

Uuden laitteen testausprosessin kehitys

Joonatan Lehtonen

OPINNÄYTETYÖ
TOUKOKUU 2022

Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotekehitys

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Tuotekehitys

LEHTONEN, JOONATAN:
Uuden laitteen testausprosessin kehitys

Opinnäytetyö 50 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Toukokuu 2022

Tuotekehitysprojektin aikana tuotetun informaation jakaminen on tärkeä osa tuotteistamista. Tämä opinnäytetyö on osa uustuotekehitysprojektia, jossa kehitettiin uusi laitemalli. Työn tuloksena kehitettiin uuden laitteen testausprosessia prototyypivaiheessa. Näin nopeutetaan laitteen tuotteistamista testausvaiheen osalta. Opinnäytetyö toteutettiin toiminnallisena työnä, jossa testausprosessin aikana kerätyn datan pohjalta kehitettiin ohjeita. Tämän työn teoreettisen viitekehityksen muodostavat lean-ajattelu, standardisointi ja tuotteistaminen.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa yksityiskohtaiset ohjeet säätö- ja testausvaiheista. Tuotettujen ohjeiden avulla saadaan välitettyä tietoa uusista ja päivitetystä tarkastuskohdista sekä jaetaan informaatiota laitteen uusista ominaisuuksista. Näillä toimilla pyritään nopeuttamaan laitteen testausvaiheen oppimisprosessia seuraavan laitteen osalta. Osa ohjeista perustui aikaisempiin laitteisiin, joten ne päivitettiin vastaamaan uutta laitetta. Datat kerääminen työssä tehtiin seuraamalla asentajien työtä, analysoimalla aiempia ohjeita ja haastatteleamalla laitteen parissa työskenteleviä henkilöitä.

Opinnäytetyön tuotoksena kehitettiin neljä ohjetta laitteen tarkastus- ja säätövaiheista. Ohjeisiin tehtiin selkeät ohjeistukset näiden vaiheiden tarkastuskohtien suorittamisesta ja niissä huomioitavista asioista. Lopputuloksena ohjeista saatiin kyseisten vaiheiden työtä vakioivia ja helpottavia dokumentteja. Turvallisuusnäkökulma otettiin huomioon ohjeita tehdessä ja turvallisuushuomioita korostettiin tarvittavilta osin. Projektin tuotoksena laaditut ohjeet ovat luottamuksellisia ja salassapitosäädösten alaisia, joten niitä ei ole sisällytetty tähän raporttiin.

Tuotteistamisessa yksi tärkeimmistä tekijöistä on informaation tuottaminen ja oikeaan paikkaan kohdistaminen. Ohjeiden päivittämättä jättäminen tekee niistä hyödyttömiä ja altistaa huonolle laadulle. Tehtyjä ohjeita tulee tarkastella kriittisesti ja päivittää tarvittavilta osin seuraavan laitteen kokoonpanon edetessä. Ohjeiden pariin tulisi viimeistään palata, kun kyseinen laite on säätövaiheessa. Lisäksi tulee varmistaa ohjeiden saatavuus sarjatuotantovaiheessa. Jatkokehityksenä ohjeet tulisi mahdollisuuksien mukaan sisällyttää osaksi sähköistä tarkastuspöytäkirjaa.

Asiasanat: tuotteistaminen, standardointi, testausprosessi, informaation jakaminen, laadun suunnittelu

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Product Development

LEHTONEN, JOONATAN:
The Development of a Testing Process for a New Product

Bachelor's thesis 50 pages, appendices 0 pages
May 2022

This thesis was carried out as a part of a new product development project in which a new more compact product was developed. The objective of this thesis was to develop the testing process of the new product in an early phase of productization. The purpose of this study was to develop instructions for the testing process. The testing process includes four different phases, and the goal was to produce instructions for each of them.

To achieve the goals of the thesis there was a need to understand productization, lean thinking and standardization. The study was done by analyzing previous instructions, interviewing personnel who work with the product, and following the work of the assemblers. The instructions will be used to speed up the learning process of the testing phase and to share information about the new features of the machine.

As a result, four different instructions were compiled. The instructions contain exact guidelines for adjusting and testing. In addition, a new more conspicuous style of safety warnings was introduced to the instructions. The instructions are confidential and have been removed from this report.

One of the main factors in productization is to produce information. Information will become useless if it is not updated regularly. The instructions should be revisited when the assembly of the next version of the machine begins or at the latest when that version goes to the adjusting and testing phase. As a further development, the instructions should be included in the manufacturing execution system.

Key words: productization, standardization, testing process, information sharing, quality planning

SISÄLLYS

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | JOHDANTO | 6 |
| 2 | TEOREETTINEN VIITEKEHYS | 8 |
| 2.1 | Laatu | 8 |
| 2.1.1 | Laadun hallinta ja suunnittelu | 8 |
| 2.1.2 | Lean-ajattelu | 10 |
| 2.2 | Tuotekehitys ja NPD | 12 |
| 2.2.1 | Prototyyppi | 14 |
| 2.2.2 | Ramp up | 15 |
| 2.3 | Tuotteistaminen | 15 |
| 2.4 | Standardointi | 19 |
| 2.5 | Valmistuksenohjausjärjestelmä MES | 21 |
| 2.6 | Toimintajärjestelmä | 21 |
| 3 | TUTKIMUS JA TOTEUTUS | 24 |
| 3.1 | Kohdeyritys | 24 |
| 3.2 | Projektimalli | 26 |
| 3.3 | Sisäisen asiakkaan vaatimusten toteuttaminen | 28 |
| 3.3.1 | Tarkastuspöytäkirja | 28 |
| 3.3.2 | Laatutarkastus | 30 |
| 3.4 | Toteutus | 30 |
| 3.5 | Ohjeet | 32 |
| 3.5.1 | Kehityskohdat | 33 |
| 3.5.2 | Alustan säätö | 33 |
| 3.5.3 | Alustan sähkö tarkastus | 34 |
| 3.5.4 | Sähkö tarkastus | 36 |
| 3.5.5 | Säätö | 37 |
| 4 | TULOKSET | 39 |
| 5 | JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA | 44 |
| 5.1 | Pohdinta | 44 |
| 5.2 | Jatkokehitysehdotukset | 46 |
| | LÄHTEET | 48 |

LYHENTEET JA TERMIT

| | |
|--------------|--|
| CAN | Controller area network, sarjaväyläjärjestelmä |
| FAT | Factory Acceptance Test, tehdashyväksyntätesti |
| IMS | Integrated Management System, toiminta- ja johtamisjärjestelmä |
| ISO | International Organization for Standardization, kansainvälinen standardisoimisjärjestö |
| LEAN | Johtamisfilosofia |
| MES | Manufacturing Execution System, valmistuksenohjausjärjestelmä |
| SAT | Site Acceptance Test, asiakkaan tiloissa tehtävä hyväksyntätesti |
| SFS | Suomen standardoimisliitto |
| TPS | Toyota Production System, Toyotan tuotantojärjestelmä |
| Läpimenoaika | Aika, joka kuluu tilauksesta toimitukseen |
| Ramp up | Tuotannon ylösajovaihe |

1 JOHDANTO

Tuotekehitys on yrityksen elinehto. Testausprosessia voidaan nopeuttaa uuden laitemallin osalta tuottamalla tuotekehitysprojektin aikana kerätystä datasta ohjeita. Uuden laitteen tarkastus- ja säätövaiheiden osalta oppimisprosessi nopeutuu ohjeiden avulla, mikä johtaa läpimenoaikojen lyhenemiseen.

Tämä opinnäytetyö toteutettiin toiminnallisena työnä teknologiateollisuuden yritykselle. Tämä työ on osa tuotannon osuutta uustuotekehitysprojektissa, jossa kehitetään uusi ja kompaktimpi laitemalli. Työn taustana on se, että testausprosessin halutaan olevan hyvällä tasolla laitteen siirtyessä tuotannon ylösajovaiheeseen. Uuden laitteen osalta haluttiin panostaa tuotannon testausprosessin vaiheiden kehittämiseen laitteen ollessa prototyypivaiheessa. Näillä toimilla pyritään saamaan laitteen sarjatuotannon taso heti alusta asti paremmalle tasolle. Kun laite on myös testausvaiheiden osalta valmis sarjatuotantoon, tuotannon läpimenoaika lyhenee ja kannattavuus paranee.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kehittää uuden laitteen testausprosessia. Tarkoituksena on tuottaa selkeät ja yksityiskohtaiset ohjeet laitteen tarkastus- ja säätövaiheista. Kyseisillä ohjeilla pyritään nopeuttamaan oppimisprosessia laitteen tuotteistamisen aikana ja vakioimaan työjärjestystä. Lisäksi ohjeilla pyritään määrittelemään eri ominaisuuksien halutut toiminnallisuudet sekä keinot niiden todentamiseen. Näiden toimien avulla saadaan varmistettua ja parannettua laatua. Laadun varmistamiselle yksi keskeinen syy on vaatimustenmukaisuuden täyttäminen. Lisäksi tarkoituksena on päivittää valmistuksenohjausjärjestelmän tarkastuspöytäkirjat vastaamaan toimintajärjestelmään tallennettua ohjetta.

Teoriaosuudessa keskitytään lean-ajatteluun, laadun suunnitteluun ja parantamiseen sekä standardisointiin. Teoreettista pohjaa työlle luo lisäksi tuotteistaminen, jonka avulla pyritään ymmärtämään informaation tuottamista ja hyödyntämistä osana kehittämistyötä. Valmistuksenohjaus- ja toimintajärjestelmät tarjoavat alustat, joilla voidaan jakaa ohjeita sekä seurata työtehtävien suorittamista.

Työn aikana dataa kerättiin seuraamalla asentajien työtä laitteella ja haastattele-
malla asentajia sekä toimihenkilöitä, jotka työskentelivät laitteen parissa. Lisäksi
olemassa olevia ohjeita ja niiden sisältöjä analysoitiin sekä vertailtiin. Aikaisem-
mista ohjeista kehityskohdiksi nostettiin ohjeiden ympäröisyys, vanhentuneet
tarkastuskohdat ja tarkastuksen suorituksesta huomattavasti eroavat ohjeet.

Testausprosessin kehityksen onnistuessa lopputulemana saadaan parannettua
laatua. Laadun parantamisella tarkoitetaan vaatimusten täyttämistä, vaihtelun vä-
hentämistä ja virhemahdollisuuksien pienenemistä. Parhaassa tapauksessa
nämä tekijät parantavat läpimenoaikaa, mikä nostaa yrityksen liikevaihtoa ja kan-
nattavuutta.

Opinnäytetyössä testausprosessi rajattiin tarkoittamaan laitteen alustan säätöä
ja alustan sähkö tarkastusta, sähkö tarkastusta sekä laitteen säätöjä ennen koe-
käyttöä. Rajaus tehtiin sekä aikataulullisista syistä että prototyyppilaitteen tes-
tauksellisten erojen takia. Tuotantolaitteella säätö- ja koekäyttövaihe kestää muu-
tamasta päivästä viikkoon, kyseisellä prototyyppilaitteella vaihe jakaantuu use-
amman kuukauden ajalle. Tutkimuskysymykseksi muodostui, kuinka ohjeiden
avulla saadaan kehitettyä uuden laitemallin testausprosessia.

2 TEOREETTINEN VIITEKEHYS

2.1 Laatu

Laatu on monikäsitteinen termi. Laadusta puhuttaessa esiin nousee usein lean-ajattelu. Voidakseen ymmärtää, mitä laadun hallinta ja suunnittelu tarkoittaa, pitää ymmärtää laatu käsitteenä.

Laadun määritelmät eroavat hiukan lähteestä riippuen. Laadulla tarkoitetaan tuotteen soveltuvuutta asiakkaan vaatiman käyttötarkoituksen täyttämiseen tai ylittämiseen (Mitra 2016, 8). Toisin sanoen asiakas määrittelee, miten laadukkaaksi hän kokee tietyn tuotteen laadun tason. Tällöin ongelmaksi muodostuu, että laadun määritelmä eri asiakkaiden välillä voi vaihdella paljonkin. Laadulla voidaan myös tarkoittaa tarkoitukseen sopivaa. Tuotteen täytyy tällöin olla tarkoitukseensa sopiva ja täyttää asiakkaan vaatimukset sen ominaisuuksien suhteen. Lisäksi tuotteen tulee olla mahdollisimman virheetön ja suorituskykyinen saavuttaakseen paremman suoriutumisen markkinoilla. (Juran & De Feo 2010, 27.)

Standardi ISO 9000 määrittelee laadun seuraavasti; ”Laatu on se, missä määrin kohteen luontaiset ominaisuudet täyttävät vaatimukset.” (ISO 9000:2015) Kohteella voidaan tarkoittaa muun muassa aineellisia, aineettomia tai kuvitteellisia asioita. Luontaisella viitataan standardissa siihen, että kohteeseen ei ole liitetty siihen kuulumattomia ominaisuuksia. Täytettävät vaatimukset ovat ilmaistuja, yleisesti tiedossa olevia tai pakollisia. Näitä vaatimuksia voi asettaa esimerkiksi organisaatio, asiakas tai jokin määre, kuten standardi. Yksinkertaistettuna laadulla tarkoitetaan siis kohteen, tuotteen, prosessin tai palvelun luontaisten ominaisuuksien kykyä saavuttaa esimerkiksi asiakkaan tai organisaation asettamat vaatimukset. (ISO 9000:2015, Sandholm 2000, 12.)

2.1.1 Laadun hallinta ja suunnittelu

Yksi keino erotella laadun tuottamisen peruselementtejä on Juranin trilogia. Juranin trilogiassa laadun kolme keskeistä avainprosessia ovat laadun suunnittelu,

laadunhallinta ja laadun parantaminen. Kaikille näistä kolmesta on määritelty muutamia oleellisia tehtäviä ja vaiheita. Oleellista tämän kehittämistyön osalta on laadun suunnittelu ja hallinta. Laadun suunnittelun kannalta on tärkeää tunnistaa ja määritellä asiakkaan vaatimukset, joiden pohjalta voidaan lopulta kehittää prosessit tavoittelemaan tuotteen tavoitteita. (Sandholm 2000, 59–60.)

Laadun suunnittelulla on merkittävä osa organisaation toiminnassa. Se vaikuttaa oleellisesti laatuun ja laadun toteutumiseen. Lisäksi laadun suunnittelulla voidaan yksinkertaistaa vaatimustenmukaisuuden varmistamista. Kiteytettynä hyvällä suunnittelulla päästään haluttuun lopputulokseen helpommin. Laadun suunnittelu määrittää tuotekehitysprosessissa erilaisiksi suunnittelu- ja seurantatoimiksi. Laadun suunnittelu määrittelee tehtävät ja toimet, jotka pitää suorittaa saavuttaakseen tavoiteltu laadun taso. Laadun suunnittelu jakautuu yhdeksälle eri vaiheelle koko tuotteen elinkaaren aikana. Tiivistetysti jokaisessa vaiheessa pitää määritellä ja todeta välttämättömät toimenpiteet oikean laadun saavuttamiseksi. Lisäksi tulee määritellä vastuut ja aikataulut jokaiselle aktiviteetille sekä seurata, että toimintaa johdetaan kohti haluttujen tavoitteiden saavuttamista. (Sandholm 2000, 54–56.)

