrobotti, Käyttövarmuus		

## Abstract

Author Neea Sorsa	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2023
	Number of Pages 21	
Title of Publication <b>Ensuring Availability Performance of Industrial Robots</b>		
Degree, Field of Study Engineer (UAS), Mechanical Engineering		
Organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party) Stora Enso Oyj		
Abstract <p>The purpose of this thesis was to ensure the availability performance of the robots of Stora Enso Imatra Mills. Some of the robots are used around the clock so it is important that the failures involving the robots are prevented for example by preventive maintenance. Ensuring availability performance included criticality classification, determination of the risk factors and spare parts availability inspection and thereby redefining the preventive maintenance plans of the robots.</p> <p>The work was carried out by importing the robots' data into a criticality classification table, as part of which the risk number was also determined. Spare parts availability inspection was carried out concurrently. Based on the criticality classification and the manufacturer's maintenance instructions, each robot's own preventive maintenance plan was prepared, which was created in the SAP business management system. The results of the criticality classification were also updated.</p> <p>As the result of the thesis, preventive maintenance plans were created for each robot and the results of the criticality classification were updated. The created preventive maintenance plan can be used as is until the end of the robots' life cycle.</p>		
Keywords Criticality classification, Preventive maintenance, Industrial Robot, Availability performance		

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Käyttövarmuus.....	2
3	Kunnossapito.....	5
3.1	Määritelmä.....	5
3.2	Kunnossapitolajit .....	5
3.2.1	Suunniteltu kunnossapito.....	6
3.2.2	Suunnittelematon kunnossapito.....	7
4	Kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmät .....	8
4.1	Kunnossapitojärjestelmät.....	8
4.2	Toimintopaikat .....	9
4.3	Laitekortit.....	9
5	Robotit.....	11
6	Kriittisyysluokittelu ja riskiluku .....	13
6.1	Yleistä.....	13
6.2	Luokitteluprosessi Stora Enso .....	13
6.3	Riskiluku .....	15
7	Työn toteutus.....	16
8	Ennakkohuoltosuunnitelma.....	18
9	Yhteenveto ja pohdinta .....	19
	Lähteet .....	20

## 1 Johdanto

Teollisuudessa yhä useammat toistuvia liikkeitä sisältävät työvaiheet, jotka voidaan automatisoida, suoritetaan roboteilla. Nykyajan robotit ovat monikäyttöisiä, joustavia ja helposti ohjelmitavissa moniin erilaisiin tehtäviin. Robotit voivat työskennellä vaativissa ja jopa ihmisille vaarallisissa olosuhteissa suorittaen monimutkaisia ja tarkkuutta vaativia usein kuitenkin toistuvia toimintoja. Kuten muidenkin mekaanisten laitteiden niin myös robottien toiminnan edellytyksenä on, että laitteet pidetään toimintakuntoisina. Tämä tapahtuu pääosin kunnossapidon keinoin, jonka yksi suuri osatekijä ovat ennakkohuollot.

Robotit ovat monimutkaisia mekatronisia laitteita. Mekatroninen laite on yhdistelmä mekaniikkaa ja elektroniikkaa. Elektronisia osia ovat muun muassa piirilevyt, liittimet ja moottorit. Mekaanisiin osiin puolestaan sisältyy laakereita, liukupintoja, tiivisteitä ja niveliä. Näitä kaikkia komponentteja yhdistää tarve huoltoon. Jos laitteiden ja komponenttien huolloista tingitään tai niitä ei suoriteta oikein voivat seuraukset johtaa laitteen eliniän lyhenemiseen tai rikkoutumiseen ja tuotannon pysähtymiseen.

Työn toimeksiantaja Stora Enso on pakkaus-, biomateriaali-, puutuote- ja paperiteollisuuden uusiutuvien tuotteiden maailmanlaajuinen toimittaja sekä yksi maailman suurimmista yksityisistä metsänomistajista. Stora Ensolla työskentelee tänä päivänä noin 21 000 ihmistä. (Stora Enso 2023a.) Stora Enso syntyi vuonna 1998 kun ruotsalainen Stora Kopparbergs Bergslags Aktiebolag ja suomalaisen Enso Oyj yhdistyivät (Stora Enso 2023b). Stora Enson Imatran tehtaat on yksi maailman suurimmista kuluttajakartonkitehtaista, jonka tuotteita ovat kuluttajapakkauskartongin lisäksi sellu sekä polymeeripäälysteet (Stora Enso 2023c). Tehtailla on käytössä robotteja muun muassa kartonkirullien pakkauksen ja viimeistelyn vaiheissa.

Ennakkohuoltoja suunniteltaessa on otettava huomioon huollettavan kohteen erityispiirteet, valmistajan ohjeistus ja resurssit. Kohteen erityispiirteisiin lukeutuvat laitteen mekaaninen kokonaisuus, vaadittavat erikoistyökalut ja varaosat sekä kohteen sijainti. Valmistajan ohjeistus luo peruspohjan huolloille. Näissä usein määritellään suositellut huoltovälit sekä kuka huollon saa suorittaa. Valmistajalla voi olla laitteelle myös velvoittavia huoltoja, jotta takuu säilyy. Stora Ensolla on käytössä kriittisyysluokitteluprosessi, jonka avulla määritellään huolloille annettavat resurssit.

Opinnäytetyön tavoitteena on parantaa kartonkitehtaan robottien käyttövarmuutta ja sitä kautta varmistaa robottien hyvä käytettävyys ja elinkaari. Käyttövarmuuden parantamisen perustana käytetään kriittisyystarkastelua ja riskiluvun määrittämistä, joiden pohjalta määritellään ennakkohuollot. Samalla käydään läpi myös varaosatilanne.

## 2 Käyttövarmuus

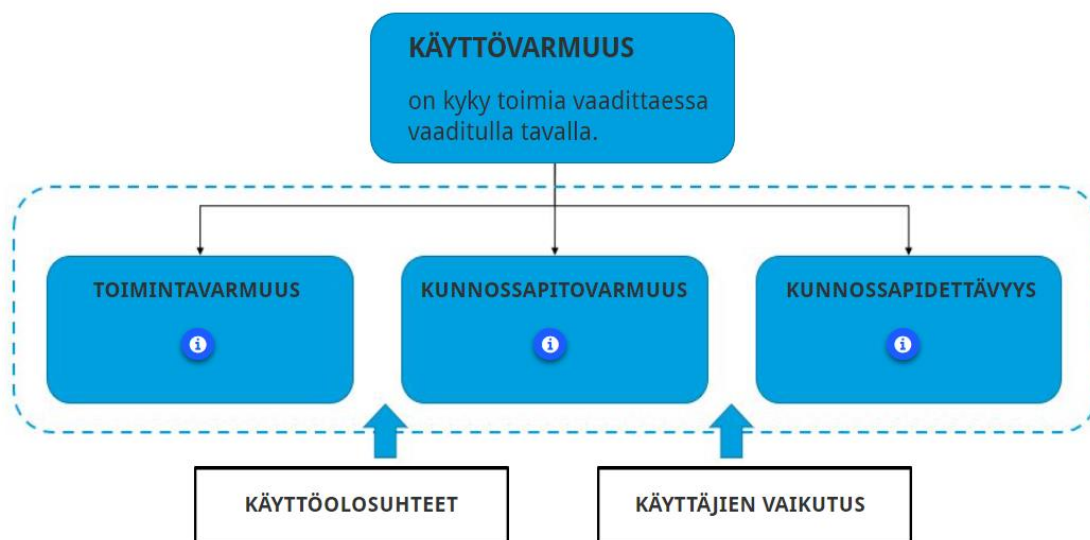
Käyttövarmuus on osatekijä teknisen suorituskyvyn ja käytön tehokkuuden ohella, joilla mahdollistetaan toteutunut tuotanto. Käyttövarmuus määrittelee sen, kuinka paljon konetta voidaan käyttää. (Järviö 2007, 35–36.)

