



Joona Peltonen

# MES-järjestelmän implementointi kaapeliteollisuuteen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

13.5.2024

## Tiivistelmä

Tekijä: Joonas Peltonen  
Otsikko: MES-järjestelmän implementointi kaapeliteollisuuteen  
Sivumäärä: 59 sivua  
Aika: 15.5.2024

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka  
Ammatillinen pääaine: Tuotanto- ja valmistustekniikka  
Ohjaajat: Tuotantopäällikkö Eemeli Kivinen, Prysmian Group Finland Oy  
Lehtori, Pekka Hirvonen

---

Insinööriyön tavoitteena oli uuden toimivan sekä kaapeliteollisuuteen soveltuvan valmistusohjauksjärjestelmän implementointi. Uuden järjestelmän nimi on FastTrack, ja sen on tarkoitus korvata kokonaan tuotannon vanha raportointitapa ja tiivistää kaikki raportointi yhteen järjestelmään. Ennen implementaatiota vanhan raportointitavan vuoksi jäljitettävyyttä on joko sekavasti hoidettu tai puuttuu kokonaan.

Implementointi aloitettiin suorittamalla inventaario jokaisesta koneesta, koneiden sijainneista ja keloista. Koko prosessi oli tarpeen, sillä jokaista inventoitua kohdetta varten oli luotava QR-koodi, jota FastTrack käyttää yhdessä lukijalaitteiden kanssa. QR-koodien avulla on tarkoitus saada jäljitettävyyttä valmistetuista tuotteista, kuten materiaalien erätietoja sekä laadullisia tietoja.

MuutoksenhallintaImplementaation ongelmakohdiksi osoittautui metallisten QR-koodien kestävyys tietyissä kelatyypeissä ja käyttäjävirheiden määrä. QR-koodien kestävyttä testattiin, jotta pystyttäisiin ymmärtämään tulevaisuuden tilannetta, jos vaihtoehtoista tapaa kiinnittää QR-koodeja ei löydy.

FastTrackissa tehtävät aktiviteetit on suunniteltu vastaamaan kaapeliteollisuuden fyysisiä aktiviteetteja. Nämä ovat kohtia, joissa voi tapahtua käyttäjävirheitä järjestelmässä. Käyttäjävirheiden määrää voidaan mitata tarkastelemalla materiaalinkulutus- tehokkuutta. Käyttäjävirheiden määrä oli suuri eikä ongelmia ollut helppo ratkaista suoraan tuotannossa, minkä vuoksi korjaavaksi toimenpiteeksi lisättiin tukea palkkaamalla projektiin lisää henkilöitä ja lisäämällä koulutuksia.

QR-koodien toimivuutta ja korvattavuutta parannettiin hankkimalla uusia resursseja tulostaa paikan päällä muovisia QR-kooditarroja sekä lisäämällä paikat QR-koodeille uusien kelojen piirustuksiin. Nämä toimenpiteet helpottavat QR-koodien vaihtamista tarvittaessa. Metallisten QR-koodien kestävyttä ei kyetty ratkaisemaan kokonaan.

FastTrack korvasi kokonaan vanhan raportointitavan ja on ainut käytössä oleva keino saada materiaalinkulutustietoja. Sen arvioidaan soveltuvan käyttäjävirheiden, QR-koodien toimivuuden ja jäljitettävyytystietojen kannalta kaapelituotantoon.

Avainsanat: MES, implementointi, kaapelituotanto

## Abstract

Author: Joona Peltonen  
Title: Implementation of a MES system into Cable Manufacturing  
Number of Pages: 59 pages  
Date: 15 May 2024

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Mechanical Engineering  
Professional Major: Manufacturing and Production Engineering  
Supervisors: Eemeli Kivinen, Production Manager, Prysmian Group Finland Oy  
Pekka Hirvonen, Lecturer, Mechanical engineering

---

The goal of this thesis was the implementation of a functioning manufacturing execution system, which is suitable for cable manufacturing. The new system is called FastTrack, and it is meant to replace the old reporting system and to compress all reporting in to a single system instead. The new system is supposed to enhance traceability in every cable manufacturing operation. Before implementation, and due to the old reporting system, traceability is either disorganized or missing completely.