Vaatimustenmukaisuuden täyttäminen tuotetuissa palveluissa tai tuotteissa on yksi keskeinen ehto vastuullisessa yritystoiminnassa. Laadun suunnittelulla pyritään luomaan elementit, joilla varmistetaan vaatimustenmukaisuuden täytyminen ennen palvelun tai tuotteen toimittamista. Vaatimustenmukaisuuden täyttämällä tarkoitetaan toimintojen todentamista halutun mukaiseksi. Tätä voidaan varmentaa esimerkiksi erilaisilla tarkastuksilla.

Laadun hallinnan kannalta on keskeistä määritellä ja luoda arviointitapa. Sen pohjalta voidaan laatia standardit suoritukselle, joilla varmistetaan vaatimustenmukaisuus. (Sandholm 2000, 61.) Yrityksen sisäisen asiakkaan eli seuraavan vaiheen vaatimuksena voi olla tuotteen toimittaminen mahdollisimman virheettömänä ja toimintakunnossa. Sisäiset asiakkaat ovat osa omaa organisaatiota. Heidän työtasoonsa vaikuttaa muiden organisaation sisäisten toimijoiden suoriutuminen omista tehtävistään. (Sandholm 2000, 15.) Tavoitteiden pohjalta pitää kehittää toimintatavat sekä prosessit, joilla saavutetaan nämä tavoitteet. Ohjeiden kehittäminen voi esimerkiksi olla yksi toimintatapa kohti tavoitteita. Ohjeiden

avulla saadaan määriteltyä myös standardit suoritukselle ja näin luotua toimintatavat, joilla saavutetaan asiakkaan vaatimukset.

Tässä kehittämistyössä testausprosessin tarkastus- ja testausvaiheista tehtävillä ohjeilla pyritään parantamaan prosessilaatua. Tällä tarkoitetaan kyseisten vaiheiden läpi menevien laitteiden vaihtelun vähentämistä ja virhemahdollisuuksien pienentämistä. Laitteiden tason suuri vaihtelu lisää huomattavasti työmäärää tuotannon seuraavassa vaiheessa.

2.1.2 Lean-ajattelu

Lean-ajattelun juuret ovat Toyotan autotehtaissa. Lean-ajattelu perustuu Toyotan tuotantojärjestelmään (TPS), joka luotiin tutkimalla Fordin massatuotantomenetelmiä. Fordin menetelmissä oli useita synnynnäisiä vikoja, joita Toyotan johtajat halusivat kehittää. Vikoja oli esimerkiksi ylituotanto, valtavat välivarastot ja erittäin epätasaiset virtaukset tuotannossa. Terminä leanin teki tutuksi kaksi suosittua kirjaa, *The machine that changed the world* ja *Lean thinking*. Näiden tunnettujen kirjojen kirjoittajat tekivät selväksi, että heidän lean-menetelmänsä pohjautuu Toyotan tuotantojärjestelmään. (Liker 2004, 15 21–22.)

Lean-ajattelu on johtamisen lähestymistapa tuotantoon, jolla pyritään parantamaan organisaatioiden kilpailukykyä markkinoilla. Kilpailukykyä pyritään parantamaan lisäämällä tehokkuutta sekä vähentämällä kuluja poistamalla prosessista lisäarvoa tuottamattomat vaiheet ja tehokkuutta vähentävät tekijät. (Garza-Reyes ym. 2012, 179.)

Termi lean-tuotanto keksittiin merkittävässä Massachusettsin teknillisen korkeakoulun toteuttamassa tutkimusprojektissa, jossa tutkittiin tuottavuutta ja johtamiskäytäntöjä autoteollisuudessa. Tutkimuksessa selvisi merkittävä ero Japanin autoteollisuuden hyväksi tuottavuudessa ja laadussa verrattuna muihin autoteollisuuden toimijoihin. Ydinominaisuuksia lean-ajattelun mukaiselle tuotannolle on muun muassa aktiiviset ongelmanratkaisurakenteet lattiatasolla sekä lean-ajattelun mukainen toiminta. Ongelmanratkaisurakenteilla tarkoitetaan jatkuvaan parantamiseen liittyviä toimintoja tuotantotiloissa. Lean-ajattelun mukainen toiminta

pakottaa ongelmat esiin ja korjattavaksi. (Sohal & Egglestone 1994, 35.) Voidaan todeta, että näiden ominaisuuksien ylläpitäminen ja kehittäminen parantaa yrityksen toimintaa. Ohjeiden kehittäminen lattiatasolla tuo ongelmia ohjeiden sisällössä ja käytössä esiin ja siten niitä pystytään parantamaan.

Liker (2004) kuvaa Womackin, Roosin ja Jonesin (1991) lean-ajattelun tuotannossa tiivistetyksi yhdellä virkkeellä. Lean-ajattelun tavoitteena tuotannossa on läpimenoaikojen lyhentäminen eliminoimalla hukkaa prosessin jokaisesta vaiheesta, mikä johtaa parhaaseen laatuun ja matalimpiin kustannuksiin parantaen samalla turvallisuutta. (Liker 2004, 24.)

Lean-ajattelun ydinajatuksena on täydellinen pyrkimys päästä hukasta, muda, eroon. Muda on japaninkielinen sana, joka tarkoittaa hukkaa. Termillä tarkoitetaan lean-ajattelussa toimintaa, joka vie resursseja tuottamatta lisäarvoa asiakkaalle. Ajattelumallin mukaan ideaalissa tilanteessa kaikki toiminta organisaatiossa ja tuotannossa tuottavat lisäarvoa asiakkaalle. (Huhtala & Pulkkinen 2009, 183; Basu, Wright 2003, 71). Toyotan insinöörit ovat luoneet järjestelmän, joka perustuu kolmeen M-sanaan ja niiden eliminointiin. Mudan lisäksi nämä ovat muri ja mura. Murilla tarkoitetaan ihmisten tai laitteiden ylikuormitusta. Se tarkoittaa, että ihminen tai kone työnnetään yli luonnollisten rajojensa. Mura vuorostaan tarkoittaa epätasaisuutta ja hukan voidaan ajatella olevan sen seurausta. (Liker 2004, 114.)

Toyota on tunnistanut seitsemän eri hukan päätyyppiä. Niiden lisäksi Liker (2004, 28) on vielä tunnistanut kahdeksannen hukan tyyppin. Hukan tyypit ovat:

1. ylituotanto
2. odottelu
3. tarpeeton kuljettelu
4. ylikäsittely tai virheellinen käsittely
5. tarpeettomat varastot
6. tarpeeton liikkuminen
7. viat
8. työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen. (Liker 2004, 28)

On oleellista ymmärtää ja tunnistaa hukan tyypit testausprosessin vaiheiden ohjeisiin liittyen ja pyrkiä poistamaan ne. Prosessi paranee hukkien vähentyessä. Hukkien tunnistaminen vaatii syvällistä perehtymistä näihin vaiheisiin. Tarkastelun perusteella löydettiin neljää eri hukan muotoa testausprosessin vaiheista ja ohjeista. Ensimmäinen tarkastus- ja säätövaiheisiin liittyvä hukka on ylikäsittely. Esimerkiksi alustan säädön ja alustan sähkö tarkastuksen ohjeissa oli samoja kohtia. Nämä ovat ylikäsittelyä, koska samaa asiaa tarkastetaan useamman kerran. Toinen hukan tyyppi on tarpeeton liikkuminen. Tarpeetonta liikkumista on esimerkiksi laitteen päälle kiipeäminen anturin tarkastuksen takia. Kyseisen ominaisuuden voi tarkastaa myös tietokoneen avulla. Lisäksi laitteen päälle kiipeäminen on turvallisuusriski. Kolmas hukan tyyppi on viat. Laitteissa esiintyy väistämättä vikoja, mutta vikoja voi aiheuttaa virheelliset tarkastusohjeet.

Tärkein hukan tyyppi opinnäytetyötä koskien on kuitenkin työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen. Työntekijät eli asentajat tekevät kyseisiä työvaiheita jatkuvasti, joten on tärkeää käyttää heidän ajatuksiaan ja taitojansa hyväksi ohjeita tuottaessa. Lisäksi lean-ajattelun mukaista on mennä paikan päälle katsomaan ymmärtääkseen tilannetta perusteellisesti (Liker 2004, 40). Tämän takia dataa kerättiin asentajilta työnteon yhteydessä.

Ihmisten tai laitteiden ylikuormitus voi aiheuttaa vakavia turvallisuus- tai laatuongelmia. Tuotannon peräkkäisten vaiheiden ohjeissa pitää ottaa huomioon vaiheiden tasainen kuormitus mahdollisuuksien mukaan. Mikäli jokin vaihe on selkeästi ylikuormitetumpi kuin toinen, täytyy näiden vaiheiden kuormitusta jakaa, että ei synny ylikuormitusta toiseen vaiheeseen. Tämän takia ohjeista pyrittiin poistamaan tuplakohtia.

2.2 Tuotekehitys ja NPD

Tuotekehitys on tärkeä edellytys yrityksen toiminnalle ja menestymiselle. Tuotekehitys voidaan määritellä monivaiheiseksi prosessiksi, sisältäen tuoteidean etsimisen, potentiaalisen sekä markkinoiden ja muiden hankkeen käynnistämiseen tarvittavien tietojen selvittämisen, tuotteen luonnostelun ja yksityiskohtaisen

suunnittelun, optimoinnin, ohjeiden tekemisen sekä tuotantomenetelmien kehittämisen tarvittaessa. (Jokinen 2001, 9.) Tuotekehitystä voidaan pitää joukkona toimintoja alkaen markkinaraon havaitsemisesta aina tuotteen valmistukseen, myyntiin ja toimitukseen asti (Ulrich & Eppinger 2000, 2).

Tuotekehitys voidaan jakaa kahteen eri kategoriaan. Tuotekehitys voi olla olemassa olevien tuotteiden parantamista tai kokonaan uuden tuotteen kehittämistä. Olemassa olevien tuotteiden kehittäminen esimerkiksi uusilla ominaisuuksilla parantaa yrityksen mahdollisuuksia pärjätä markkinoilla eivätkä tuotteet pääse vanhenemaan. Uudet tuotteet taas voivat tarjota organisaatioille uusia tapoja tehdä liikevoittoa ja pärjätä markkinoilla. Uustuotekehitys eli NPD (englanniksi New Product Development) tarkoittaa konkreettisesti uuden tuotteen kehittämistä. Huhtalan ja Pulkkinen (2009, 52) mukaan Cooper, Edgett ja Kleinschmidt (2002) jaottelevat uuden tuotteen kehittämisen kuuteen eri kategoriaan. Uusi tuote voi olla

- nykyinen tuote uusille markkinoille
- nykyisen tuotteen kustannusten alentaminen
- nykyisen tuotteen parannus
- lisäys tuotteistoon
- uusi tuote yritykselle
- uusi tuote maailmassa. (Huhtala & Pulkkinen 2009, 52.)

Näistä vähiten uusin on nykyinen tuote, jolla tavoitellaan uusia markkinoita. Suurin arvo on uudella tuotteella koko maailmassa. Suurin osa tuotekehitysprojekteista sijoittuu näiden kahden ääripään väliin. Yhä useammin nykyisen kehitysuunnan mukaan tuotekehitysprojekteissa kehitettävät tuotteet ovat johdannaisia olemassa olevasta perustasta (Huhtala & Pulkkinen 2009, 52). On helpompaa lähteä luomaan uutta tuotetta jo olemassa olevan pohjalle. Tämä vapauttaa resursseja, koska voidaan keskittyä tiettyjen ominaisuuksien parantamiseen. Luomalla uusia tuotteita olemassa olevien perustalle pyritään säästämään projektin kustannuksissa.

2.2.1 Prototyyppi

Prototyyppi on konkreettinen askel kohti valmista tuotetta tuotekehitysprojektissa. Prototyyppi tarkoittaa tuotteen likimääräistä arviota yhden tai useamman kiinnostavan ominaisuuden mukaan. Tämä tarkoittaa, että otetaan tuotekehitysprojektin tuotoksena syntyvästä tuotteesta yksi tai useampi kiinnostava ominaisuus, joista tuotetaan ensimmäinen konkreettinen koeversio. Näin ominaisuuksia päästään testaamaan käytännössä. Tällä voidaan tarkoittaa esimerkiksi laitteen moottorin tai ohjelman testausta omana kokonaisuutenaan. (Ulrich ja Eppinger 2000, 291.)

Yhden kiinnostavan ominaisuuden lisäksi voidaan tehdä suoraan koko tuotteen kattava koeversio. Tällöin puhutaan koerakentamisesta (engl. prototyping). Koerakentaminen tarkoittaa kehitysprosessia, jossa kehitetään tuotteesta likimääräinen ja toiminnallinen koeversio. Prototyypit voidaan jakaa kahteen eri määreesseen. Ensimmäisessä prototyyppi muuttuu analyyttisestä fyysiseksi. Toisessa prototyyppi on kokonaisvaltainen keskittyneen sijaan. (Ulrich ja Eppinger 2000, 291.) Tässä kehittämistyössä keskitytään kokonaisvaltaiseen prototyyppiin. Sen tarkoituksena on olla täysin toiminnallinen versio uudesta laitemallista. Laitteella päästään kokeilemaan asennusten toimivuutta sekä laitteen toiminnallisuutta käytännössä.

Uustuotekehitysprojektissa täytyy aina varmistua tuotteen toiminnasta prototyyppivaiheessa. Prototyypille suoritetaan hyväksyntätestit. Hyväksyntätesteillä tarkoitetaan ennen toimittamista tai julkaisua tehtävää toiminnallista koekäyttöä, jossa testataan tuotteen vastaavuutta sen määritelmään. Testeillä varmistetaan, että tuote täyttää laadun ja suunnittelun osalta laki- ja sopimussääteiset velvoitteet turvallisuuden, kestävyuden ja toiminnallisuuden suhteen. (Hayes 2020.)

Yleisesti prototyyppilaitteelle tehdään tehdashyväksyntätestit (FAT) ja paikan päällä tehtävät hyväksyntätestit (SAT). Tehdastestit tehdään yrityksen tiloissa ja niillä varmistutaan laitteen toimivuudesta. Paikan päällä tehtävät hyväksyntätestit suoritetaan asiakkaan tiloissa ja niillä varmistutaan laitteen todellisesta toimivuudesta autenttisessa toimintaympäristössä. Tehdastestit pitää olla suoritettuna ennen asiakastestejä. (dxpe.com 2020.) Tehdastesteissä voidaan testata tarkemmin joitain uusia ominaisuuksia, kuten hydrostaattisen ajovoimasiirron toimintaa

eri tilanteissa. Tehdastesteissä myös verifioidaan eri arvoja, kuten öljynpaineita, tuotantoa varten. Asiakkaan tiloissa tehtävissä testeissä varmistetaan, että laite toimii asiakkaan tahtotilan mukaan. Testeissä testataan lisäksi, että laite soveltuu asiakkaan järjestelmiin. Näin varmistutaan, että laite on valmis tuotannon ylösajoprosessiin.

2.2.2 Ramp up

Tuotannon ylösajoprosessi eli ramp up -prosessi on tärkeä osa uustuotekehitysprosessia. Tuotannon ylösajoprosessi on vaihe NPD-prosessissa, jossa prototyyppituotanto muutetaan sarjatuotannoksi. (Kampker ym. 2014, 75.) Ulrich ja Eppinger (2000, 16) määrittelee tuotannon ylösajoprosessin vaiheeksi, jossa tuote tehdään tarkoitetulla tuotantotavalla. Tarkoituksena on opettaa työntekijöitä ja poistaa jäljellä olevat ongelmat tuotantoprosessista. Kampkerin ja muiden (2014, 75) mukaan Wangenheim (1998) on määritellyt avaintekijät, jotka ramp up -laitteiden pitää täyttää. Näistä kaksi ovat tuotannon tuotantomäärien nostaminen ja työntekijöiden pätevoittäminen.