Käyttövarmuus kuvaa laitteen tai järjestelmän huollon helppoutta, huolto-organisaation kykyä järjestää tarvittavat edellytykset kunnossapitoa varten sekä kykyä toimia vikaantumatta. (Mikkonen 2009, Konolan & Salmikukan 1998 mukaan, 126.)

PSK 6201 Määrittelee käyttövarmuuden seuraavasti:

*Käyttövarmuus on kyky toimia vaadittaessa vaaditulla tavalla. Tämä tarkoittaa kohteen kykyä olla tilassa, jossa se kykenee suorittamaan vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa olettaen, että vaadittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla. (PSK 2022, 9.)*

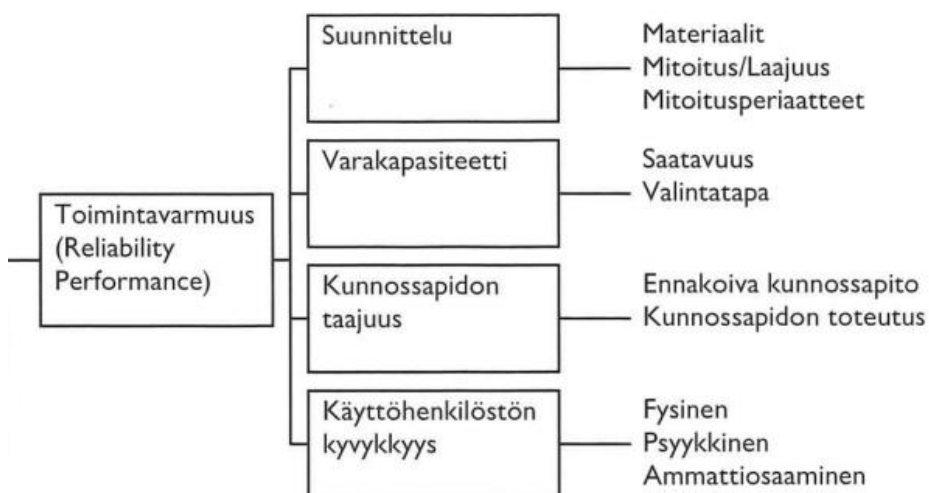
PSK 6201 mukaan käsite käyttövarmuus sisältää käytettävyyden, johon vaikuttavat pääte-  
kijät ovat toimintavarmuus, kunnossapidettävyyden ja kunnossapitovarmuus (Kuvio 1). Myös muita piirteitä kuten turvallisuus, turvaaminen, taloudellisuus, kulutuskestävyys, käyttöolo-  
suhteet ja käyttäjien vaikutus liittyy käyttövarmuuden hallintaan. (PSK 2022, 9.)



Kuvio 1. Käyttövarmuuteen vaikuttavat tekijät (Stora Enso 2018)

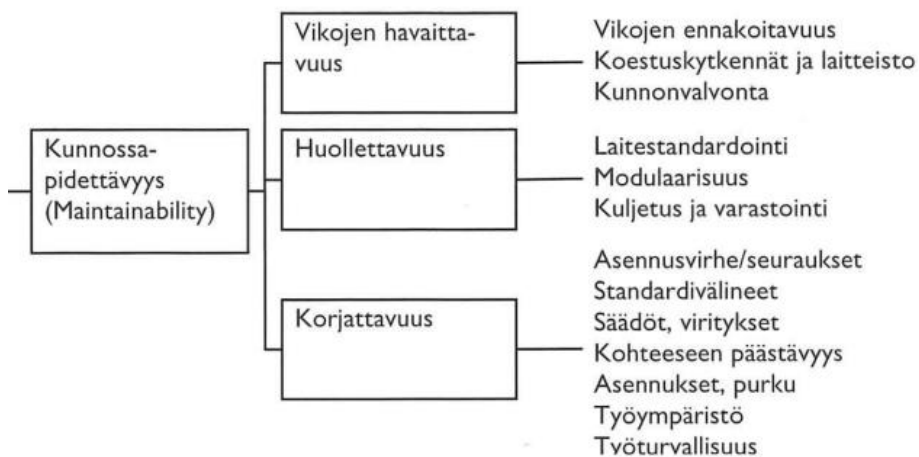
Käyttövarmuuden osatekijänä toimintavarmuus tarkoittaa kohteen kykyä suorittaa määrätty toiminto tietyissä olosuhteissa määrätyn ajanjakson ajan. Toimintavarmuutta voidaan siis pitää kohteen kykyä ja ominaisuuksina. Toisaalta toimintavarmuus voidaan määrittää

myös todennäköisyytenä. (Järviö 2007, 36.) Alla olevassa kuviossa (Kuvio 2) on toimintavarmuuden neljään osatekijää.



Kuvio 2. Toimintavarmuus (Mikkonen 2009, Järviön 2007 mukaan, 127)

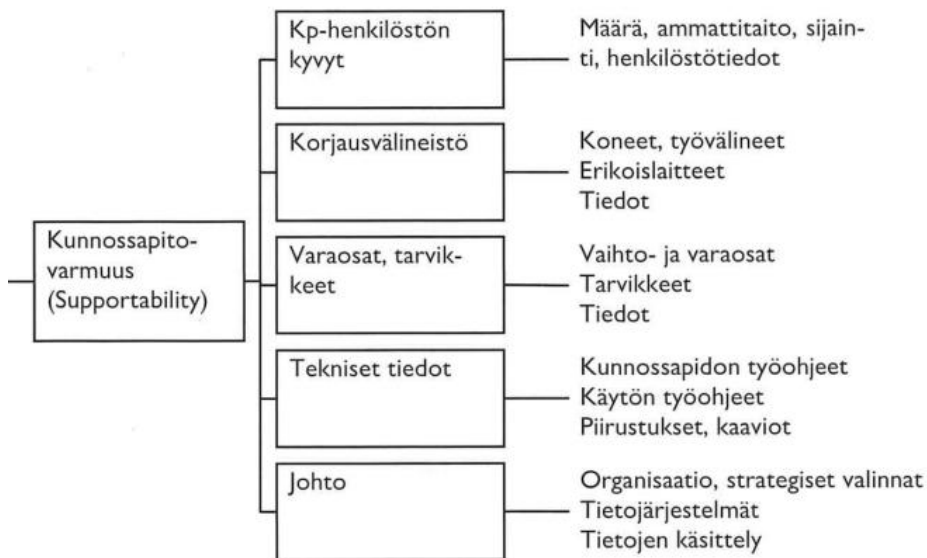
Kunnossapidettävyyden, käyttövarmuuden toinen osatekijä on kohteen ominaisuus olla säilytettävissä toimintakuntoisena tai palautettavissa toimintakuntoon määritetyissä käyttöolosuhteissa. Edellyttäen, että kunnossapito suoritetaan määritetyissä olosuhteissa käyttäen vaadittuja resursseja ja menetelmiä. (Järviö 2007, 37.) Alla (Kuvio 3) kunnossapidettävyyden on jaettu kolmeen osatekijään.