Implementation began by inventorying every machine, machine position and drum. This was a necessary step to take, as for each inventoried item, a representing QR code had to be made, which FastTrack uses together with a scanner. The purpose of QR codes is to obtain traceability from manufactured products, such as material batch data and qualitative data. User errors and metallic QR codes emerged as the problematic points in the implementation. The durability of metallic QR codes was illustrated as numbers to achieve a better understanding of the issue in the future, in case an alternative way to apply the QR codes is not found.

Activities done in FastTrack are designed to reflect the activities done physically in cable manufacturing. These activities are where user errors may occur in the system. One way to measure the amount of user errors is to look at material consumption efficiency. Due to the number of user errors as well as the difficulty of solving them on the spot in production, corrective actions were taken. Corrective actions include hiring more people for the project and arranging more trainings.

QR code functionality and substitutability were solved by adding more resources to print plastic QR code stickers, and by adding places for QR codes on the designs of drums. These actions make changing the QR codes faster, if necessary. Metallic QR code sustainability was never solved permanently. FastTrack replaced the old reporting system completely and is the only system in use for obtaining material traceability data. Suitability for cable manufacturing is evaluated in terms of user errors, QR-code sustainability and traceability.

Keywords: MES, implementation, cable manufacturing

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tavoitteet ja toteutus	1
1.2	Prysmian Group	2
2	Valmistuksen- ja toiminnanohjausjärjestelmät	4
2.1	ISA S95	4
2.2	MES-järjestelmän käyttöönotto	5
2.3	Jäljitettävyys	7
3	Muutoksenhallinta	7
3.1	Muutoksen hallinnan puolet	7
3.2	Muutoksenhallinnan toteutus	9
4	Delmia Apriso	9
4.1	Työkalut DELMIAssa	10
4.1.1	Desktop	10
4.1.2	FastTrack 2.0 tietokoneella	11
4.1.3	Stock cockpit	11
4.1.4	Käyttäjien ongelmat tuotannossa	14
4.1.5	Keloihin laitettavat QR-koodit	17
4.1.6	Ongelmat tarroissa	17
4.1.7	Ongelmat metallilaatoissa	18
5	Kaapelinvalmistus	21
5.1	Langanveto	22
5.2	Johtimen kertaus	22
5.3	Eristys	22
5.4	Vaippaus	23
5.5	Armeeraus	23
5.6	Sähköinen koestus	24
6	FastTrack	24

6.1	Ennen FastTrackia	24
6.1.1	Materiaalinkulutus ja jäljitettävyys ennen	25
6.1.2	Laatumittaukset ennen	28
6.2	Erähallinta	28
6.2.1	Tuotantopituuden eränumero	29
6.2.2	Materiaalin eränumero	30
6.3	Kämmenlaitteen toiminta	30
6.4	Fasttrack 2.0:n toiminnot	31
6.4.1	Setup	34
6.4.2	Materiaalin lastaus	34
6.4.3	Tuotanto	36
6.4.4	Tuotannon tarkistukset	37
6.4.5	Osittaisvahvistus	38
6.4.6	Pituuden vahvistus	38
6.4.7	Pituuden luovutus	39
6.5	Implementaatiota edeltävä inventaario	39
6.6	QR-koodit	42
7	Tehdyt ratkaisut	46
7.1	Muovitarrat	46
7.2	Metallilaatat	47
7.3	Lisätuki	48
8	Tulokset	50
8.1	Järjestelmän käyttäminen	50
8.2	Soveltuvuus kaapeliteollisuuteen	51
8.2.1	Käyttäjävirheet	51
8.2.2	QR-koodien toiminta	54
8.2.3	Toimivuus	55
9	Yhteenveto	55
	Lähteet	58

## Lyhenteet

- BoM: *Bill of Material*. Lista käytettävistä materiaaleista, tuotteista ja komponenteista, joita käytetään tietyn tuotteen valmistamiseen.
- DELMIA: *Digital Enterprise Lean Manufacturing Interactive Application*. Dassault Systèmesin kehittämä valmistuksenohjausjärjestelmä.
- ERP: *Enterprise Resource Planning*. Järjestelmä, jonka tehtävänä on vastata tuotannon suunnittelusta ja tietojen hallinnasta.
- HV: *High Voltage*. Jännitetaso, joka on yli 36 kilovolttia.
- ISA: *International Society of Automation*. Yhdysvaltalainen teollisuusjärjestö, joka luo standardeja ja järjestää teollisuuteen liittyviä tapahtumia.
- LV: *Low Voltage*. Jännitetaso, joka on alle 1 kV.
- MES: *Manufacturing Execution System*. Järjestelmä, jota käytetään valmistuksen ohjauksessa tehtaissa ja tuotantoympäristöissä.
- MV: *Medium Voltage*. Jännitetaso, joka 1 kV – 36 kV.
- PLM: *Product Lifecycle Management*. PLM-ohjelmisto on tarkoitettu auttamaan organisaatioita tuotekehityksessä.
- SAP: *System Applications and Products in Data Processing*. Ohjelmisto, jota käytetään tietojen hallintaan.
- QR: *Quick Response*. QR tai QR-koodi, on kuviokoodi, joka pystyy pitämään sisällään tietoja, kuten linkin tai tekstiä.