Tuotannon ylösajoprosessi on siirtymävaihe prototyypistä tuotantovaiheeseen. Se voi sisältää useita ramp up -laitteita, joiden aikana tuotetta parannetaan koko ajan. Tuotekehitysprojektissa tuotetun informaation käyttämisellä on olennainen osa tuotannon työntekijöiden pätevoittämisessä. Informaatiosta voidaan tehdä esimerkiksi ohjeita, joiden avulla työntekijöiden oppimisprosessia nopeutetaan.

2.3 Tuotteistaminen

Tuotteistamista voidaan ajatella informaation tuottamisena. Tarkemmin määriteltynä tuotteistaminen on standardoitu prosessi, jonka tavoitteena on tuottaa tuotetusta informaatiosta korkealaatuinen kaupallinen tuote tai palvelu, joka on elinvoimainen markkinoilla. Prosessina se tuo lisäarvoa hyödyntämällä yrityksen poikkialaisia toimintoja tuotekehitysprojektin alkuvaiheessa jatkuvasti kehittyvänä

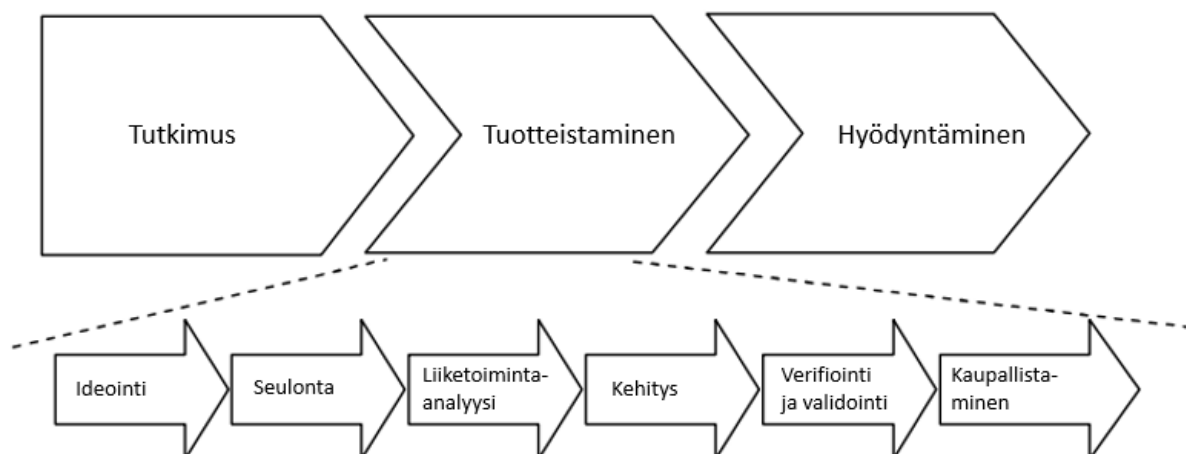
resurssina. Tuotteistaminen korostaa laatua, asiakaslähtöisyyttä ja markkinalähtöisyyttä koko prosessin ajan. Tuotteistamisen painopisteet voidaan johtaa sen määritelmästä. Painopisteet ovat:

- Tuotteistaminen alkaa tuotetusta informaatiosta.
- Tuote on elinvoimainen markkinoilla.
- Tuote on korkealaatuinen suhteessa hintaan.
- Tuote on standardoidun prosessin tulos. (Suominen, Kantola & Tuominen 2009, 11.)

Tuotteistamiselle kaiken alku on siis informaatio. Informaation avulla ja sitä dokumentoimalla saadaan prosessia standardoitua, mikä on yksi tuotteistamisen painopisteistä. Prosessia saadaan konkreettisesti standardoidummaksi tuottamalla työohjeita tai vakioimalla työjärjestystä.

Tuotteistamisen tavoitteena on paketoita teknologia tai tuote siten, että asiakas pystyy ymmärtämään sen sisällön ennen ostamista. Tuotteistaminen asiakkaan hyödyn maksimoinniksi sekä organisaation tavoitteiden saavuttamiseksi sisältää tarjonnan määrittelyn, kuvauksen, parantamisen, tuottamisen sekä jatkuvan kehittämisen. (Simula, Lehtimäki & Salo 2008, 4–5.) Voidaan siis ajatella, että yrityksen jatkuva parantaminen on osa omien palveluiden tuotteistamista. Tarjonnan valmiuden noustessa tuotteistamisen laatu ja tämän lopputuloksena käsitteellisyden taso kasvaa. Tämän johdosta tuote tai palvelu on helpompi esitellä loppuasiakkaalle (Simula ym. 2008, 6.)

Standardoitu innovaatioprosessi voidaan jakaa yksinkertaistettuna kolmeen osaan (kuvio 1). Nämä osat ovat tutkimus, tuotteistaminen ja hyödyntäminen. Tutkimuksessa tuotetaan tieteellistä ja teknistä informaatiota, tuotteistamisessa muokataan tieto tuotteen muotoon ja hyödyntämisessä vastataan markkinan kysyntään.



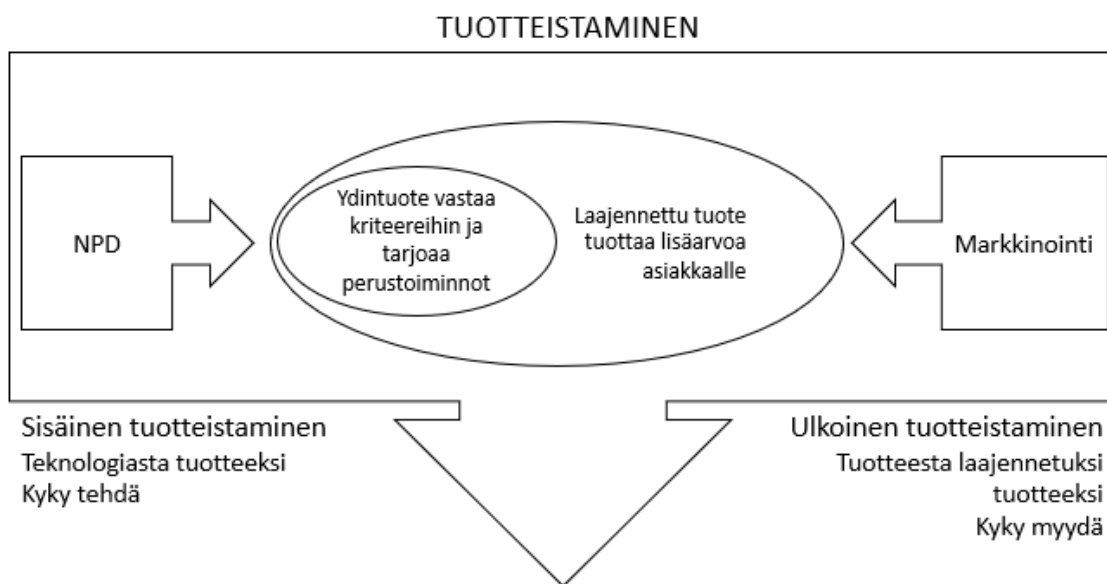
KUVIO 1. Tuotteistamisen arvo innovaatioprosessissa (Suominen ym. 2009, 13, muokattu.)

Innovaatioprosessin kuvaus muovaa ajatustapaa uustuotekehityksen ja tuotteistamisen välillä. Yleisempänä ajatustapana voidaan pitää, että uustuotekehitykseen kuuluu tuotteistaminen. Suominen ja muut (2009, 13) kuvaavat kuitenkin uustuotekehityksen yhtenä osana tuotteistamista. Tämän johdosta voidaan ajatella tuotteistamista yhtenä innovaatioprosessin pääosana, ja uustuotekehitystä pienenä osana, joka edistää tuotteistamista. Tuotteistaminen alkaa siis uuden tuotteen ideoinnista ja päättyy siihen, kun uusi tuote on kaupallistettu.

Innovaatioprosessin kuvausta voidaan käyttää hyväksi tässä kehittämistyössä. Tutkimusosuudessa tutkitaan ohjeita ja tuotetaan ohjeet. Tuotteistamisvaiheessa ohjeet tuotteistetaan eri tuotannon vaiheille ja jatkokehitetään ohjetta. Tuotteistaminen sisältää myös kaupallistamisen. Kaupallistaminen on rinnastettavissa tämän työn osalta asentajien oikeanlaiseen motivointiin ohjeiden käytön ja kehittämisen suhteen. Kyseinen toimintatapa tulee ikään kuin myydä ideana asentajille toimintatavan vakioimiseksi. Tämän jälkeen ohjeita hyödyntävät asentajat, jotka käyttävät niitä oman oppimisprosessinsa nopeuttamisessa.

Tuotteistamista voidaan käsitellä yhtenäisenä nimittäjänä kattaen uustuotekehityksen sekä markkinoinnin näkökohdat tuotokeskeisestä näkökulmasta. Tällöin tuotteistaminen voidaan jakaa kuvion 2 mukaiseen sisäiseen ja ulkoiseen tuotteistamiseen. Sisäisen tuotteistamisen tavoitteena on luoda tuote, jota yritys voi jatkuvasti valmistaa kohtuullisilla kuluilla. Tarkoituksena on harmonisoida ja sys-

tematisoida tarjonnan toimitusprosessi ja sen lopputulos yrityksen sisällä. Käytännössä tämä tarkoittaa, että yrityksellä on resepti tuotteen valmistamiseen. Ulkoisen tuotteistamisen tarkoituksena on taas parantaa sisäisen tuotteistamisen aikana luodun tuotteen tarjonnan näkyvyyttä ja konkreettisuutta asiakkaalle. Lisäksi pyrkimyksenä on kasvattaa asiakkaiden kokemaa tuotteen arvoa muun muassa brändin avulla tai myynnin jälkeisillä palveluilla. (Simula ym. 2008, 7–8.)



KUVIO 2. Tuotteistamisen käsitteellinen kuvaus (Simula ym. 2008, 7, muokattu.)

Tämän kehittämistyön osalta keskitytään sisäiseen tuotteistamiseen. Sillä voidaan ajatella tarkoitettavan uustuoteprojektin tuotteistamista. Uustuoteprojektin tuotteistamisella tarkoitetaan informaation tuottamista tuotannolle laitteen prototyyppivaiheesta. Tällä toimenpiteellä pyritään nopeuttamaan oppimisprosessia testausvaiheiden osalta. Tuotteistamisen tavoitteena on dokumentoida prosessi niin tarkasti, että sitä voidaan toistaa uudelleen ja uudelleen päätyen samaan lopputulokseen. Kuitenkaan tarkoituksena ei ole standardisoida kaikkea työtä, vaan vähentää rutiinomaista työtä käyttäen valmiita pohjia ja alustoja. Tämä yleensä vapauttaa enemmän tilaa innovatiiviselle ajattelulle (Simula ym. 2008, 7). Luomalla ohjeet testausprosessin eri osa-alueista pyritään helpottamaan rutiinomaista työtä.

2.4 Standardointi

Standardointi on laadun ja jatkuvan parantamisen perusta. Minkä tahansa prosessin pitää olla standardoitu ennen kuin sitä voi parantaa (Liker 2004, 142). Työn standardointi mahdollistaa jatkuvan parantamisen. Kun työn suoritustapa on vakioitu ja työn lopputulos on epätoivottu, voidaan seurata standardityöohjetta ja osoittaa mahdollisesti siitä virheeseen johtava tapahtuma tai tehtävä.

Standardoinnilla tarkoitetaan yhdenmukaistamista. Suomen standardoimisliitto määrittelee standardisoinnin eli standardoinnin yhteisten toimintatapojen, kuten käytäntöjen, vaatimusten ja ratkaisujen laatimiseksi. Tämän tuotoksena syntyy standardeja. (Mikä on standardi? n.d.) Yritystoiminnassa puhutaan standardoidusta työstä. Sillä tarkoitetaan sitä, kuinka työ todellisesti tehdään rutiininomaisesti työpisteellä. Ideana standardoinnilla on tehdä tehtävät toistettaviksi, millä varmistetaan korkea tuottavuus sekä vähennetään lopputuloksen vaihtelevuutta. Vaihtelua pyritään vähentämään, koska se lisää väistämättä hukkaa. (Myerson 2017.) Lean-ajattelun mukaisesti kaikesta hukasta halutaan päästä eroon.

Standardoinnin lisäksi voidaan puhua toimintojen vakioinnista. Sillä tarkoitetaan tehtävien sekä niiden suoritusjärjestysten ja kestojen vakiointia. Näitä tietoja voidaan käyttää myös hyväksi niin tuotekehitysprosessin kuin muidenkin prosessien jatkuvan parantamisen perustana. (Huhtala & Pulkkinen 2009, 202.)

Toyotan tuotantojärjestelmä sisältää 14 eri periaatetta. Yksi periaatteista on standardoitujen tehtävien käyttäminen työntekijöiden sitouttamisen ja jatkuvan parantamisen perustana. Virtauksen ja imuohjauksen perustana on vakaiden ja toistettavien menetelmien käyttö kaikkialla. Tämä ylläpitää prosessien säännöllistä tuotantoa. (Liker 2004, 38.) Tässä työssä pyritään jo laitteen prototyypivaiheessa kehittämään uudelle laitemallille toistettavat menetelmät.

Liker (2004, 148) pitää standardointia mahdollistajana. Olennainen asia standardoinnissa on löytää tasapaino tiukkojen ohjeiden noudattamisen ja innovoinnin ja luovuuden välillä. Innovointi ja luovuus auttaa saavuttamaan johdonmukaisesti muun muassa laadun ja toimitusaikojen haastavat tavoitteet. Standardien pitää

olla tarpeeksi täsmällisiä, että niistä on hyötyä ohjeena. Niiden pitää silti olla riittävän yleisluontoisia pienen jouston ja innovoinnin sallimiseksi. Toinen olennainen asia standardien käytössä on niiden parantaminen. (Liker 2004, 148.) Standardeja parannettaessa on otettava mukaan henkilöt, jotka tekevät kyseistä työtä.

Standardeista tulee pakottavia, mikäli ne ovat jonkun muun laatimia tiukkoja ja käskeviä ohjeita. Työntekijät arvostavat eniten, jos heillä itsellään on mahdollisuus lisätä omia ideoita standardeihin. Lisäksi on tärkeää sallia yksilöllisyyden ja luovuuden parantaa standardia. (Liker 2004, 38, 148.) On tärkeää osallistaa asentajia ohjeiden ja standardien tekoon. Heillä on paras tieto liittyen työtehtäviin.

Organisaatio ei voi itse tuottaa tietoa, vaan tiedon tuottavat organisaatiolle työskentelevät henkilöt. On olemassa kahdenlaista tietoa; hiljaista, subjektiivista, (engl. tacit knowledge) ja täsmällistä, objektiivista, (engl. explicit knowledge). Hiljaisella tiedolla tarkoitetaan epätarkempaa ja yksityistä tietoa, joka on juurtunut yksilöihin. Täsmällisellä tai eksplisiittisellä tiedolla tarkoitetaan jaettua ja tarkkaa tietoa, konsepteja tai näkemyksiä, jotka ovat muokattavissa ohjeen tai prosessin muotoon. Täsmälliseen tietoon voi päästä käsiksi esimerkiksi organisaation toimintajärjestelmän kautta. (Huhtala & Pulkkinen 2009, 264; Loebbecke, van Fenema & Powell 2016, 6.)