Kuvio 3. Kunnossapidettävyyden (Mikkonen 2009, Järviön 2007 mukaan, 127)

Kunnossapitovarmuus on kunnossapito-organisaation kyvykkyyttä suorittaa vaadittu toiminto, kun olosuhteet sekä ajanhetki tai jakso ovat määritellyt. Annetut olosuhteet viittaavat sekä paikkaan, jossa kohteen käyttö ja kunnossapito tapahtuu, että kohteeseen itseensä. (Järviö 2007, 38.) Kunnossapitovarmuutta voidaan kuvata myös kohteen huoltovarmuutena

(Mikkonen 2009, 126). Alla kunnossapitovarmuus on jaoteltu viiteen osatekijään kuviossa 4.



Kuvio 4. Kunnossapitovarmuus (Mikkonen 2009, Järviön 2007 mukaan, 127)

Kohteen käyttövarmuutta voidaan siis parantaa, kun suunnittelu on tehty huolella, oikeat resurssit ovat saatavilla niin henkilöstön kuin varaosien puolesta sekä henkilöstön ammattitaito on kohdillaan. Tärkeä paino on myös kohteen sijoituksella sekä ennakoivilla ja kunnonvalvonnallisilla toimilla.

### 3 Kunnossapito

#### 3.1 Määritelmä

Pitkään, eli 1960-luvulle saakka kunnossapito oli pääasiassa laitteen korjaamista vikaantumisen tapahduttua. Kunnossapidon tehokkuus mitattiin sillä, miten nopeasti vikat saatiin korjattua ja koneet takasin käyntiin. Laajemmin vasta 1970-luvulla ja sen jälkeen huomiota alettiin kiinnittää rikkoutumisten ennaltaehkäisyyn. (Laine 2010, 105.) Kunnossapidon tehtäväkenttä on muuttunut huomattavasti vuosikymmenten aikana. Nykyään pääpaino on enakoivalla ja kuntoon perustuvalla kunnossapidolla. (Mikkonen ym. 2009, 105.)

Kunnossapidolle on olemassa useita määritelmiä, jotka kuitenkin ovat kaikki hyvin lähellä toisiaan. Yleisesti kunnossapidon tavoitteena on ylläpitää tai saattaa laite tilaan, jossa se voi suorittaa siltä vaadittua toimintoa. Standardissa SFS-EN 13306:2017 määritellään kunnossapito seuraavasti:

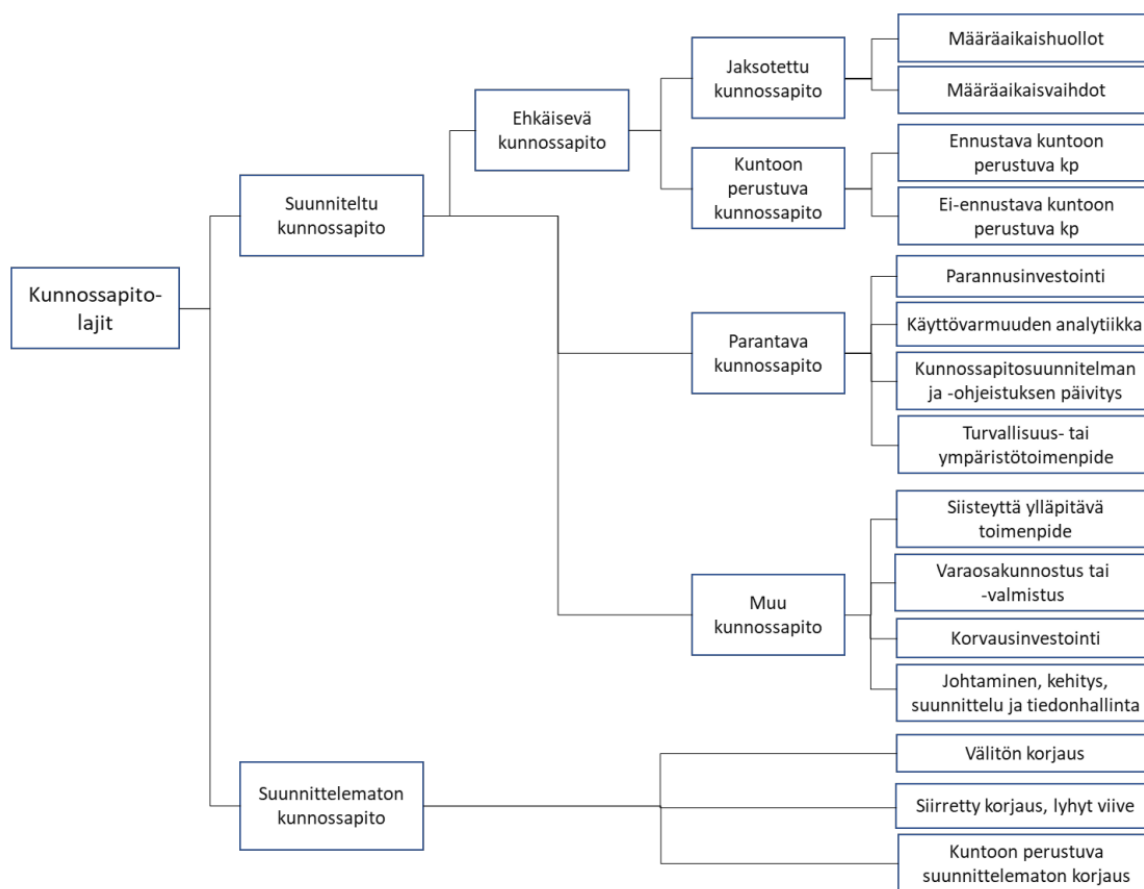
*Kaikki kohteen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon. (SFS-EN 13306:2017, 5.)*

PSK puolestaan määrittelee kunnossapidon olevan

*Kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana. (PSK 2022, 3.)*

#### 3.2 Kunnossapitolajit

Kunnossapito jakautuu alalajeihin, joita on määritelty hieman eri tavoin eri tahojen mukaan. Tässä työssä käsitellään kunnossapitolajeja PSK 6201-standardin mukaisesti. PSK 6201-standardi jakaa kunnossapitolajit suunniteltuihin ja suunnittelemattomiin kunnossapitotoimiin kuten alla kuviossa 5. Kunnossapitolajit pitävät sisällään toimenpiteitä, joilla saatetaan kohde toimintakuntoon, todetaan kohteen toimintakunto sekä pidetään kohde halutussa toimintakunnossa. Myös kohteen käyttövarmuuden parantaminen tai kunnossapidon resursien käyttäminen sisältyvät näihin toimenpiteisiin. (PSK 2022, 26.)