Loebbecken ja muiden (2016, 6) mukaan hiljainen tieto sisältää esimerkiksi työntekijöiden kehittämät yhtenäiset rutiinit työntekoon. Kehittämistyössä on tärkeä saada hiljainen tieto muutettua täsmällisen tiedon muotoon. Muuttamalla hiljaista tietoa täsmälliseen muotoon, saadaan tieto kaikkien käyttöön ja estetään tiedon katoaminen. Siten ohjeista saadaan tarkkoja ja ne vastaavat asentajien suoritustapaa. Jos ohjeet tehtäisiin pelkästään teoreettiselta pohjalta, ne eivät vastaisi tekotapaa, mikä aiheuttaisi sen, että ohjeet jäävät käyttämättä epäkorrekteinä.

Toiminnan vakioimisen ja standardoinnin osalta työntekijät ovat tärkein tekijä. Huhtalan ja Pulkkinen (2009, 264) mukaan organisaatio voi tarjota olosuhteet, jotka tukevat yksilön tiedon jakamista muiden käyttöön organisaation sisällä. Tär-

keää on, että yritys kannustaa työntekijöitä niin lattia- kuin toimihenkilötasolla jakamaan omaa osaamistaan muille. Näin saadaan työntekijät kehittämään omaa suoritustasoaan sekä parantamaan prosessia ja laatua.

2.5 Valmistuksenohjausjärjestelmä MES

Valmistuksenohjausjärjestelmä on tehtaan lattiatasossa työn ja prosessien ohjaamiseksi ja hallitsemiseksi käytettävä ohjaus- ja tietojärjestelmä. Järjestelmä kerää tuotantotietoja työntekijöiltä, roboteilta ja laitenäytöiltä tyypillisesti reaaliajassa. (Myerson 2017.) Valmistuksenohjausjärjestelmällä pyritään parantamaan tuottavuutta sekä vähentämään tuotantoaikaa.

Tarkempi määritelmä valmistuksenohjausjärjestelmälle on järjestelmä, joka tuottaa informaatiota. Informaatio mahdollistaa tuotannon eri vaiheiden optimoinnin tilauksesta aina valmiiseen tuotteeseen asti. Valmistuksenohjausjärjestelmä raportoi, ohjaa ja vastaa käyttäen ajantasaista ja oikeaa tietoa tehtaan tapahtumista niiden tapahtuessa. Järjestelmä tuottaa kriittistä informaatiota tuotannon toiminnoista ja tuotantoon liittyvistä toimista kaksisuuntaisella yhteydellä läpi tuotantoketjun ja koko organisaation. (MES Explained: A High Level Vision 1997, 1.) MES helpottaa tehtaan lattiatasolla asentajien työtä yhdellä järjestelmällä, jossa pystyy seuraamaan kokoonpanon etenemistä ja löytämään ohjeet ja materiaalit suoritettavaan työtehtävään.

2.6 Toimintajärjestelmä

Yleisesti voidaan puhua laatu-, johtamis- ja toimintajärjestelmistä. Nämä termit voidaan yhdistää toimintajärjestelmän alle, joka sisältää kaikki kolme termiä. Toimintajärjestelmä on yksi työkalu toimintojen vakioimiseen. IMS-toimintajärjestelmä (engl. Integrated Management System) yhdistää kaikki organisaation prosessit ja tavoitteet toimimaan samojen suuntaviivojen ja tavoitteiden mukaan. Toisin sanoen riskejä ja mahdollisuuksia ei enää hallita omista lokeroistaan vaan ne yhdistetään organisaatiossa yhtenäisen johtoryhmän lähestymistavan alle. (Field, 2009.) Yksinkertaistettuna toimintajärjestelmä on johtamisjärjestelmä, jolla

voidaan toteuttaa standardien ohjeet ja vaatimukset yhdessä järjestelmässä. Siihen on yhdistetty työturvallisuuden ja -terveyden hallinta, laadunhallinta sekä ympäristönhallinta. (Moisio & Tuominen 2008, 5–7.)

Kuviossa 3 esitetään kolmen standardin yhdistymistä toimintajärjestelmässä yhtenäisiksi vaatimuksiksi, jotka ohjaavat yrityksen toimintaa. Nämä kolme standardia ovat työterveys- ja työturvallisuusjärjestelmät (ISO 45001:2018), laadunhallintajärjestelmät (ISO 9001:2015) sekä ympäristöjärjestelmät (ISO 14001:2015). ISO 45001:2018 on korvannut kirjallisuudessa käytetyn julkaisun OHSAS 18001:2017.



KUVIO 3. Toimintajärjestelmän sisältö (Moisio & Tuominen 2008, 7, muokattu)

Jokainen näistä kolmesta standardista asettaa omat vaatimukset, jotka yhdistetään toimintajärjestelmässä yhtenäisiksi. Alla on listattu jokaisen standardin tavoite selventämään toimintajärjestelmän yhdistettyjä vaatimuksia.

- ISO 45001:2018 Työterveys- ja työturvallisuusjärjestelmät. Tavoitteena standardilla on parantaa työntekijöiden turvallisuutta ja terveyttä, vähentää riskejä työpaikalla sekä luoda turvallisempia ja terveellisempiä työolosuhteita.

- ISO 14001:2015 Ympäristöjärjestelmät. Standardi määrittelee prosessin, vaatimukset ja tavoitteet, joilla organisaatio voi tavoitella kohti kestävästä kehitystä toiminnassaan ja saavuttaa ympäristöjärjestelmälleen asettamat halutut tulokset. Standardin avulla organisaatio voi tavoitteellisesti ja kokonaisvaltaisesti edistää kestävästä kehitystä ja parantaa ympäristöasioiden hallintaa.
- ISO 9001:2015 Laadunhallintajärjestelmät. Standardissa määritellään laadunhallintajärjestelmiä koskevat vaatimukset ja prosessit sekä ohjataan prosessimaisen toimintamallin käyttöön laadunhallinnassa. Standardi toimii pohjana organisaation laadunhallintajärjestelmälle.

Ohjelmistotoimittajat Arter ja Laatutieto määrittelevät toimintajärjestelmän ohjelmistoksi, jonka tarkoituksena on tuoda työtä ohjaava dokumentaatio, kuten prosessikuvaukset tai ohjeet, kaikkien saataville paikkariippumattomasti. Lisäksi sen tehtävänä on saattaa toimintatavat läpinäkyväksi koko organisaatiossa. Ohjelmisto on selainpohjainen ja sen avulla voidaan jatkuvan parantamisen periaatteiden mukaisesti parantaa ja yhtenäistää yrityksen toimintoja. (Arter n.d.; Laatutieto n.d.)

3 TUTKIMUS JA TOTEUTUS

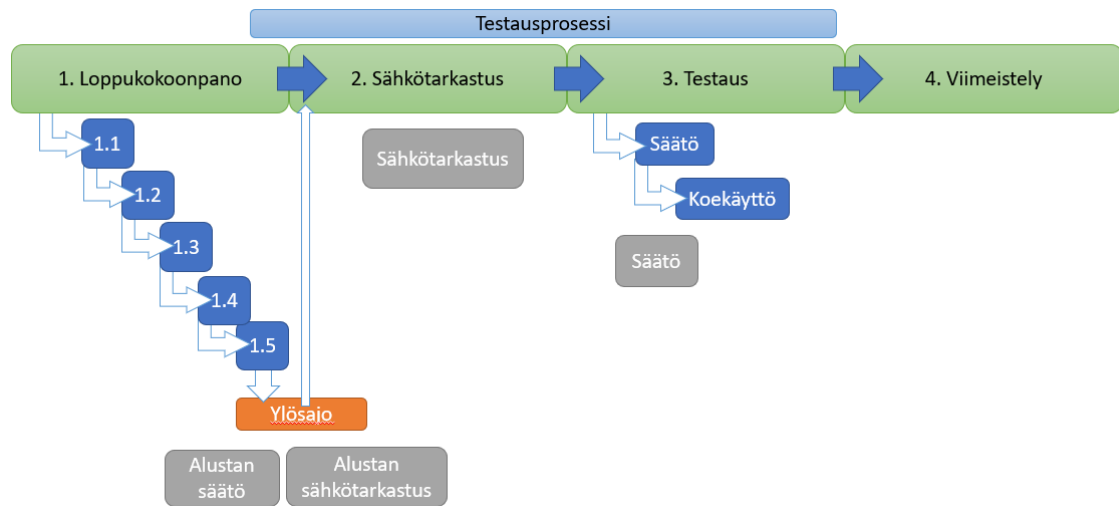
3.1 Kohdeyritys

Kohdeyritys on kansainvälinen teknologiateollisuuden yritys. Yritys on omalla alallaan markkinajohtajan asemassa. Kyseinen yritys valmistaa Suomessa laitteita muun muassa urakointiyrityksille.

Kohdeyrityksen tuotanto perustuu pääasiassa tilausvalmistukseen. Tuotteita tehdään myös sisäisten valmistuspäätösten perusteella, mikäli ennustetaan tuotteelle olevan mahdollinen asiakas. Sisäisillä valmistuspäätöksillä pyritään pitämään työkuorma tasaisena. Valmistettavat laitteet pohjautuvat pitkälti samanlaisiin alustoihin, mutta voivat sisällöltään vaihdella paljon aiheuttaen suurta vaihtelua kokoonpanoajoissa. Laitteet ovat tuoterakenteeltaan modulaarisia, mikä mahdollistaa eri moduuleiden valmistuksen loppukokoonpanovaiheen aikana. Tällöin optimaalisessa tilanteessa moduulit valmistuvat vain vähän ennen ajoitettua asennusta.

Kohdeyritys keskittyy ensisijaisesti kokoonpanoon. Tämä tarkoittaa sitä, että osien valmistus on ulkoistettu alihankkijoille. Kohdeyritys tekee laitteeseen vain yksittäisiä osia raaka-aineista itse. Laitteiden kokoonpano on jaettu kohdeyrityksessä useisiin eri vaiheisiin. Näitä vaiheita ovat esimerkiksi osakokoonpano, moduulikokoonpano ja loppukokoonpano. Loppukokoonpanon jälkeen tulee vielä erilaisia laitteen toiminnallisuuksiin ja viimeistelyyn liittyviä vaiheita.

Kohdeyrityksessä laitteen valmistusprosessi sisältää muun muassa kuviossa 4 olevat vaiheet. Kuviossa keskitytään laitteen valmistusprosessin eri vaiheiden kuvaamiseen. Harmaalla pohjalla olevat laatikot kuvaavat ohjeita ja niiden sijoittamista laitteen valmistusprosessiin. Alustan säädön ohje ja alustan sähkö tarkastuksen ohje sijoittuvat samaan vaiheeseen. Sähkö tarkastusohje liittyy sähkö tarkastusvaiheeseen ja säätöohje testausvaiheeseen.



KUVIO 4. Laitteen valmistusprosessin vaiheet

Loppukokoonpano on jaettu viiteen eri vaiheeseen. Jokaiselle vaiheelle on määritetty kokoonpanotehtävät ja niiden järjestys. Eri vaiheiden tehtäviä voi suorittaa myös limittäin, koska jokaisella vaiheella on mekaanisia ja sähköisiä asennustehtäviä. Suurin osa suoritettavista asennuksista on tehtävä kuitenkin standardoidun työjärjestyksen mukaan.

Loppukokoonpanon viides vaihe sisältää laitteen ylösajon. Laitteen ylösajolla tarkoitetaan laitteen perustoimintojen säätämistä toiminnalliseksi. Se sisältää muun muassa nesteiden tankkauksen, turvallisuustoimintojen säädön sekä ajotoimintojen säätämisen. Ylösajon jälkeen laitteelle tehdään vielä mekaaninen ja sähköinen laatutarkastus, millä tunnistetaan laitteessa mahdolliset olevat viat ja korjataan ne. Tällä varmistetaan, että laite on valmis luovutettavaksi seuraavalle vaiheelle eli sähkötarkastukselle.

Sähkötarkastuksessa tarkastetaan ja varmistetaan laitteen sähköturvallisuus. Sen aikana otetaan käyttöön laitteen toiminnot verkkovirralla käytettynä. Laitteissa voi olla jopa 1000 V käyttöjännite, joten laitteen sähköturvallinen käyttö on ehdottoman tärkeää. Sähkötarkastus suoritetaan erillisessä, rajoitetussa tilassa. Sähköturvallisuuslaki määrittelee, että sähkötöitä tekevässä yrityksessä on oltava sähkötöiden johtaja. Hän vastaa, että ennen käyttöönottoa sähkölaitteet ovat lain edellyttämässä kunnossa. Lisäksi sähkötöiden johtaja vastaa, että sähkötöitä

tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016). Sähkö-tarkastuksen saa kohdeyrityksessä tehdä ainoastaan yrityksen sähkötoiden joh-tajan nimeämät henkilöt.

Sähkötarkastuksesta seuraava vaihe on testaus. Testaus pitää sisällään laitteen säädön ja kalibroinnin sekä koekäytön. Säädössä ja kalibroinnissa säädetään laite käyttötarkoitusta vastaavaan kuntoon sekä kalibroidaan esimerkiksi anturit. Tämän jälkeen laite viedään aitoon toimintaympäristöön, jossa se koekäytetään ja varmistetaan laitteen toimivuudesta. Tällä varmistetaan, että asiakas saa var-masti käyttöympäristöönsä sopivan laitteen.

Laitteen testauksen jälkeen suoritetaan viimeistely. Siinä korjataan mahdolliset viat, maalataan laite uudelleen ja suoritetaan viimeiset testit ja tarkastukset en-nen asiakkaalle toimitusta.

Tässä työssä keskitytään loppukokoonpanovaiheen viimeiseen vaiheeseen sekä tämän jälkeisiin tarkastus- ja testausvaiheisiin. Testausprosessilla tarkoitetaan opinnäytetyössä laitteen loppukokoonpanossa tapahtuvaa ylösajoa, tämän jäl-keistä sähkötarkastusta sekä säätöjä ennen koekäyttöä.

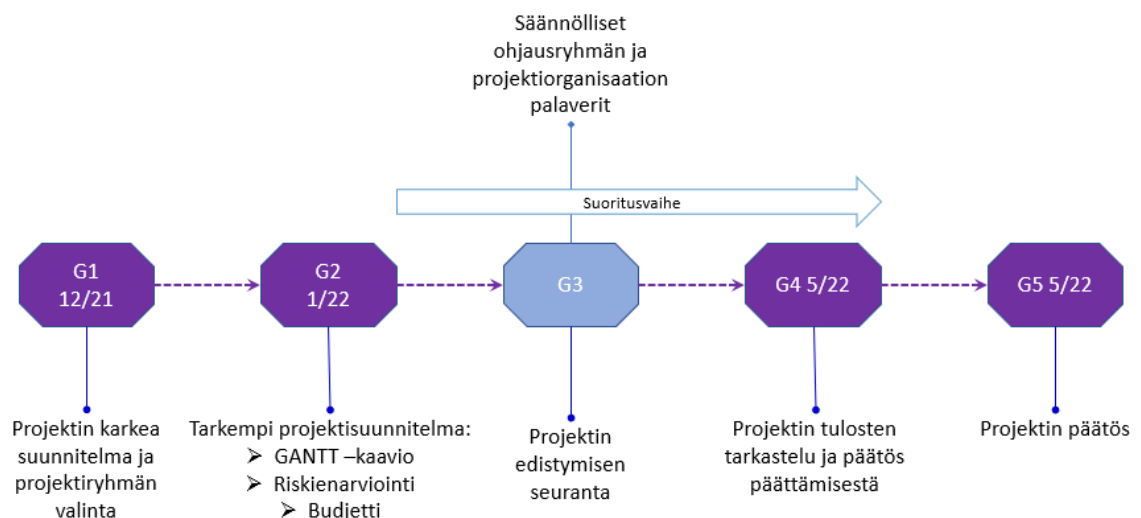
3.2 Projektimalli

Yrityksessä käytetään portti-projektimallia tuotannon sisäisissä projekteissa. Ky-seinen projektimalli on jaettu viiteen eri porttiin. Nämä ovat projektin asetus, suunnittelu, toteutus tai seuranta, tulosten esittely ja päättäminen. Jokaisesta portista eteneminen vaatii erillisen porttipalaverin, jossa projektin ohjausryhmä ja omis-taja tekee päätöksen ja antaa luvan edetä seuraavaan vaiheeseen. Portista ete-neminen sisältää yleensä ehtoja, joiden pitää täytyä ennen seuraavaan vaihee-seen siirtymistä. Tässä projektissa opinnäytetyön tekijä toimii projektipäällikkönä. Ohjausryhmään sisältyy projekti-insinööri, kehitysinsinööri sekä NPD-manageri, joka toimii samalla projektin omistajana.

Portti-projektimalli on tärkeä työkalu isojen projektien läpiviemiseen ja se tuo sel-keyttä vaiheistukseen. Myös pienemmissä projekteissa kyseinen malli on hyvä

väline projektinhallintaan. Kehittämistyön projektimalli ja karkea aikataulu esitetään kuviossa 5. Kehittämistyö aloitettiin joulukuussa 2021 ja varsinainen suoritusosuus alkoi tammikuussa 2022. Työ saatiin päätökseen toukokuussa 2022. Projektin asetusvaiheessa (G1) projektin omistaja esittää työn taustan ja selvittää kokonaisuuden edellytykset. Samalla määritetään projektipäällikkö, jonka vastuulla projektin läpivienti on. Tässä vaiheessa tehdään karkea suunnitelma projektille. Suunnitteluvaiheessa (G2) projektipäällikkö tekee tarkan projektisuunnitelman, joka sisältää vähintään aikataulun esimerkiksi GANTT-kaaviona, riskienarvioinnin sekä budjetoinnin. Tässä projektissa G2-portista etenemisen ehtoina olivat aikataulusuunnitelma sekä tarkka projektisuunnitelma. Budjetin osalta arvioitiin eri sidosryhmien ajallisten resurssien tarvetta.

Tämän vaiheen jälkeen alkaa suoritusvaihe. Jos asiat menevät suunnitelman mukaan, pienemmissä hankkeissa toteutusvaiheessa (G3) ei tarvitse erillistä porttipalaveria. Kyseinen palaveri on tarpeen, mikäli tulee merkittäviä muutoksia tai myöhästymisiä projektiin. Tässä vaiheessa projektia seurataan säännöllisesti ohjausryhmän kanssa esimerkiksi viikoittain ja koko projektiorganisaation kanssa kuukausittain. Pienemmissä projekteissa esittely (G4) ja päätös (G5) voidaan yhdistää. Neljännessä vaiheessa esitellään projektin tuloksia ja haetaan lupaa edetä päätösvaiheeseen, jossa projekti päätetään.



KUVIO 5. Portti-projektimalli

3.3 Sisäisen asiakkaan vaatimusten toteuttaminen

Sisäisen asiakkaan työsuorite on riippuvainen sisäisen toimittajan työn tasosta, mikä vaikuttaa aina asiakkaan vaatimusten täyttämiseen. Sisäisten asiakkaiden vaatimusten täyttymistä voidaan tukea laatutarkastusten ja tarkastuspöytäkirjojen avulla.

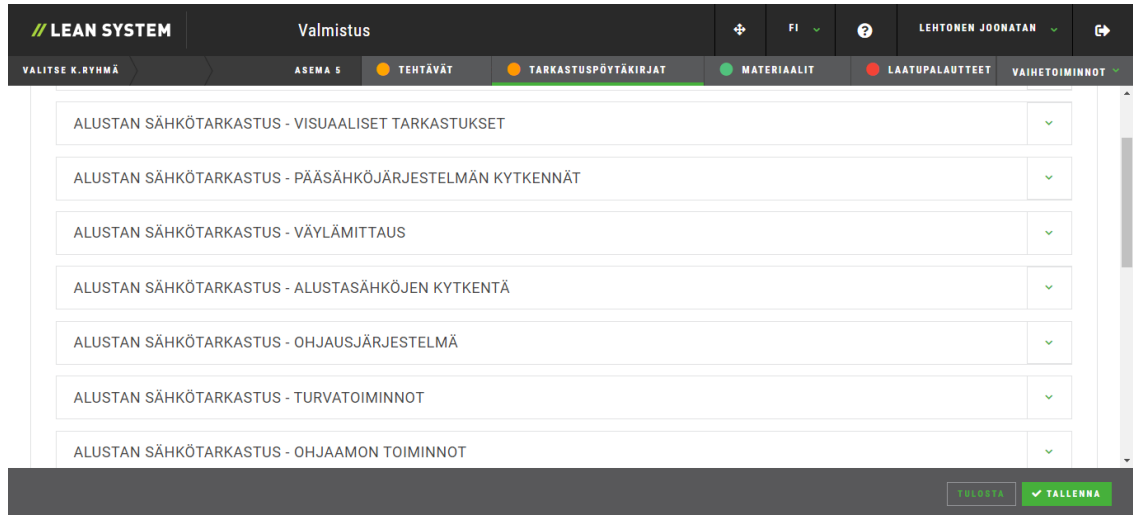
Kohdeyrityksessä tuotannon eri vaiheista voidaan puhua sisäisinä asiakkaina. Tavoitteena on aina pyrkiä toimittamaan laite sisäiselle asiakkaalle ajallaan ja vaaditussa kunnossa. Tavoitetilana on toimittaa laite sisäiselle asiakkaalle ilman avoimia laatupoikkeamia tai puutteita. Tämä tarkoittaa, että tarkastuspöytäkirja pitää olla täytetty oikein ja kaikki kohdat on kuitattu. Laitteen voi toimittaa seuraavalle vaiheelle viollisena tai puutteellisena vain poikkeustapauksissa. Tämä vaatii kuitenkin esihenkilön luvan sekä silloin pitää tiedottaa seuraavaa vaihetta mahdollisista vioista tai puutteista. Yhtenäistetyt toimintatavat sekä ohjeet helpottavat työtä ja auttavat ongelmatilanteissa.

3.3.1 Tarkastuspöytäkirja

Yrityksellä on käytössä valmistuksenohjausjärjestelmä MES. Asentajat käyttävät järjestelmää muun muassa kokoonpanon edistymisen seurantaan, imuohjattavan materiaalin pyytämiseen sekä asennusohjeiden hakemiseen. Jokainen kokoonpanoon liittyvä työtehtävä on eritelty järjestelmään standardityöjärjestyksen mukaisesti, mikä helpottaa työn tekemistä. Kyseisestä prototyypilaitteesta tehtiin toisessa kehittämissä kyseiset ohjeet. Valmistuksenohjausjärjestelmässä on sähköinen tarkastuspöytäkirja tarvittaville vaiheille.

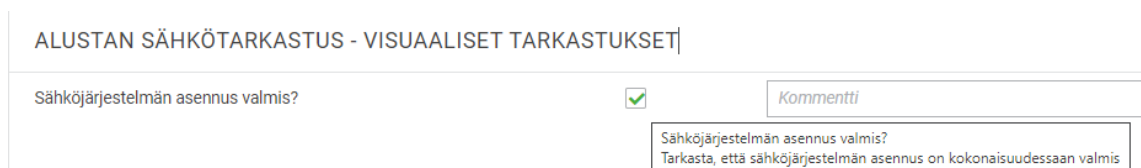
Työn seuraamista ja laadun varmistamista parantaa yhtenäinen järjestelmä, jossa voidaan seurata työn etenemää ja vaatimusten täyttymistä. Kohdeyrityksessä lähes kaikkien työvaiheiden, kuten myös alustan sähkö tarkastuksen ja alustan säädön tarkastusten ja tehtävien, edistymistä seurataan valmistuksenohjausjärjestelmän avulla. Järjestelmässä on tarkastuspöytäkirja, jossa kuitataan tarkastukset ja tehtävät tehdyksi sekä lisätään pyydetyt jäljitystiedot ja mitatut arvot.

Kuva 1 on tarkastuspöytäkirjan osittainen näkymä alustan sähkö tarkastuksessa. Yrityksessä on vasta siirrytty käyttämään tarkastuspöytäkirjoja MES-järjestelmässä erillisen tietokannan sijaan. Tämä helpottaa ja selkeyttää pöytäkirjojen käyttöä, koska ne löytyvät samasta järjestelmästä. Samassa MES-järjestelmässä tehdään myös osapuute- ja laatu poikkeamailmoitukset töihin liittyen.



KUVA 1. MES-tarkastuspöytäkirjan näkymä (Muokattu)

Kommenttikenttään voi jättää tietoja tai huomioita liittyen tarkastukseen. Viemällä tietokoneen osoittimen kuittauslaatikon päälle tulee esiin lisäohjeteksti, jossa voi olla tarkentavia ohjeita tarkastukseen tai säätöön. Teksti voi olla esimerkiksi ohjeesta poimittu olennainen tarkastukseen liittyvä informaatio. Lisäohjeteksti näkyy kuvassa 2.



KUVA 2. Alustan sähkö tarkastuksen pöytäkirjan lisäohjeteksti

3.3.2 Laatutarkastus

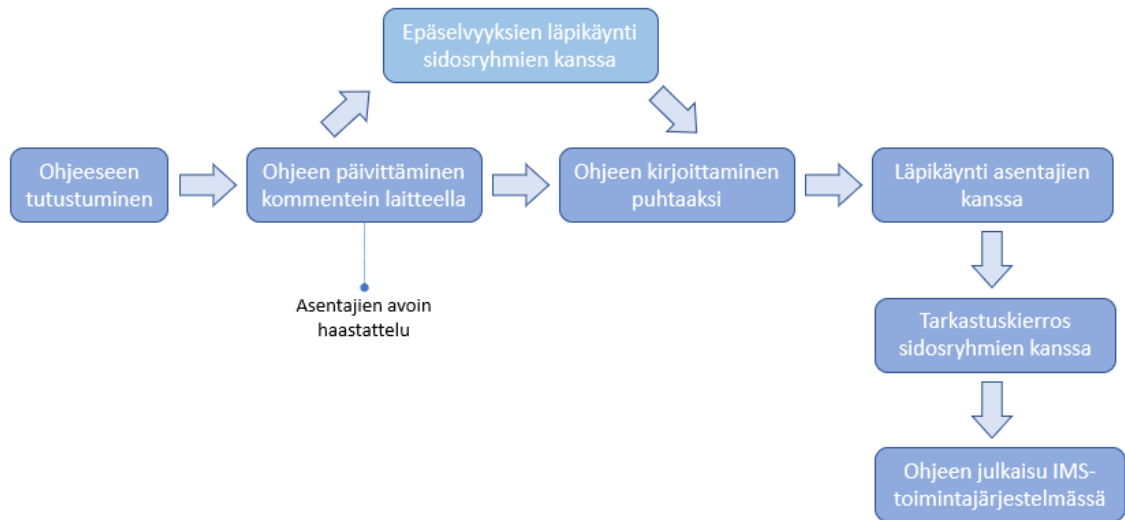
Yksi keino sisäisen asiakkaan vaatimusten toteuttamisen seurantaan on laatutarkastus. Kun käytössä ovat vakioidut toimintatavat koko yrityksen sisällä, pystytään helpommin varmistumaan laadusta. Lisäksi pitää olla prosessi, jolla todetaan, seurataan ja analysoidaan suoriutumisen tasoa suhteessa laatuun.

Kohdeyrityksessä on käytössä laatutarkastusprosessi. Prosessia ylläpidetään säännöllisesti sekä suoriutumista valvotaan ja analysoidaan. Laatutarkastuksella pyritään estämään vikojen pääsy seuraavalle vaiheelle tuotannossa. Sillä varmistetaan, että laite on tehty mahdollisimman virheettömästi ja mahdolliset virheet huomataan ja korjataan ennen laitteen siirtymistä seuraavalle vaiheelle. Esimerkiksi loppukokoonpanon viimeisenä tehtävänä on sähköinen ja mekaaninen laatutarkastus. Tällä toimenpiteellä varmistetaan, että laite on valmis toimitettavaksi sisäiselle asiakkaalle eli sähkö tarkastukseen.

Loppukokoonpanon lopussa tehtävät laatutarkastukset ovat yhteydessä alustan säätö- ja sähkö tarkastusohjeisiin. Ohjeissa ohjeistetaan tarkastamaan kytkentöjen laatua sekä siisteyttä. Ohjeiden mukaan toimittaessa ja tarkastuspöytäkirjan mukaan edetessä pitäisi välttyä vioilta. Optimaalisessa tilanteessa, kun tarkastuspöytäkirja on täytetty täysin, laatutarkastus on vain vaaditun laatutason toteamista.

3.4 Toteutus

Kehittämistyön aikana tehty ohjeiden muokausprosessi esitetään kuviossa 6. Prosessi aloitettiin tutustumalla ohjeiden nykytilaan. Aikaisemmille laitemalleille oli käytössä tuotannossa muutamia eri versioita ohjeesta. Laitteelle, johon uusi laite pohjautuu, oli rinnakkain käytössä 3 erillistä ohjetta. Tässä työssä ohjeet haluttiin jaotella selkeästi kahteen eri ohjeeseen, alustan säätöön ja alustan sähkö tarkastukseen.



KUVIO 6. Ohjeiden muokkauksen prosessi

Tämän jälkeen asentajien työtä seurattiin tuotantotiloissa laitteen vieressä kokonpanoruudussa. Selkeiden kokonaisuuksien jälkeen käytiin olemassa olevaa ohjetta läpi ja kommentoitiin eroavia kohtia. Kommentoinnin jälkeen ohje kirjoitettiin puhtaaksi. Tämän rinnalla selvitettiin epäselvyyksiä liittyen tarkastuksiin ja säätöihin eri sidosryhmien avulla. Apuna käytettiin suunnittelijoiden, laadunohjaajien ja kehitysinsinöörien apua. Kun ohje saatiin kirjoitettua puhtaaksi, käytiin se vielä läpi asentajien kanssa. Tällä varmistettiin oikeat sanamuodot ohjeessa sekä ohjeiden yksiselitteisyys. On tärkeää, että ohje on yksiselitteinen, eikä siinä ole sekaannuksen mahdollisuutta.

Tämän läpikäynnin jälkeen ohje käytiin läpi uudestaan laadunohjaajan ja kehitysinsinöörin kanssa sekä järjestettiin katselmointi, jolla saatiin hyväksyntä ohjeen julkaisemiselle. Esimerkiksi sähkötöihin liittyvissä ohjeissa hyväksynnän antaa yrityksen sähkötöiden johtaja. Hyväksynnän jälkeen ohjeet julkaistaan toimintajärjestelmässä. Ohjetta julkaistaessa ohjeelle määritetään järjestelmässä vastuuhenkilö, jonka on pidettävä ohje ajan tasalla.