Kuvio 5. Kunnossapitolajien luokittelu (PSK 2022)

### 3.2.1 Suunniteltu kunnossapito

Ehkäisevä kunnossapito on yksi suunnitellun kunnossapidon muodoista. Sen päämääränä on vikaantumisen todennäköisyyden vähentäminen sekä koneen tai osan toimintakyvyn heikkenemisen ehkäisy. Ehkäisevä kunnossapito voi olla aikataulutettua tai jatkuvaa, mutta sitä voidaan tehdä myös tarvittaessa määritettyjen kriteerien pohjalta. Ehkäisevä kunnossapito pitää siis sisällään kohteen suorituskyvyn seurannan sekä määrä aikaiset tarkastukset ja huollot. (Mikkonen 2009, 50.)

Suunniteltua kunnossapitoa on myös parantava kunnossapito. Parantavalla kunnossapidolla parannetaan kohteen toimintavarmuutta, kunnossapidettävyyttä sekä ympäristöturvallisuutta tai yksittäin, jotain edellä mainituista. Parannusinvestoinnit ovat investointeja, joilla näitä voidaan parantaa kuitenkin ilman, että kohteen alkuperäinen toiminto muuttuu. Parantavaa kunnossapitoa voidaan myös toteuttaa käyttövarmuuden analytiikan puitteissa toimin, joilla pyritään tunnistamaan käyttövarmuutta heikentäviä tekijöitä, määrittelemään näiden tekijöiden kriittisyyksiä sekä kohdistamaan ja arvioimaan erilaisten toimenpiteiden

vaikutuksia. Myös kunnossapitosuunnitelmien ja –ohjeistuksien päivitys on parantavan kunnossapidon toimenpide. (PSK 2022, 32–33.)

Suunnitelluksi kunnossapidoksi luokitellaan myös muut toimet, jotka eivät ole korjaavaa, kuntoon perustuvaa, jaksotettua tai parantavaa kunnossapitoa ja joka tapahtuvat suunnitellusti. Muuksi ennakoivaksi kunnossapidoksi voidaan luokitella esimerkiksi varaosien kartoitus, valmistus ja kunnostus, toimenpiteet, joilla parannetaan tai ylläpidetään siisteyttä sekä muut kunnossapidon toimenpiteet, jotka eivät liity määriteltyihin kunnossapitolajeihin. (PSK 2022, 33–34.)

### 3.2.2 Suunnittelematon kunnossapito

Suunnittelematonta kunnossapitoa ovat puolestaan toimenpiteet, joita suoritetaan vian tai poikkeaman havaitsemisen jälkeen. Näitä toimenpiteitä ovat välittömät korjaukset, siirretyt korjaukset sekä kuntoon perustuvat suunnittelemattomat korjaukset. (PSK 2022, 27.)

Välitön korjaus on korjaava toimenpide, joka tehdään vian tai poikkeaman havaitsemisen jälkeen välittömästi tarkoituksena palauttaa kohteen toimintakunto tai rajoittaa vian aiheuttamat seuraukset hyväksyttävälle tasolle. Välittömiä korjauksia ei ehditä suunnitella eikä niitä voida siirtää myöhempään seisakkiin, sillä ne ilmenevät yllättäen. Korjausta voidaan myös siirtää tehtäväksi organisaation, tuotannon tai kohteen tilan salliessa, jolloin kyseessä on siirretty korjaus. (PSK 2022, 27–28.)

Suunnittelematonta kunnossapitoa ovat myös kuntoon perustuvat suunnittelemattomat korjaukset, jotka suoritetaan poikkeaman havaitsemisen jälkeen tilanteen niin salliessa, mutta joiden korjaus on ajoitettava enne seuraavaa suunniteltua kunnossapitoseisakkiä. Nämä korjaukset ehditään, pystytään ja päätetään valmistella. (PSK 2022, 29.)

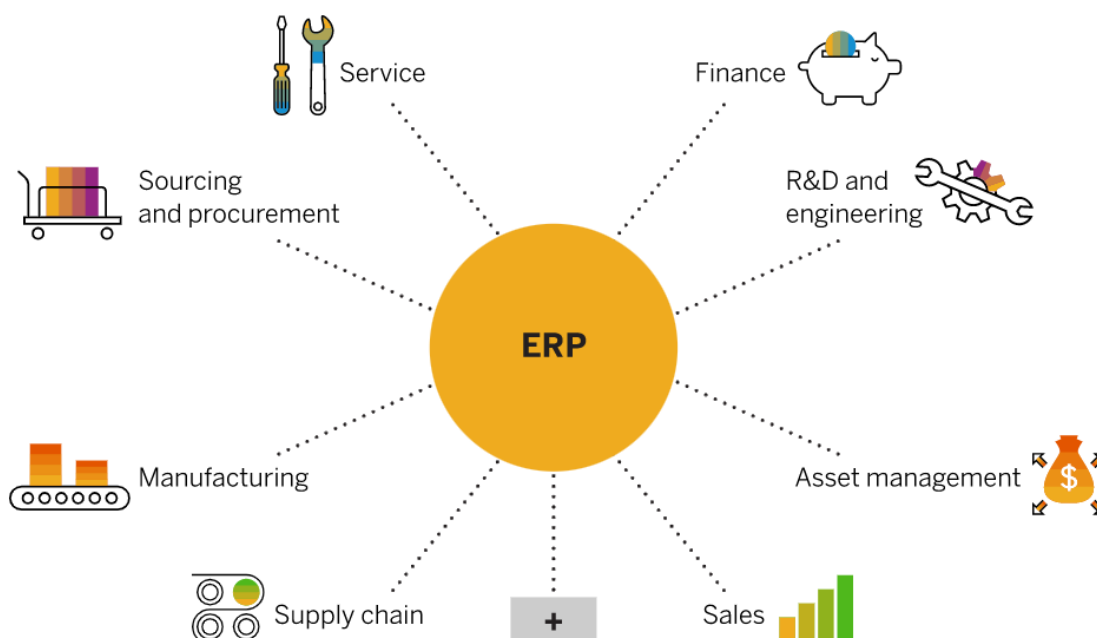
## 4 Kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmät

### 4.1 Kunnossapitojärjestelmät

Tuotantovälineiden kunnossapidon suunnittelun, ohjaamisen ja seurannan helpottamiseksi on kehitetty kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmiä toiselta nimeltään kunnossapidon tietojärjestelmiä. Näiden tiedon- ja töidenhallintajärjestelmien tavoitteena on pitää tuotantovälineiden käyttövarmuus halutulla tasolla niiden koko elinjakson ajan. Järjestelmä on suunniteltu hallitsemaan kunnossapidon toiminnanohjausta ja materiaalivirtoja. (Knowpulp 2023.)