Kehittämistyössä tutkimus tehtiin avoimella haastattelulla. Avoin haastattelu todettiin parhaaksi tutkimustavaksi, koska se on vapaamuotoinen haastattelu. Avoin haastattelu on haastatteluista lähimpänä keskustelua. Siinä haastattelija ohjaa keskustelua ja selvittää haastateltavien käsityksiä, mielipiteitä ja ajatuksia. Keskustelun ohjaus on haastattelijan vastuulla ja aihe voikin muuttua keskustelun aikana. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 209–210.)

Avoimessa haastattelussa keskustelu voi lähteä ajautumaan sivuraiteille, joten haastattelijan täytyy pitää langat käsissään ja johdattaa keskustelua takaisin oikeaan suuntaan. Tämä korostuu etenkin, kun haastattelussa on useampia henkilöitä ja haastattelu tehdään vilkkaassa ympäristössä, esimerkiksi laitteen kokoonpanoruudussa työtehtävien ohessa. Toisaalta haastattelija ei saa liikaa ohjailta keskustelua, ettei haastateltavien innovointi kärsi. Avoin haastattelu vaatii paljon aikaa ja useita haastattelukertoja, jotta päästään haluttuun lopputulokseen.

Ohjeiden sisällön nojaa vahvasti asentajien empiiriseen kokemukseen sekä ammattitaitoon, mikä tukee avoimen haastattelun käyttöä tutkimustapana. Kyseisellä tutkimustavalla saatiin helpoiten tuotua ilmi erot ohjeiden tekotapojen ja asentajien tekotapojen välillä. Lisäksi avoin haastattelu mahdollisti asioiden tarkastelun useamman henkilön näkökulmasta samanaikaisesti. Näin saatiin yhdistettyä useamman eri lähteen tekotapa parhaaksi. Lean-ajattelun mukaista on tekotapoja yhdistelemällä löytää paras suoritustapa ja standardisoida se. Työn ohessa kokoonpanoruudussa tehdyllä avoimella haastattelulla pyrittiin löytämään alkuperäisistä ohjeista kohdat, jotka ovat aiheuttaneet virheitä tai sekaannuksia tuotannossa.

3.5 Ohjeet

Alla olevissa kappaleissa käsitellään ohjeita ja niihin liittyviä toimenpiteitä ja tarkastuksia. Nämä ohjeet liittyvät tuotannon eri vaiheisiin, joita on käsitelty ylempanä.

Opinnäytetyössä käsiteltiin neljää ohjetta kolmelta eri tuotannon vaiheelta. Nämä ohjeet ovat alustan säätö, alustan sähkö tarkastus, sähkö tarkastus ja säätö. Alustan säätö ja alustan sähkö tarkastus sijoittuvat samalle tuotannon vaiheelle eli lopukokoonpanon viidennelle vaiheelle. Näille ohjeille oli olemassa edelliseen laitemalliin pohjautuva ohje. Niitä käytettiin pohjana ohjeiden teossa. Säätohje sijoittuu testausvaiheeseen. Sähkö tarkastukselle ja säädölle ei ole yrityksessä käytössä olevaa valmista ohjetta.

Jokaiselle vaiheelle on määritelty tarkastuspöytäkirja. Tarkastuspöytäkirjasta saatiin kopioitua tarkastuskohdat sähkö tarkastuksen ja säädön ohjeeseen. Etenkin sähkö tarkastuksen osalta tarkastusjärjestys ei vastannut päärakennetta, joten sitä yhtenäistettiin huomattavasti. Tarkastuskohtia kuitenkin pystyttiin käyttämään perustana ohjeessa.

3.5.1 Kehityskohdat

Kehittämistyön alussa tutustuttiin olemassa olevien ohjeiden sisältöihin ja rakenteeseen perinpohjaisesti. Näissä ohjeissa huomattiin useita kehityskohteita, joita pyrittiin parantamaan uusissa ohjeissa.

Kehityskohdiksi nostettiin tarkastusohjeen vastaamattomuus todellisen tarkastuksen kulkuun, vanhentuneet tai vanhempaan laitesukupolveen liittyvät ohjeet ja tarkastusohjeen kohtien ympärilyöreytys. Ympärilyöreydellä tarkoitetaan sitä, että ohjeessa ohjeistetaan tarkastamaan, että jokin toimii oikein tai lukema on normaali. Tämän takia tarkastuksella on voinut olla monia eri tulkintoja tai tekotapoja. Ohje ei kerro mitään tarkastuksen suorittamisesta tai sen hyväksymiskriteereistä. Vanhentuneilla ohjeilla tarkoitetaan tarkastuskohtia, jotka liittyvät ominaisuuksiin, joita ei ohjetta koskevasta laitteesta löydy. Joissain tarkastuskohdissa tarkastuksen kulku ja ohje eivät kohdanneet lainkaan.

Muun muassa näiden takia alustan sähkö tarkastuksen ohjeesta, jonka pohjalta alettiin päivittämään kehittämistyön ohjetta, oli venynyt 50 sivun mittainen. Liian pitkä ohje on raskas luettava ja se vaikeuttaa tiedon etsimistä ohjeesta.

3.5.2 Alustan säätö

Alustan säädöllä tarkoitetaan laitteen mekaanista käyttöönottoa ja alustan hydraulista säätämistä. Se sisältää pitkälti vain mekaanisia tai hydraulisia tarkastus- ja säätökohtia. Alustan säätö tehdään loppukokoonpanon viidennessä vaiheessa ja sen tekee mekaaninen asentaja, joka on osallistunut laitteen kokoonpanoon. Alustan säätö aloitetaan nesteiden tankkauksella laitteeseen. Seuraava vaihe on

laitteen moottorin käynnistäminen. Alustan säädössä tehdään tiivistä yhteistyötä sähköasentajien kanssa. Esimerkiksi nesteiden tankkaaminen sekä moottorin ensikäynnistys vaatii sähköasentajilta akkujen kytkentää. Laite tarvitsee virtaa käynnistyäkseen.

Seuraava vaihe laitteen säädössä on ilmausten ja painerajojen asetus. Näillä toiminnoilla varmistetaan laitteen hydrauliset ominaisuudet toimiviksi. Kun laite on säädetty hydraulisesti toimivaksi, suoritetaan kaikkien muiden toimintojen saattaminen toimintakuntoon. Toimintoja ovat esimerkiksi erilaiset pneumaattiset toiminnot. Tosin alustan säädön aikana kaikkia toimintoja ei saada toimivaksi, koska osa toiminnoista vaatii toimiakseen verkkovirtaa.

3.5.3 Alustan sähkö tarkastus

Alustan sähkö tarkastuksella tarkoitetaan alustan sähköpuolen käyttöönottamista ja säätämistä. Alustan sähkö tarkastuksessa tarkastetaan ja saatetaan toiminnalliseksi ainoastaan 24 V:n akuilla toimivat toiminnot. Lisäksi se pitää sisällään erinäisiä sähkötoimintoihin liittyviä tarkastuksia. Tarkastuksen kohdeyrityksessä suorittaa loppukokoonpanon viidennessä vaiheessa laitteella oleva sähköasentaja. Alustan sähkö tarkastuksessa ja säädössä mekaanisen ja sähköasentajan pitää tehdä yhteistyötä. Laitteen moottoria ei voi käynnistää ilman akkuja ja tiettyjä sähköisiä toimintoja ei voi testata ennen hydraulisia säätöjä.

Uudemman sukupolven laitteiden sähköpuolen tarkastuksiin on määritelty kohdeyrityksessä päärakenne, jolla pyritään harmonisoimaan uudemman sukupolven laitemallien ohjerakenteita. Tarkoituksena on vakioida suoritusjärjestys ja ohjeen otsikkotasot. Tällä halutaan helpottaa ohjeiden ylläpitoa ja yhtenäistää rakennetta. Kun ohjeissa on yhtenäinen rakenne ja vakioitu suoritusjärjestys, käyttäjien eli asentajien käyttökokemus paranee.

Alustan sähkö tarkastuksen ohjeen päärakenne esitetään kuviossa 7. Tarkastettavat kohdat jakautuvat kolmeen kategoriaan. Eri tarkastusmuodot ovat visuaalinen tarkastus, käyttöönottomittaus ja toiminnallinen tarkastus.

| | | |
|-----|--------------------------------|-----------------------------|
| 1. | Visuaalinen tarkastus | Visuaaliset tarkastukset |
| 2. | Pääsähköjärjestelmän kytkennät | |
| 3. | Väylämittaus | Käyttöönottomittaukset |
| 4. | Alustasähköjen kytkentä | |
| 5. | Ohjausjärjestelmä | Toiminnalliset tarkastukset |
| 6. | Turvatoimintojen testaus | |
| 7. | Ohjaamon toiminnot | |
| 8. | Nesteiden tankkaus | |
| 9. | Moottori | |
| 10. | Alustan toiminnot | |
| 11. | Toiminnot | |
| 12. | Optiot | |
| 13. | Työvaiheen lopputarkastukset | |

KUVIO 7. Alustan sähkö tarkastusohjeen pää rakenne (kohdeyrityksen materiaali)

Visuaalisilla tarkastuksilla tarkoitetaan silmämääräisesti tehtäviä kytkentöjen laadun ja siisteyden tarkastuksia. Niissä tarkastetaan kytkentöjen laatua ja oikeellisuutta sekä sähkökokoonpanojen siisteyttä ja vesireikiä. Tietyissä sähkökokoonpanoissa pitää olla vesireiät veden kertymisen estämiseksi kotelon sisälle.

Käyttöönottomittauksissa tarkastetaan väylämittauksilla CAN-automaatioväylien toimivuus. CAN (Controller Area Network) on ajoneuvokäyttöön alun perin kehitetty sarjaväyläjärjestelmä. CAN-väylä on parikaapelilinja, jota pitkin tieto siirtyy järjestelmän yksiköstä toiseen. Kyseinen väylä yhdistää esimerkiksi työlaitteen, jarrujen, moottorin ja käyttöliittymän ohjausyksiköt. (Hietikko, Alanen & Tiusanen 1996, 7.) Käyttöönottomittauksissa tarkastetaan myös ennen 24 V:n akkujen kytkeästä akkukytkentöjen turvallisuus. Kyseiset akut mahdollistavat tiettyjen laitteen toimintojen käyttämisen ilman moottoria tai laitteen kytkeästä sähköverkkoon.

Toiminnalliset tarkastukset sisältävät monia laitteen toimintoihin ja käyttöön liittyviä tarkastuksia. Tärkeimpänä on turvatoimintojen testaus. Siinä testataan muun muassa hätäseis-painikkeiden toiminta. Toiminta testataan yksitellen jokaisesta painikkeesta. Niitä sijaitsee kaikissa kriittisissä kohdissa laitetta, kuten ohjaamossa ja toimintojen ohjauksen lähetyksillä. Lisäksi turvatoimintojen tarkastuksessa testataan estokytkeiden ja liiketunnistimien toiminta. Toiminnalliset tarkastukset ovat pitkälti lukemien ja toimintojen oikeellisuuden tarkastamista.

3.5.4 Sähkötarkastus

Sähkötarkastuksessa sähkötarkastaja tarkastaa laitteen verkkovirralla toimivan sähköpuolen ja antaa luvan kytkeä sen sähköverkkoon sekä tarkastaa toiminnallisuuksia verkkovirralla. Jännitteen kytkemisellä tarkoitetaan laitteen kaapelin pistotulpan asennusta pistorasiaan. Sähkötarkastuksella on erittäin merkittävä rooli laitteiden sähköturvallisuuteen liittyen. Sähköturvallisuus kohdeyrityksessä perustuu muun muassa sähköturvallisuuslakiin, valtioneuvoston asetuksiin sekä työturvallisuusorganisaation omaan standardiin.

Kohdeyrityksessä ei ollut työn tekohetkellä saatavilla käytössä olevaa yleistä versiota sähkötarkastusohjeesta. Kyseinen ohje on kehitteillä toisessa projektissa samaan aikaan ja siitä saatiin luonnosversio käyttöön ohjeen tekoon.

Sähkötarkastukselle on määritelty pää rakenne, joka näkyy kuviossa 8. Kuten alustan sähkötarkastuksessa, myös sähkötarkastukseen sisältyy visuaalisia tarkastuksia, käyttöönottomittauksia ja toiminnallisia tarkastuksia.

| | |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| 1. Visuaalinen tarkastus | Visuaaliset tarkastukset |
| 2. Pääsähköjärjestelmän kytkennät | |
| 3. Sähköturvallisuusmittaukset | Käyttöönottomittaukset |
| 4. Jännitteen kytkentä | |
| 5. Turvatoimintojen testaus | Toiminnalliset tarkastukset |
| 6. Sähköjärjestelmän valvonnat | |
| 7. Pääsähköjärjestelmän toiminnot | |
| 8. Optiot | |
| 9. Työvaiheen lopputarkastukset | |

KUVIO 8. Sähkötarkastusohjeen pää rakenne (kohdeyrityksen materiaali)

Visuaaliset tarkastukset sisältävät esimerkiksi kytkentöjen laadun tarkastamista, momenttimerkintöjen tarkastamista ja siisteyden tarkastamista. Käyttöönottomittaukset ovat kriittinen osa sähkötarkastusta. Sähköturvallisuusmittauksilla varmistetaan laitteen turvallisuus ennen kytkentää sähköverkkoon. Koneturvallisuusstandardi EN 60204-1 liittyen koneiden sähkölaitteistoon määrittelee sähkötarkastuksessa tarkastettavia ja todennettavia ominaisuuksia. Standardi määrittelee mittaukset, jotka on tehtävä pienjännitepiirille ennen laitteen kytkemistä

sähköverkkoon. Näissä mittauksissa mitataan eristysresistanssi ja suojamaadoituspiirien jatkuvuus sekä tehdään jännitekoe. Kyseiset kohdat oli ohjeistettu ohjepohjassa sähkötöiden johtajan hyväksymällä tavalla ja niitä ei lähdetty muokata.

Tämän jälkeen kytketään jännite laitteeseen ja testataan siihen liittyviä toimintoja. Toiminnalliset tarkastukset aloitetaan tarkastamalla turvatoimintojen tarkoituksenmukainen toiminta. Tämän jälkeen testataan ja tarkastetaan ominaisuuksia, jotka toimivat laitteen ollessa sähköverkkoon kytkettynä. Työvaiheen lopputarkastuksiin sisältyy valmistelevia osuuksia liittyen testausvaiheeseen.

3.5.5 Säätö

Kohdeyrityksessä prototyyppien säädön ja testauksen suorittaa erillinen sisäinen organisaatio. Uuden laitteen kohdalla prototyyppilaitteelle pitää suorittaa tehdas hyväksyntätestit, jotka suoritetaan rinnakkain säädön ja testauksen kanssa. Tämän takia kyseinen ohje on ainoa, jossa ei ole käytetty asentajia apuna.

Yrityksen IMS-järjestelmässä ei ole uusille laitemalleille ohjetta säädöstä ja koekäytöstä. Vanhempien laitteiden tarkastuspöytäkirjaan on kirjattu tarkastettavat kohdat ja suoritusjärjestys. Tämän takia ohjeessa ei voitu käyttää pohjana vanhemman laitemallin ohjetta, vaan apuna käytettiin kyseisiä tarkastuskohtia. Niiden soveltuvuus käytiin kohta kohdalta läpi ja ne päivitettiin vastaamaan uutta laitemallia. Lisäksi lisättiin uusia kohtia tarpeen vaatiessa.