Toiminnanohjausjärjestelmät ovat laajoja kokonaisvaltaisia tietojärjestelmiä, jossa kaikki toiminnot hyödyntävät samaa ajantasaista tietoa. Yhteinen tietokanta mahdollistaa tiedon läpinäkyvyyden koko organisaatiossa ja voi siten nopeuttaa toimintaa. Toisaalta tämä asettaa myös vaatimuksia tiedon oikeellisuudesta. (Logistiikan maailma 2023.)

Stora Ensolla on käytössä SAP-toiminnanohjausjärjestelmä. Järjestelmä koostuu erilaisista moduuleista tai liiketoimintasovelluksista, jotka tukevat tiettyjä liiketoimintaprosesseja. Jokainen moduuli on yhteydessä yhteiseen tietokantaan, ja sitä kautta yhteydessä toisiinsa. Moduuleita on havainnollistettu kuvassa 1.



Kuva 1. Toiminnanohjausjärjestelmän komponentit (SAP)

## 4.2 Toimintopaikat

SAP-toiminnanohjausjärjestelmässä on mahdollista tutkia muun muassa toimintapaikkoja, laitteita ja nimikkeitä eli osia toimintopaikan rakenne-esityksen kautta. Kuvassa 2 on esitetty SAP näkymä toimintopaikan rakenne-esityksestä. Rakenne-esityksessä ylimmällä tasolla on toimintopaikka, jonka alle on listattu kaikki toimintopaikalle kiinnitetyt laitteet ja laitteen alle taas sen nimikkeet. Kaukopään tehtailla toimintopaikat alkavat kirjainyhdistelmällä KP, laitteet yhdistelmällä IM ja nimikkeille on vain numerosarja.

FI-IM-301-593-020		KAP PAKKAAMO	
▶	KP-593-401	KAP TK01 TULOILMAKONE	
▶	KP-593-402	KAP TK02 SÄHKÖTILAN TULOILMAKONE	
▶	KP-593-562	KAP PAKKAAMO TAITTOLAITE 403	
▶	KP-593-563	KAP PAKKAAMO AUKIRULLAUSPUKKI 404	
▶	KP-593-5631	KAP PAKKAAMO AUKIRULLAUSASEMA	
▼	KP-593-564	KAP PAKKAAMO SISÄLAPPU ROBOTTI 405	
▼	IM_179-541	SISÄLAPPUROBOTTI MOTOMAN ES165D	
	979623	ANTURI LINEAARI BTL5-E10-M0300-P-S32	L

Kuva 2. SAP toimintopaikan rakenne-esitys Stora Enso

Toimintopaikka on siis käytännössä kiinteä toimintopaikka prosessissa, jonka tarkoituksena on tehdä jokin toiminto. Jos esimerkiksi laitepaikan pumppu rikkoutuu, voidaan pumppu vaihtaa toiseen vaikuttamatta laitepaikan numeroon. Laitetta puolestaan voidaan siirtää toimintopaikalta toiseen säilyttäen laitteen yksilöllinen numero. Näin voidaan esimerkiksi seurata millä toimintopaikoilla tiettyä laitetta on käytetty. (Järviö 2007, 224.)

Laittepaikkahierarkian tarkoituksena on rakentaa looginen puu, jossa laitepaikat on kerätty ryhmiin esimerkiksi prosessin, tuotantosolujen tai sijainnin mukaan. Hyvin suunnitellulla rakenteella mahdollistetaan toimintopaikkojen, laitteiden ja laitekorttien helppo löytyminen vaikkei tietäisikään laitteen numeroa. (Järviö 2007, 224.)

## 4.3 Laittekortit

Jotta laitteiden tiedot olisi helppo löytää kootusti yhdestä paikasta on jokaiselle laitteelle laitekortti. Laittekortilla tulisi olla kaikki laitteesta saatava tieto mahdollisimman tarkasti kirjattuna. Laittekortit ovat laitekohtaisia ja niiltä löytyvät laitteen yksilöity laitenumero sekä nimi.

Alla kuvassa 3 on esitetty Stora Enson etikettirobotin laitekortti. Kortilta löytyviä tietoja voidaan hyödyntää esimerkiksi varaosien hankinnassa ja korjausten suunnittelussa.

**Näytä laite : Yleiset tiedot**

Luokkayleistiedot   Mittauspisteet/laskuri   Kaikki mittaustositteet

Laite  Typpi  Koneet

Nimitys

Tila

Voim.olon alku  Voim.olon loppu

Yleinen   Sijainti   Organisaatio   Rakenne/Toimittaja/Asiakas   Kumppani

**Yleiset tiedot**

Luokka  PAPERIN/KARTONGIN PAKKAAMON LAITE

Objektilaji  Muu mekaaninen laite

KäyttöoikRyhmä

Paino  KG   Koko/mitta

Inventointinro    Käytössä alkaen

**Hankintatiedot**

Hankinta-arvo    Hankintapvm

**Valmistustiedot**

Valmistaja  Valmistusmaa

Tyypinimitys  Valm.vuosi/-kk  /

Valm. osanumero

Valm. sarjanro

Kuva 3. Etikettirobotin laitekortti

Kortilta löytyviä tietoja ovat esimerkiksi laitteen valmistaja, valmistajan piirustusnumero sekä laitteen tyyppi ja sijaintitiedot. Laittekortilla on useampia välilehtiä, joihin tieto on jaoteltu loogisesti. Laitteelle voidaan myös kiinnittää liiteitä kuten piirustuksia, kaavioita sekä käyttö- ja huolto-ohjeet.

## 5 Robotit

Teollisuusrobotti määritetään standardissa olevan automaattisesti ohjattu, uudelleen ohjelmitava, monitoiminen manipulaattori, joka voidaan ohjelmoida kolmelle tai useammalle akselille. Teollisuusrobotti voi olla joko kiinteä tai siirrettävä. (SFS-EN ISO 10218-1, 13.)

Teollisuusrobotteja käytetään yhä useammassa kohteessa niiden pitkälti ympäristöstä riippumattoman tarkkuuden ja tasaisen suorituskyvyn ansiosta. Robotteja on monia eri malleja erilaisilla nostokapasiteeteilla, tartuntaetäisyyksillä ja vapausasteilla. Näistä ehkä tunnistetuin on nivellettyä kättä muistuttava kuuden vapausasteen manipulaattori (Kuva 4). (MHI 2023.)



Kuva 4. Teollisuusrobotti (Yaskawa 2023)

Niin tuotanto- kuin käsittelysovelluksissa robotin käsivarteen kiinnitetään työkalu tai tarrain robotin tehtävästä riippuen. Työkaluja ovat esimerkiksi hitsauslaite tai maaliruisku. Tarrainet puolestaan toimivat usein pihtimäisesti tai imukupein. Robotit voivat siis suorittaa kaikenlaisia tehtäviä asioiden siirtelyn lisäksi leikkaamisesta, hitsaamiseen ja viimeistelyyn. Robotti voi myös vaihtaa itse työkalua, mikäli se on ohjelmoitu tekemään niin. (MHI 2023.)