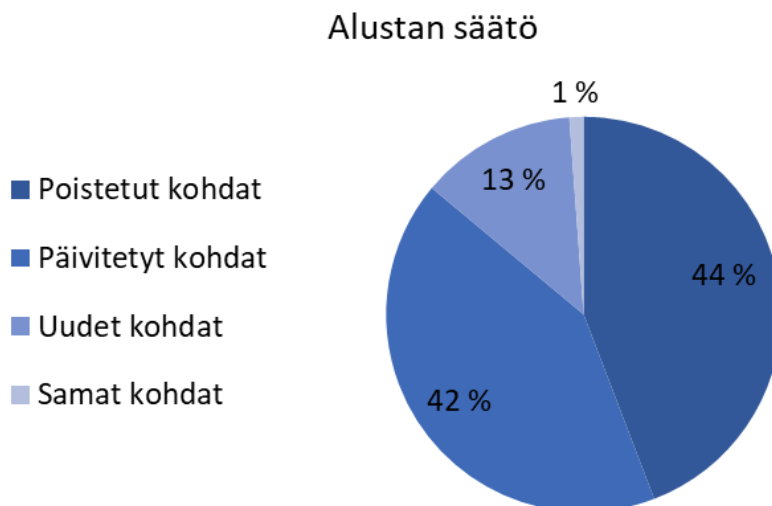
Testausvaihe jaetaan kehittämistyössä kahteen osaan, säätö- ja koekäyttövaiheeseen. Koekäyttövaiheen ohje on rajattu pois tästä työstä. Säätövaihe pitää sisällään erilaisia laitteen toimintoihin liittyviä säätöjä ja kalibrointeja. Laitteessa on paljon automatiikkaa, jonka toiminnassa käytetään erilaisia antureita. Näiden antureiden kalibrointi suoritetaan säädön aikana. Säätövaiheessa säädetään lisäksi erilaisia hydraulisia toimintoja, joita ei ole päästy säätämään aikaisemmin. Tällaisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi toimintojen käyttäminen verkkovirralla.

Kyseinen vaihe suoritetaan erillisessä tilassa, jossa on enemmän tilaa todeta laitteen toimivuus kaikissa asennoissa. Lisätila helpottaa myös kalibrointeja ja säätöjä, koska kokoonpanoruuduissa ei mahdu testaamaan kaikki tarvittavia toimintoja.

4 TULOKSET

Kehittämistyön tuloksena tehtiin uudelle laitteelle neljä ohjetta kolmelle eri tuotantovaiheelle. Ohjeista saatiin tarkoituksenmukaisemmat tukemaan vaatimustenmukaisuuden varmistamista. Ohjeista poistettiin ylimääräisiä tarkastuskohtia, lisättiin uusia tarkastuskohtia ja päivitettiin sekä selkeytettiin kohtia vastaamaan tarkastuksen kulkua uudella laitemallilla. Kaikkiin neljään ohjeeseen lisättiin sisällysluettelot. Niiden avulla käyttäjä pystyy helpommin siirtymään haluttuun kohtaan ja löytämään etsimänsä tiedon. Lisäksi alustan säädön ja alustan sähkötar- kastuksen osalta MES-järjestelmän tarkastuspöytäkirja päivitettiin vastaamaan tarkastusohjeita.

Alustan säädön ohjeen osalta sivumäärä kasvoi 21:stä 23:een. Sivumäärän kas- vua selittää tarkentavien kuvien lisäys sekä ohjeiden tarkennukset. Tarkastus- kohtien määrä väheni sivumäärän kasvusta huolimatta noin kolmanneksen. Ku- viosta 9 nähdään tarkastuskohtien kehitys alustan säätöohjeen osalta.

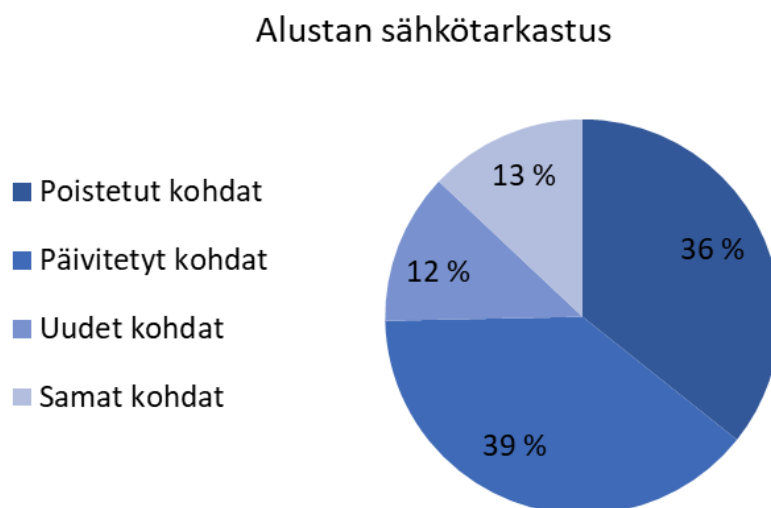


KUVIO 9. Alustan säätöohjeen muutos

Suurin osa alkuperäisistä tarkastuskohdista poistettiin tai päivitettiin vastaamaan uutta laitetta. Kohtien poistaminen johtuu siitä, että tarkastuskohtat koskivat van- hempia laitemalleja tai ominaisuuksia, joita ei uudessa laitteessa ole. Poistettujen

kohtien tilalle tuli 13 prosenttia uusia tarkastuskohtia, jotka ovat uudelle laitemallille spesifejä. Kohtien päivittämisellä tarkoitetaan, että tarkastuskohta pysyi samana, mutta kohdan ohje päivitettiin vastaamaan todellista tarkastuksen kulkua. Uusia kohtia tuli tähän ohjeeseen useita, koska alustan sähkö tarkastusohjeesta siirrettiin antureiden tarkastuskohtia alustan säätöohjeeseen. Tämän lisäksi vain muutama tarkastuskohta pysyi täysin samana. Yksi esimerkki muuttumattomasta tarkastuskohdasta on äänimerkin testaus, koska toiminnallisuus on täysin sama.

Alustan sähkö tarkastuksen osalta sivuja saatiin karsittua enemmän. Sivumäärä väheni 49 sivusta 39 sivuun. Samalla tarkastuskohdat vähenivät vajaan kolmanneksen. Kuviossa 10 esitetään ohjeiden kehitystä alustan sähkö tarkastuksen ohjeen osalta.



KUVIO 10. Alustan sähkö tarkastusohjeen muutos

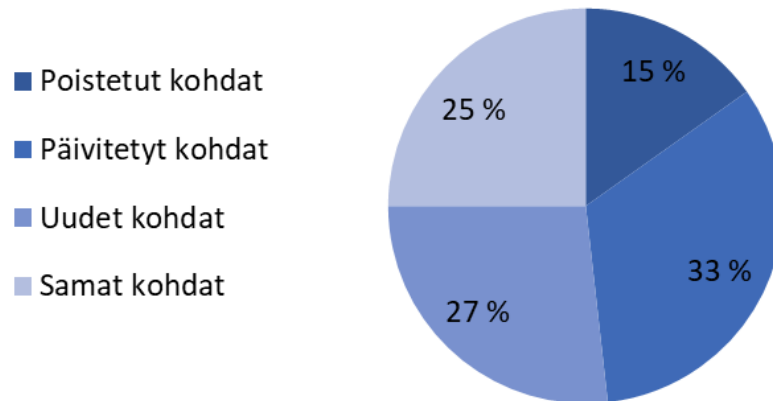
Alkuperäisistä tarkastuskohdista yli kolmannes poistettiin kokonaan sopimattomuuden takia. Poistetut kohdat liittyivät aikaisemman sukupolven laitemalleihin tai ominaisuuksiin, joita laitteessa ei ole. Lisäksi tarkastuskohtia siirrettiin alustan säätöohjeeseen, joten ne poistettiin tästä ohjeesta. Tarkastuskohdista yli kolmannes päivitettiin vastaamaan uutta laitemallia ilman radikaaleja muutoksia. Näissä kohdissa tarkastuskohdan otsikko pysyi samana, mutta sisältö muuttui. Toisaalta osassa kohdista sisältö pysyi samana, mutta otsikkoa tarkennettiin.

Kokonaan uusia tarkastuskohtia ohjeeseen tuli lähes saman verran kuin alustan säätöohjeeseen. Uusia kohtia lisäsi tarkastuskohtien pilkkominen pienempiin osiin. Alustan sähkö tarkastuksen osalta samana tarkastuskohtana pidettiin jopa 13 prosenttia. Näiden kohtien osalta kuitenkin tarkastettiin, että ohje vastaa suoritustapaa. Yksi syy kohtien muuttumattomuudelle on se, että kyseisessä tarkastusvaiheessa tehdään paljon kytkentöjen tarkastuksia sekä visuaalisia tarkastuksia sähkökokoonpanoille. Nämä kohdat pysyivät pitkälti muuttumattomina. Lisäksi moottoriin liittyvissä tarkastuskohdissa on paljon geneerisiä kohtia, jotka ovat moottorimallista riippumattomia. Alustan sähkö tarkastuksen ohjeen osalta noin neljä prosenttia tarkastuskohdista jäi vielä epäselväksi. Syynä tälle on muun muassa myöhemmin tehtävät testit, joissa selviää olennaisia tietoja liittyen tarkastuskohtiin ja niiden suoritukseen.

Alustan säädön ja alustan sähkö tarkastuksen ohjeiden välillä tehtiin yksi merkittävä muutos liittyen antureiden tarkastukseen nesteiden tankkauksen yhteydessä. Lähtötilanteessa kaikki antureiden tarkastukset olivat sähköasentajien tehtävänä ja nesteiden tankkaus mekaanisten asentajien tehtävänä. Ongelmana tässä oli se, että osa nesteistä, kuten hydraulioöljy pystyttiin tankkaamaan ennen alustan sähköakkujen kytkemistä. Tämän takia antureiden toiminta nesteen pinnan alarajalla ja niihin liittyvät hälytykset jäivät usein tarkastamatta. Johtopäätöksenä tästä, tarkastuskohdat, joihin liittyy nesteiden tankkausten yhteydessä antureiden toiminnan tarkastus nestepinnan alarajalla, siirrettiin mekaanisille asentajille alustan säätöohjeeseen.

Sähkö tarkastusohjeen pohjana käytettiin myös osittain valmista ohjepohjaa. Uuden laitemallin osalta ohje pystyttiin hyödyntämään joissain määrin. Siitä saatiin yleisluontoisille tarkastuksille tarkastuskohdat. Ohjepohjan tarkastusjärjestys oli vajavainen, joten kehitettyyn ohjeeseen järjestys muokattiin pöytäkirjan mukaiseksi. Sähkö tarkastuksen ohjeessa on 32 sivua. Kuvio 11 kuvaa sähkö tarkastuksen ohjeen kehityksen tuloksia.

Sähkötarkastus




KUVIO 11. Sähkötarkastusohjeen muutos

Verrattuna kahteen edelliseen ohjeeseen, sähkötarkastusohjeen osalta päivitettyjen, uusien ja samojen tarkastuskohtien suhde on tasaisin. Poistettuja kohtia on huomattavasti vähiten sähkötarkastusohjeessa. Tämä johtuu siitä, että suuri osa tarkastuskohtien otsikoista oli kunnossa ja niihin riitti vain suoritusohjeen päivitys. Uusia kohtia tuli tähän ohjeeseen eniten, koska laitteen uusien ominaisuuksien tarkastukselliset erot näkyvät pääasiassa sähkötarkastuksessa. Sähkötarkastuksen ohjeessa noin viisi prosenttia tarkastuskohdista jäi epäselviksi.

Testauksen eli säädön ohje jäi neljästä ohjeesta vajavaisimmaksi. Laitteen säätövaihe eroaa prototyyppilaitteella paljon verrattuna tuotantolaitteeseen. Lisäksi tarkastuskohdat perustuivat ainoastaan tarkastuspöytäkirjan listaukseen, eikä niihin ollut saatavilla tarkempia ohjeita. Tämän ohjeen tarkastuskokonaisuuksista kalibroinnit saatiin parhaalle tasolle ja ne voidaan suorittaa täysin ohjeen perusteella. Ohjeeseen saatiin 17 sivua ja noin kaksi kolmannesta tarkastuskohdista saatiin selväksi. Ohje käytiin läpi henkilöiden kanssa, joiden pääasiallinen työkuva ei ole laitteiden säätäminen ja koekäyttö. On myös huomattava, että ohjeessa ei ole listattuna mahdollisesti kaikkia tarkastuskohtia, jotka tarkastetaan säätövaiheessa.

Kehittämistyön alussa yhtenä tärkeänä asiana nostettiin turvallisuushuomiot ohjeessa. Alkuperäisissä ohjeissa oli muutamia turvallisuushuomioita, mutta niitä haluttiin enemmän ja niiden haluttiin erottuvan paremmin. Turvallisuushuomiot

liittyvät esimerkiksi tilanteisiin, joihin liittyy korkeapaineista hydraulikkaa tai joudutaan menemään käynnissä olevan laitteen alle. Kuviossa 12 on ote tehdystä turvallisuushuomiosta ohjeessa. Teksti on korostettu punaisella värillä sekä lisätty punainen huomiosymboli käyttäjän huomion kiinnittämiseksi turvallisuushuomioon.

 **Turvallisuushuomio!** Laitteen ensikäynnistys. Varmista, että ketään ei ole laitteen lähistöllä mahdollisten paineellisten öljyvuotojen, haamuliikkeiden tms. takia.

KUVIO 12. Turvallisuushuomio ohjeesta

Kehittämistyössä päivitettiin valmistuksenohjausjärjestelmän sähköiset tarkastuspöytäkirjat vastaamaan ohjeita. Toimenpide tehtiin alustan säädön ja alustan sähkö tarkastuksen osalta. Nyt pöytäkirjat ovat ajan tasalla heti seuraavan laitteen kohdalla. Tämä vähentää epäselvyyksiä näiden vaiheiden osalta seuraavilla laitteilla, koska pöytäkirjasta löytyy tarkastettavat kohdat selkeästi.

Ohjeiden tarkastuskohtia yhtenäistettiin muiden laitemallien välillä. Syynä tälle on suuri työmäärä ohjeiden ja tarkastuspöytäkirjojen päivittämisessä sekä ylläpidossa. Näiden päivittäminen ei ole ongelmaton. Suuressa organisaatiossa erilaisia ohjeita voi kertyä satoja, joten niiden ylläpito muodostuu väistämättä hankalaksi. Pöytäkirjojen ja ohjeiden vastaavuus vaatii paljon manuaalista työtä. Esimerkiksi tarkastuspöytäkirjaan liittyvää tarkastuskohtien kirjastoa hallitaan käsin. Päärakenteen lisäksi alaotsikkotason eli tarkastuskohtien tulisi olla eri laitemallien ja etenkin laiteversioiden välillä mahdollisimman samanlaiset. Pöytäkirjan ja näin ollen ohjeiden tarkastuskohdat pidettiin mahdollisimman generisenä ja soveltuvana usean eri laitemallin välillä. Näin saadaan yksinkertaistettua ja selkeytettyä ylläpitoa sekä vähennettyä datan määrää tarkastuskirjastossa.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

5.1 Pohdinta

Tärkein osa tuotteistamisesta on informaation tuottaminen. Pelkkä informaation tuottaminen ei riitä, vaan se pitää muokata tuotteen muotoon. Työn tavoitteena oli kehittää uuden laitteen testausprosessia. Ohjeilla on merkittävä rooli informaation välittämisessä uuden laitteen tuotannon ylösajoprosessissa. Tuloksena saatiin neljä ohjetta, jotka tulevat tukemaan uuden laitteen tuotteistamista sekä parantamaan valmiutta sarjatuotantoon. Näitä ohjeita voidaan pitää tuotteena. Opinnäytetyötä voidaan pitää onnistuneena, koska ohjeet saatiin vastaamaan uutta laitemallia, vaikkakin ohjeiden lopullinen arvo nähdään tulevaisuudessa.