Robottien suurimpia hyötyjä ovat tarkkuus, joustavuus sekä nopeus. Robotti voi suoriutua monista tehtävistä nopeammin ja työskennellä pysähtymättä pidempään, kuin ihminen ja siten parantaa tuottavuutta merkittävästi. Robotit ovat myös joustavia, sillä ne voidaan ohjelmoida uudelleen eri tuotteiden käsittelyä varten tai tarvittaessa suorittamaan kokonaan eri toiminto. Robotit ovat myös äärimmäisen tarkkoja ja voivat suorittaa esimerkiksi laadukkaita hitsauksia kerta toisensa jälkeen. (MHI 2023.)

## 6 Kriittisyysluokittelu ja riskiluku

### 6.1 Yleistä

Jotta voidaan varmistaa, että kaikkein kriittisimpien laitteiden toimintavarmuus turvataan ja toimenpiteet muille laitteille voidaan luoda, luokitellaan tuotantolinjat kriittisyyden perusteella. Teollisuudessa on suuri määrä laitteita, joilla on vaihteleva kuormitus, joten on tiedettävä mihin rajalliset kunnossapitoresurssit kannattaa kohdistaa. (Stora Enso 2019, 1.)

PSK 6800 standardissa määritellään kriittisyys seuraavasti:

*Kriittisyys on ominaisuus, joka kuvaa kohteeseen liittyvän riskin suuruutta. Kohde on kriittinen, jos siihen liittyvä riski (henkilöiden loukkaantumiseen, merkittäviin aineellisiin vahinkoihin ja tuotannon menetykseen tai muihin ei hyväksyttäviin seurauksiin liittyvä riski) ei ole hyväksyttävällä tasolla. (PSK 2008, 2.)*

### 6.2 Luokitteluprosessi Stora Enso

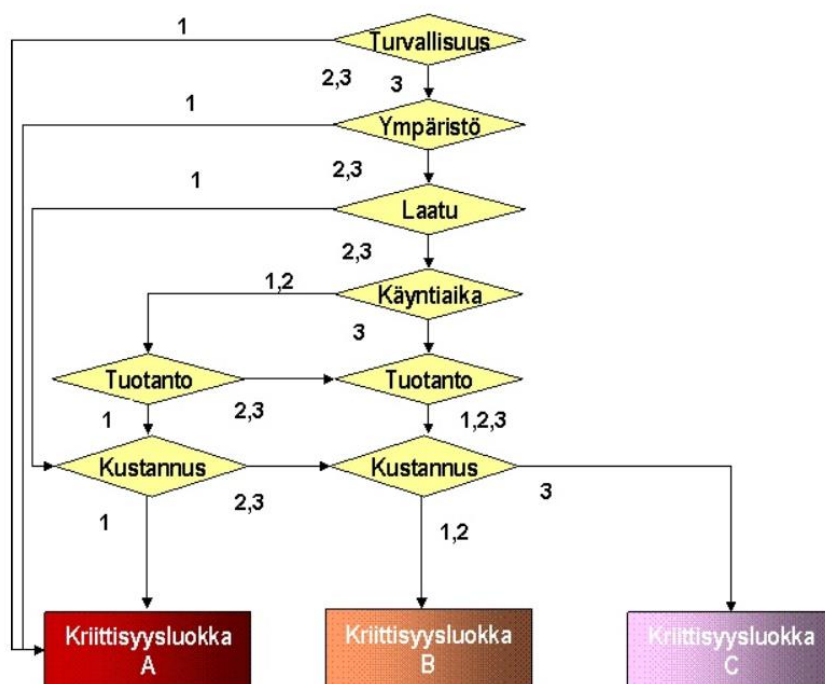
Itse luokitusprosessi on systemaattinen menetelmä, jossa toimintopaikalle annetaan kriittisyysluokka (A - suuri, B - keskitaso, C - pieni). Vikataajuutta lukuun ottamatta luokituksessa otetaan huomioon kaikki vikaantumisen seurauksiin liittyvät tekijät. Arvioinnin avulla selvitetään, mitkä laitteet ovat kriittisimpiä tuotannon, turvallisuuden tai kustannusten kannalta. Näistä kriittisimpiin toimintopaikkoihin voidaan ensimmäisenä kohdistaa kunnossapidon kehitystoimenpiteet. (Stora Enso 2019, 2.)

Toimintapaikkoja luokitellessa otetaan huomioon kuusi arviointitekijää, jotka ovat turvallisuus, ympäristö, laatu, käyntiaika, tuotanto sekä kustannukset. Jokainen tekijä arvioidaan vaikutuksen osalta tasoin 1–3, kuten taulukossa 1.

ARVIointITEKIJÄ	Taso 1	Taso 2	Taso 3
<b>Turvallisuus</b> <i>Henkilöturvallisuus</i>	Laitteen vikaantuminen aiheuttaa vakavan loukkaantumis- tai kuoleman riskin	Laitteen vikaantuminen aiheuttaa sairastumis- tai loukkaantumisriskin	Laitteen vikaantuminen ei aiheuta loukkaantumis- tai terveysvaaraa
<b>Ympäristö</b> <i>Ympäristöriski</i>	Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa laitosalueen ja ympäristön saastumista	Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa paikallista laitosalueen saastumista	Laitteen vikaantuminen ei aiheuta ympäristön saastumisen vaaraa
<b>Laatu</b> <i>Vikaantumisen vaikutus tuotteen laatuun</i>	Vikaantuminen aiheuttaa lopputuotteen laatuksannuksia, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä	Vikaantuminen aiheuttaa lopputuotteen laatuksannuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä	Vikaantuminen ei aiheuta lopputuotteen laatuksannuksia.
<b>Käyntiaika</b> <i>Laitteen vaadittu käyntiaika</i>	Laitteita tarvitaan 24 tuntia vuorokaudessa	Laitteita tarvitaan 12-24 tuntia vuorokaudessa	Laitteen käyttö on satunnaista
<b>Tuotanto</b> <i>Laitteen vikaantumisen vaikutus tuotantoon</i>	Vikaantuminen pysäyttää tuotannon	Vikaantuminen pysäyttää tärkeitä toimintoja tai alentaa tuotantokapasiteettia	Vikaantumisella ei ole tuotantovaikutusta
<b>Kustannukset</b> <i>Vikaantumisen aiheuttamat kustannukset</i>	Korjauskustannus ja/tai tuotannon menetykskustannus ovat erittäin korkeat	Korjauskustannus ja/tai tuotannon menetykskustannus ovat korkeat	Korjauskustannus ja/tai tuotannon menetykskustannus eivät ole merkittäviä

Taulukko 1. Arviointitekijöiden tasot (Stora Enso 2019, 3)

Tasot 1–3 kuvaavat arviointitekijän kriittisyyttä, joista taso 1 – merkittävä vaikutus, 2 – keskitasoinen vaikutus ja 3 – vähäinen vaikutus vikatilanteessa. Vaikutukset määrittävät puurakenteen (Kuvio 6) avulla, mihin ABC luokkaan laite kuuluu. (Stora Enso 2019, 3.)



Kuvio 6. Looginen puurakenne (Stora Enso 2019, 3)

Prosessin avulla voidaan eritellä kohteista seuraamuksiltaan merkittävimmät 20 %. Nämä kohteet kuuluvat kriittisimpään luokkaan eli luokkaan A. Vaikka luokan A laitteet ovat kriittisimpiä voi luokan B ja C laitteilla olla merkittäviä seurauksia, mikäli ne jätetään huomiotta. (Stora Enso 2019, 4.)

Luokittelujen perusteella luokkaan A määräytyneet laitteet tarkastetaan ensimmäisenä. Luokittelut vaikuttavat laitteistojen tarkastusjärjestyksen lisäksi myös häiriötilanteiden ratkaisun kiireellisyyteen ennakkohuoltoihin sekä varaosastrategiaan. (Stora Enso 2019, 4.)

### 6.3 Riskiluku

Riskilukulaskentaa ei tarvitse tehdä kriittisyysluokittelun ohessa, vaan se on oma tarkasteluprosessinsa, jota on hyvä tehdä säännöllisesti. Riskiluvulla kuvataan mahdollisen vikaantumisen yritykselle aiheuttamaa riskiä. Riskiluku koostuu kolmesta tekijästä:

- tapahtuman todennäköisyys = T
- tapahtumasta aiheutuvat materiaalikustannukset (osat ja työ) = M
- tapahtumasta aiheutuva tuotannonmenetykset = K

(Stora Enso 2019, 5.)

Riskiluku lasketaan kaavalla 1.

$$R = T \cdot (M + K) \quad (1)$$

Riskiluvun merkitys on samantapainen ABC luokittelun kanssa, sillä myös riskiluvun kautta määritetään laitteita, joiden kehitystoimenpiteitä ja huoltosuunnitelmia priorisoidaan.

## 7 Työn toteutus

Tiedonkeruu opinnäytetyötä varten aloitettiin hakemalla SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä robottien tietoja. Robottien toimintopaikat, laitenumerot sekä muu tärkeä tieto kuten piirustusnumerot kirjattiin Excel-taulukkoon. Taulukkoon kirjattiin myös millaisia huoltosuunnitelmia roboteilla ja tarttujilla on olemassa. Näin saatiin selkeä kuva robottien olemassa olevista tiedoista ja tietojen päivityksen tarpeesta.

Kriittisyysluokittelun määrittämistä ja luokitteluprosessia varten toimintopaikkojen tiedot siirrettiin kriittisyysluokittelupohjaan, jossa jokaiselle robotille määriteltiin uudelleen riskiluku sekä tehtiin kriittisyysluokittelu. Taulukossa 2 on esitetty luokittelun tuloksia.

Turvallisuus	Ympäristö	Laatu	Käynti-aika	Vaikutus tuotantoon	Kustannusvaikutus	ABC	T	M	K	Riskiluku
3	3	3	2	3	3	C	5	1	1	10
3	3	2	1	2	2	B	5	2	4	30
3	3	2	1	2	2	B	5	2	4	30
3	3	3	1	2	2	B	5	2	4	30
3	3	3	1	2	2	B	5	2	4	30
3	3	2	1	2	2	B	5	2	4	30
3	3	2	1	2	2	B	5	2	4	30

Taulukko 2. Kriittisyysluokittelu ja riskiluku taulukko

Kriittisyysluokitteluun vaikuttavat tekijät arvioitiin asteikolla 1–3 perustuen tuotannon ja kunnossapidon tuotantoprosessin ja laitteiden tuntemukseen. Riskiluku määriteltiin riskiluvun kaavalla, joka oli taulukkopohjassa valmiina riskiluvun määrittämiseksi. Riskilukuun vaikuttavat tapahtuman todennäköisyys, materiaalivahingot sekä tuotannon keskeytymisestä aiheutuvat vahingot. Tapahtuman todennäköisyyttä arvioitiin laitteiden SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä saatujen aiempien rikkoutumis- ja vikaantumistietojen pohjalta. Materiaalivahingot sekä tuotannonkeskeytymisestä aiheutuvat rahalliset vahingot arvioitiin puolestaan tuotannon henkilöiden prosessintuntemuksen sekä SAP-toiminnanohjausjärjestelmään kirjattujen aiempien menetysten perusteella.

Riskiluvun raja-arvo on 12, mikä tarkoittaa sitä suurempia lukuja saavien laitteiden olevan tärkeimpiä määriteltäessä esimerkiksi ennakko- ja huolto- ja tehtäessä varaosakartoitusta. Raja-arvoa suuremmat luvut huomioidaan taulukossa punaisella taustavärillä.

Kriittisyysluokittelun yhteydessä käytiin läpi myös robottien varaosatarkastelu ja selvitettiin huoltosopimuksen sekä etäyhteyden tarpeellisuutta. Varaosatarkastelua varten listattiin Excel-taulukkoon kaikkien robottien rakennepuuhun merkityt varaosat SAP-toiminnanohjausjärjestelmästä. Taulukkoon merkittiin myös varaosien varastosaldo sekä tilauspiste. Saldon

tippuessa tilauspisteen alapuolelle varaosia tilataan lisää automaattisesti tai tarvittaessa riippuen varaosalle määritetyistä tiedoista. Varaosien hankinnan nykytilannetta ja tarvetta muutokseen arvioitiin yhdessä tuotannon ja kunnossapidon kanssa.

## 8 Ennakkohuoltosuunnitelma

Osana opinnäytetyötä päivitettiin ja uudelleen määriteltiin kartonkitehtaan roboteille myös ennakkohuoltosuunnitelmat. Ennakkohuoltosuunnitelmien tarkoitus on ehkäistä laitteiden vikaantumista ja sitä kautta mahdollistaa kohteiden häiriötön toiminta. Ennakkohuoltosuunnitelmat ovat huoltoja ja tarkastuksia, joita tehdään kohteille etukäteen usein käyttöaikaan perustuen.

Käytännössä koneiden kunnossapito-ohjelmat perustuvat hyvin usein koneen valmistajan suosituksiin. Suosituksia on myös voitu muokata tuotantolaitoksen omien käyttökokemusten perusteella. (Laine 2010, 124.)

Valmistajalta roboteille saatujen huolto-ohjeiden huollot perustuvat robottien käyttöaikaan. Osa tarkastuksista ja huolloista suoritetaan päivittäin ja osa jopa useamman vuoden välein. Taulukossa 3 on kuvattu muutamia valmistajan suosittelemia huoltoja.

Items <sup>1)</sup>	Schedule						Method	Operation
	Daily	1000 h Cycle	6000 h Cycle	12000 h Cycle	24000 h	36000 h		
1 Alignment mark	•						Visual	Check alignment mark accordance at the home position. Check for damage. Check for misalignment of the position at the check point.
2 Working area and manipulator	•						Visual	Check for seeped oil. Clean the work area if dust, spatter or seeped oil is present. Check for damage and outside cracks.
3 Baseplate mounting bolts		•					Spanner Wrench	Tighten loose bolts. Replace if necessary.
4 Covers, bolts for the connector base				•			Driver Wrench	Tighten loose bolts. Replace if necessary.
5 Connector for manipulator cable		•					Manual	Check for loose connectors.
6 Protective tubing		•					Visual	Clean the spatter. Check for holes or tears. (Replace it if any.)
7 Gas balancer			•				Grease Gun	Supply grease to the joint of the gas balancer
			•				Dedicated maintenance parts	Check the gas pressure in the gas balancer, the exhaust and supply of gas.
8 Wire harness in manipulator (Lead wires for the S-, L-, U-, R-, B-, T-axes) (Power supply board included)	•						Visual	Check for damage and contamination.
				•				Check the condition of the internal wiring harness Check wear to the protective spring (replace if there is abnormal wear).
					•			Replace
9 Battery pack in manipulator					•			Replace the battery pack when the battery alarm occurs or the manipulator drove for 24000 h.