Työn aikana opittiin, kuinka innovaatioprosessin kuvausta voidaan hyödyntää tehokkaasti myös pienemmissä kokonaisuuksissa. Tärkeää on osata tuottaa oikeanlaista tietoa tutkimusvaiheessa, joka voidaan tuotteistamisessa muokata ja jalostaa tuotteen eli ohjeen muotoon. Lisäksi on huomioitava kaupallistaminen eli idean myyminen ohjeiden todellisen hyödyn saavuttamisessa. Eräänä kaupallistamisen keinona voidaan pitää lean-ajattelun mukaista osallistamista. Asentajien motivaatio ohjeiden käyttöön paranee, jos kehittämiseen ja parantamiseen pääsee itse osallistumaan.

Ohjeet kehittävät testausprosessia luomalla tarkastus- ja säätövaiheisiin standardoidut toimintatavat. Näillä saadaan parannettua laatua sekä nopeutettua läpimenoaika, joka nostaa liikevaihtoa prosessien tehostumisen ansiosta. Konkreettisesti läpimenoaika vähenee kyseisten vaiheiden osalta, koska seuraavilla laitteilla selvitettävien asioiden määrä on selkeästi vähäisempää. Uudet työntekijät on helpompi perehdyttää ohjeiden avulla työtehtäviin. Tällöin tieto on saatu kirjalliseen muotoon, eikä kaikki ole hiljaisena tietona, jolloin se on helpompi jakaa eteenpäin sekä tieto on täsmällisempää. Ohjeet nopeuttavat perehdyttämistä ja parantavat laatua, koska käytössä vakioidut toimintatavat, joita on helppo jakaa eteenpäin. Lisäksi kannattavuus paranee, koska saadaan perehdytettävät henkilöt nopeammin tuottavalle tasolle. Perehdytyksen nopeutuessa myös perehdyttäjien resurssit vapautuvat nopeammin lisäarvoa tuovan työn pariin.

Opinnäytetyössä tuotettujen ohjeiden kannalta oli olennaista, että ohjeita päästiin tekemään prototyypiasentajien kanssa. Prototyyppien kanssa työskentelevät asentajat ovat yleensä yrityksen kokeneimpia asentajia. Kyseisiltä asentajilta saatiin erittäin hyviä näkökulmia ja ideoita ohjeiden kehittämiseen. Toisaalta riskinä protoasentajien kanssa työskennellessä on suoritustapojen eroavaisuudet. Ohjeissa näin ollen voi olla joitain kohtia, jotka eroavat tuotantoasentajien suoritustavoista ja tämän takia on oleellista tarkastella ohjeita seuraavan laitteen tuotantovaiheessa.

Projektinhallinnassa on tärkeää, että kaikki tarvittavat ja tehdyt tiedostot ovat hallitussa paikassa esimerkiksi tallennettuna pilvipalveluun. Projektin aikana kohdatiin ongelmia versionhallinnan kanssa. Yrityksellä on käytössä yhteinen verkkokansio, jonne ohjeet olisi pitänyt tallentaa alusta alkaen. Nyt kommentoitavia ohjeita jaettiin sähköpostin ja Teams-keskusteluiden kautta, jolloin syntyi sekaannuksia ajantasaisimman version osalta.

Ohjeiden osalta parhaaseen lopputulokseen päästiin alustan säädön ja alustan sähkö tarkastuksen osalta. Pohjan onnistumiselle näiden ohjeiden osalta loi käytössä olleet ohjepohjat. Lisäksi näiden ohjeiden tarkastuskohtien seuraamiseen tuotannossa oli eniten aikaa. Lopputulokseen vaikuttaa myös se, että opinnäytetyön tekijällä oli paras ymmärrys etukäteen näistä vaiheista. Lopputulos säädön ohjeen osalta oli vajain. Tätä ohjetta tehdessä laitteella oli paljon rinnakkaisia testejä ja säätöjä menossa, jotka veivät resursseja ohjeiden teosta. Säättöohjeen taso olisi todennäköisesti ollut parempi, jos ennen prototyypin säätövaihetta olisi käyty tutustumassa samankaltaisen laitteen säätöön.

Tämän työn tuloksia voidaan pitää luotettavana, koska tuloksena tuotetuissa ohjeissa on käytetty avuksi useita kohdeyrityksessä työskenteleviä ammattilaisia. Tulokset on tarkastettu henkilöiden kanssa, jotka työskentelevät ohjeiden kanssa sekä hyväksyvät ja vastaavat niiden päivityksestä. Työn teoreettisilla lähtökohdilla tuettiin hyvin ohjeiden tekoa ja saatiin kattava ymmärrys informaation tuottamisesta osana prosessia laadun näkökulmasta.

5.2 Jatkokehitysehdotukset

Tulevaisuudessa on olennaista määrittää vastuuhenkilö laatuorganisaatiosta ohjeiden päivittämiseksi seuraavan laitteen yhteydessä. Näin ohjeet pidetään ajan tasalla ja varmistetaan niiden oikeellisuudesta. On tyypillistä, että prototyypille tehdään päivityksiä, jotka päivitetään seuraavaan laitteeseen. Silloin vastuuhenkilön vastuulle jää kommunikoida projektiryhmän kanssa muutoksista ja päivittää tiedot ohjeisiin. Ohjeissa ei ole myöskään käsitelty ominaisuuksia, joita laitteessa ei vielä ole, joten ohjeet pitää päivittää niiden osalta.

Seuraavan laitteen ollessa tuotannossa, on tärkeää, että ohjeita koekäytetään laitteen testausprosessin aikana. Ohjeita pitää tarkastella kriittisesti sekä päivittää ne mahdollisten muutosten osalta. Seuraavan laitteen eli ensimmäisen ramp up -laitteen asentajat ovat eri kuin prototyypilaitteen asentajat. Ohjeet tulevat nopeuttamaan näiden asentajien oppimisprosessia tarkastus- ja testausvaiheissa uuden laitteen osalta, koska niissä on yksiselitteiset ohjeet näistä vaiheista. Lisäksi tällöin selviää, että onko ohjeiden taso riittävän selkeä ja yksiselitteinen.

Sähkötarkastuksen ja säädön ohjeisiin pitää kiinnittää erityistä huomiota tulevaisuudessa. Sähkötarkastuksen osalta laitteelle on tehty protosähkötarkastus, jossa voi olla pieniä eroavaisuuksia tuotannon sähkötarkastukseen. Pääosin sähkötarkastusohje on sopiva sellaisenaan. Säädön ohjeessa voi muodostua ongelmaksi se, että ohjeessa ei ole käytetty juurikaan tukena henkilöitä, jotka työskentelevät päivittäin tuotantolaitteiden säädön parissa. Säätohje on kuitenkin korrekti yksityiskohtien osalta. Lisäksi se pitää päivittää vastaamaan soveltuvilta osin yleistä säätohjetta, mikäli sellainen otetaan käyttöön tulevaisuudessa.

Tehtyjä ohjeita voi käyttää sähköisenä tai paperisena. Kokoonpanoruuduissa on valmistuksenohjausjärjestelmien ja ohjeiden käyttöön tietokoneet. Ohjeet soveltuvat myös käytettäväksi paperisena. Toisaalta paperinen käyttö mahdollistaa ohjeiden vanhenemisen, mikäli päivitetty versio jää tulostamatta. Lisäksi riskinä on, että käyttäjät tekevät ohjeisiin itsenäisiä muutoksia ja niitä käytetään oikeina

versioina. Näistä syistä ohjeita on suotava käyttää sähköisenä versiona. Tietokoneiden ongelmaksi muodostuu niiden kiinteät paikat. Tähän ratkaisuna voisi olla tablettitietokoneet, joita voidaan käyttää laitteella työtehtävää suoritettaessa.

Valmistuksenohjausjärjestelmässä on kuvalliset ohjeet loppukokoonpanon aikana tapahtuville asennustehtäville. Järjestelmässä ei kuitenkaan ole suoraa linkkiä tai pääsyä tarkastusohjeisiin. Ohjeiden käyttöastetta parantaisi, mikäli ohjeisiin olisi suora pääsy tarkastuspöytäkirjasta. Ohjeet tulee linkata tarkastuspöytäkirjan alkuun muistuttamaan niiden käytöstä. Nykytilassa järjestelmän rajoitukset kuitenkin estävät linkkien laittamisen tarkastuspöytäkirjan yhteyteen.

Jatkokehityksenä tehdyille turvallisuushuomioille kehittämistyön aikana saatiin idea tuoda ohjeessa olevat turvallisuushuomiot MES-tarkastuspöytäkirjaan. Aikaisemmin MES-tarkastuspöytäkirjassa ei ole käytetty turvallisuushuomioita. Huomiot on tärkeä saada myös pöytäkirjaan näkyville, koska MES on asentajille ensisijainen työn seuraamiseen käytettävä työkalu. Tällöin asentajille korostuu työtehtävässä mahdollisesti olevat ja huomioitavat turvallisuustekijät. Turvallisuushuomiot voisi lisätä esimerkiksi lisäohjetekstiin tai tekstiksi ennen tarkastuskohtaa. Kyseistä ominaisuutta ei kuitenkaan ehditty pilotoimaan kehittämistyön aikana.

LÄHTEET

Arter. n.d. IMS-ohjelmisto. Laatu toiminnan kehittämiseen. Luettu 4.4.2022.
<https://www.arter.fi/ohjelmistot/ims-ohjelmisto/>

Basu, R & Wright, N. 2003. Quality Beyond Six Sigma. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Field, A. 2009. Implementing an Integrated Management System (IMS). Cambridgeshire: IT Governance Publishing Ltd. Viitattu 15.3.2022. Vaatii käyttöoikeuden.
<https://learning.oreilly.com/library/view/implementing-an-integrated/9781787781269/>

Garza-Reyes, J. A., Oraifige, I., Soriano-Meier, H., Forrester, P. & Harmanto, D. The development of a lean park homes production process using process flow and simulation methods. Journal of Manufacturing Technology Management. 2012 23(2) 178-179.

Hayes, A. 2020. Acceptance Testing. Päivitetty 18.12.2020. Luettu 8.4.2022.
<https://www.investopedia.com/terms/a/acceptance-testing.asp>

Hietikko, M., Alanen, M. & Tiusanen, R. 1996. VTT tiedotteita. Työkoneiden ja automaation CAN-väyläsovellusten turvallisuus. Hankkeen tulokset. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

Hirsjärvi, S., Remes, P., & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15–17. painos. Helsinki: Tammi.

Huhtala, P & Pulkkinen, A. (toim.) 2009. Tuotettavuuden kehittäminen. Parempi tuotteisto useammasta näkökulmasta. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.

Jokinen, T. 2001. Tuotekehitys. 6. korj. painos. Helsinki: Otatieto Oy

Juran, J. M. & De Feo, J. A. 2010. Juran's quality handbook: the complete guide to performance excellence. 6. painos. McGraw-Hill Education.

Kampker, A., Deutskens, C., Deutschmann, K., Maue, A. & Haunreiter, A. 2014. Increasing ramp-up performance by implementing the gamification approach. 2nd International Conference on Ramp-Up Management Procedia CIRP 20 (ICRM) pages 74-80. Viitattu 10.4.2022.

Laatutieto. n.d. Sähköinen IMS-toimintajärjestelmä. Luettu 15.3.2022.
https://www.laatutieto.fi/product_details.php?p=665

Liker, J. 2006. Toyotan tapaan. Suom. Niemi, M. Helsinki: Readme.fi. Alkuperäinen teos 2004.

Loebbecke, C., van Fenema, P. & Powell, P. 2016. Managing inter-organizational knowledge sharing. The Journal of Strategic Information Systems, 25(1), 4–14.

MES Explained: A High Level Vision. 1997. MESA International White Paper Number 6. Pdf-dokumentti. Pittsburgh: MESA International. Luettu 9.3.2022. <http://alvarestech.com/temp/smar/www.delt.ufmg.br/seixas/Paginall/Download/DownloadFiles/pap6.pdf>

Mitra, A. 2016. Fundamentals of quality control and improvement. 4. painos. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. Viitattu 20.4.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/tampere/reader.action?docID=4497494>

Moisio, J. & Tuominen, K. 2008. Toimintajärjestelmän standardivaatimukset. Turku: Oy Benchmarking Ltd.

Myerson, P. 2017. Lean and Technology: Working Hand in Hand to Enable and Energize Your Global Supply Chain. New Jersey: Pearson Education Inc. Viitattu 30.3.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://learning.oreilly.com/library/view/lean-and-technology/9780134291581/>

Sandholm, L. 2000. Total Quality Management. 2. painos. Lund: Studentlitteratur.

SFS-EN ISO 9001. 2015. Laadunhallintajärjestelmät. Vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 12.4.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/9/394310.html.stx>

SFS-EN ISO 14001. 2015. Ympäristöjärjestelmät. Vaatimukset ja niiden soveltamisohjeita. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 1.4.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/394293.html.stx>

SFS-ISO 45001. 2018. Työterveys- ja työturvallisuusjärjestelmät. Vaatimukset ja niiden soveltamisohjeita. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 30.3.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/ISO/ID2/4/666795.html.stx>

Simula, H., Lehtimäki, T. & Salo, J. 2008. Re-thinking the product – from innovative technology to productized offering. Proceeding of the 19th international society for professional innovation management conference, Tours, France. Viitattu 27.3.2022. https://www.researchgate.net/profile/Jari-Salo-3/publication/228344311_Re-thinking_the_product_from_innovative_technology_to_productized_offering/links/0fcfd506d85840bc5d000000/Re-thinking-the-product-from-innovative-technology-to-productized-offering.pdf

Sohal, A. & Egglestone, A. Lean Production: Experience among Australian Organizations. 1994. International Journal of Operations & Production Management 14(11), 35–51.

Suomen Standardoimisliitto SFS. n.d. Mikä on standardi? Mitä standardi tarkoittaa? Luettu 11.4.2022 <https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/>

Suominen, A., Kantola, J. & Tuominen, A. 2009. Reviewing and defining productization. Proceedings of the 20th The International Society for Profes-

sional Innovation Management Conference. Viitattu 27.3.2022. https://www.researchgate.net/profile/Arho-Suominen/publication/236326445_Reviewing_and_Defining_Productization/links/5656c32108aeafc2aac09552/Reviewing-and-Defining-Productization.pdf

Säköturvallisuuslaki. 16.12.2016. 1135/2016. Luettu 11.4.2022 <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135#Pidm45237816692416>

The Industrial Distribution Experts. 2020. Factory Acceptance Testing – What Is FAT, and How Does It Work? Julkaistu 21.8.2020. Luettu 8.4.2022. <https://www.dxpe.com/what-is-factory-acceptance-test-protocol-purpose/>

Ulrich, K. & Eppinger, S. 2000. Product Design and Development. 5. painos. New York: McGraw-Hill Companies Inc.