Taulukko 3. Robotin ennakkohuollot (Yaskawa 2023)

Vaikka osa tehtaan roboteista ovat tyypiltään samoja ja sijaitsevat samalla tuotantolinjalla määriteltiin okaiselle robotille toimintopaikkakohtaiset huollot. Näin voidaan varmistua siitä, että jokaiselle robotille tehdään tarvittavat huollot ja määräaikaivaihdot laitekohtaisesti. Osa ennakkohuolloista luotiin SAP-toiminnanohjausjärjestelmään suoraan valmistajan ohjeen mukaan. Muutamia ennakkohuollollisia toimenpiteitä päädyttiin kuitenkin aikaistamaan, jotta huoltoja voidaan tehdä samoissa kunnossapitoseisakeissa. Robottien lisäksi myös robottien tarttujille luotiin ennakkohuollot samalla periaatteella.

## 9 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytteen tarkoituksena oli parantaa kartonkitehtaan robottien käyttövarmuutta. Tämä suoritettiin päivittämällä ennakkohuollot sekä tekemällä varaosatarkastelu, kriittisyysluokittelu ja määrittelemällä kohteille riskiluvut.

Roboteista kuusi sijoittui kriittisyysluokkaan B ja sai riskiluvun 30. Vain yksi robotti sijoittui kriittisyysluokkaan C ja sai riskiluvun 10, joka on alle riskiluvun raja-arvon. Vaikka robotteja sijoittui kriittisyysluokkaan B, korkean riskiluvun takia niiden ennakkohuoltoihin ja resursointiin on kiinnitettävä erityistä huomiota. Ennakkohuollot ehkäisevät vikaantumisia tehokkaasti, mutta eivät kuitenkaan estä niitä.

Roboteille luotiin ennakkohuoltosuunnitelmat valmistajan huolto-ohjeiden pohjalta ottamalla huomioon kriittisyysluokittelun ja riskiluvun asettamat vaatimukset. Nämä ennakkohuoltosuunnitelmat lisättiin SAP-toiminnanohjausjärjestelmään kriittisyysluokittelun tulosten ohella. Ennakkohuoltosuunnitelmien tehokkuutta voidaan kuitenkin arvioida vasta pidemmällä aikavälillä. Varaosatarkastelussa todettiin varastotilanteen olevan suurimmilta osin hyvä, joskin joitain puutteita havaittiin. Varaosakustannukset kannattaa kuitenkin pitää kohtuullisella tasolla ottaen huomioon robottien ikä.

Työn pohjalta jatkokehitettävää olisi tehdä vastaava kriittisyysluokittelu ja varmistaa ennakkohuoltojen olemassaolo ja ajantasaisuus tuotantolinjan muillekin laitteille. Samalla tulisi myös tehdä varaosakartoitus, jotta voidaan varmistua varaosien saatavuudesta. Lisäksi olisi kannattavaa kartoittaa toistuvien vikaantumisien syyt, mikäli niitä esiintyy ennakkohuolloista huolimatta ja suunnitella toimenpiteet niiden ehkäisemiseksi.

## Lähteet

Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T & Åström, T. 2007. Kunnossapito. 4. uudistettu painos. Helsinki: KP-Media Oy.

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

Logistiikan maailma. 2023. Toiminnanohjausjärjestelmä. Viitattu 3.4.2023. Saatavissa <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/ohjausjarjestelmat/toiminnanohjausjarjestelma/>

MHI. 2023. Industrial robots. Viitattu 29.5.2023. Saatavissa [Industrial Robots \(mhi.org\)](https://www.mhi.org/)

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. Helsinki: KP-Media Oy.

PSK. 2022. Standardi PSK 6201 Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

PSK. 2008. Standardi PSK 6800 Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

SAP. What is ERP? Viitattu 01.05.2023. Saatavissa <https://www.sap.com/products/erp/what-is-erp.html>

SFS-EN 13306. 2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 10218-1. 2011. Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Teollisuusrobotit. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Stora Enso. 2019. PRO-788 Kriittisyysanalyysiohje ver. 2019. Viitattu 21.03.2023. Saatavissa rajoitetusti [https://storaenso.sharepoint.com/w:/r/teams/Imatrankyttvarmuus/\\_layouts/15/Doc.aspx?sourcedoc=%7B5C4D46B8-E89B-423A-8F60-D645001BBF1B%7D&file=PRO-S788%20Kriittisyysanalyysiohje%20ver.2019%20\(1\).docx&action=default&mobileredirect=true&cid=8549cc78-c4a2-4d77-abee-0ba34174f806](https://storaenso.sharepoint.com/w:/r/teams/Imatrankyttvarmuus/_layouts/15/Doc.aspx?sourcedoc=%7B5C4D46B8-E89B-423A-8F60-D645001BBF1B%7D&file=PRO-S788%20Kriittisyysanalyysiohje%20ver.2019%20(1).docx&action=default&mobileredirect=true&cid=8549cc78-c4a2-4d77-abee-0ba34174f806)

Stora Enso. 2023a. Tietoja Stora Ensosta. Viitattu 11.04.2023. Saatavissa <https://www.storaenso.com/fi-fi/about-stora-enso>

Stora Enso. 2023b. Stora Enson historia. Viitattu 11.04.2023. Saatavissa <https://www.storaenso.com/fi-fi/about-stora-enso/our-history>

Stora Enso. 2023c. Stora Enso Imatran tehtaat. Viitattu 11.4.2023. Saatavissa <https://www.storaenso.com/fi-fi/about-stora-enso/stora-enso-locations/imatra-mill>

Stora Enso. 2018. Mitä on käyttövarmuus. Viitattu 2.4.2023 Saatavissa rajoitetusti [Mitä on käyttövarmuus? – Oppimisympäristö | Stora Enso \(mobiesmart.fi\)](#)

Knowpulp. 2023. Kunnossapidon tietojärjestelmät. Taitotalo. Viitattu 20.4.2023. Saatavissa [http://www.knowpulp.com/extranet/suomi/maintenance/1\\_maintenance/5\\_information\\_systems/1\\_general/frame.htm](http://www.knowpulp.com/extranet/suomi/maintenance/1_maintenance/5_information_systems/1_general/frame.htm)

Yaskawa 2023. Motoman GP180 Robot for Assembly & Handling. Viitattu 20.5.2023. Saatavissa [Motoman GP180 Robot for Assembly & Handling | 180.0 kg](#)