XLPE: *Cross-linked Polyethylene*. Voimansiirtokaapeli, joka kestää lämpöä, kemikaaleja ja kosteutta.

# 1 Johdanto

Prysmian Groupin Pikkalan-tehtaassa otettiin käyttöön vuonna 2022 uusi valmistuksenohjausjärjestelmä, FastTrack. Tässä työssä tarkastellaan ohjelman toimintaa ja sen implementoimia sekä niihin liittyviä vaikeuksia. Ennen FastTrackiä, Pikkalassa oli käytössä ainoastaan tuotannototeuttamisjärjestelmä, jota käytettiin niin tuotannosta tulevaan raportointiin kuin tuotannosuunnitteluunkin.

## 1.1 Työn tavoitteet ja toteutus

Työn tavoitteena on uuden toimivan sekä kaapeliteollisuuteen soveltuvan valmistuksenohjausjärjestelmän onnistunut implementointi. Implementoinnin myötä uusi järjestelmä korvaa vanhan jäljitettävyyseraportointitavan. Tällöin materiaalin- ja laatu-jäljitettävyydet täytyy pystyä saamaan uudesta järjestelmästä vanhan tavan sijaan. Tavoitteena on kokonaisuudessaan implementoida järjestelmä, jonka käyttäjät osaavat käyttää sitä ja josta tulevat tiedot ovat parannus vanhaan.

Työssä kuvataan, miten uusi järjestelmä eroaa vanhasta järjestelmästä. Erot ovat suuria etenkin jäljitettävyyden kannalta eräkohtaisen hallinnan ja laaturaportointitavan vuoksi. Erityisesti raportointitapa eroaa huomattavasti ERP (Enterprise Resource Planning) -järjestelmästä, jossa kaikki tuotannon vahvistukset tapahtuivat tietokoneen kautta käyttämällä ERP-järjestelmää SAP. MES (Manufacturing Execution System) -uudistuksen myötä, raportointi tapahtuu käyttämällä kämmenlaitteita, jotka toimivat viiva- ja QR (Quick Response) -koodinlukijana. Alueeseen kuuluu lisäksi järjestelmää varten tehdyt toimenpiteet, ratkaisut ja ratkaisuiden ongelmat. Tehdyt toimenpiteet olivat implementaatiota edeltävän koneiden ja koneiden osien inventaariot ja sen myötä QR-koodien lisääminen. QR-koodien toimivuus on myös olennaista tämänkaltaisen järjestelmän kannalta, joten niiden ylläpito ja vaikeudet ovat merkittävä osa työtä.

Työ sisältää teoriaosuuden, jossa käsitellään uudenlaisen järjestelmän implementaatioon liittyvää teoriaa, taustatietoa valmistuksen- ja toiminnanohjausjärjestelmistä, järjestelmän käyttöön liittyvän osuuden sekä ongelmien ja ongelmienratkaisu osuuden. Lisäksi työssä on lyhyt osuus yrityksestä, jossa MES-järjestelmä otettiin käyttöön, eli Prysmian Groupista. Järjestelmän käyttöön liittyvässä osuudessa selitetään, miten järjestelmän kautta raportoidaan materiaali- ja laatumatkat ja luodaan tuotannon vahvistuksia. Ongelmat-osuudessa kuvataan järjestelmän käytössä ilmeneviä ongelmia ja ongelmia, jotka ilmenivät vasta implementaation jälkeen. Ratkaisu-osiossa on jo suoritettuja ratkaisuja järjestelmän ongelmiin ja ehdotuksia vielä olemassa olevien ongelmien ratkaisemiseksi.

Työssä käytettiin pitkälti kokemuksia työtä koskevan valmistuksenohjausjärjestelmän käytöstä ja kehittämisestä sekä Pikkalan tehtaan sisäisiä koulutusmateriaaleja ja teoriaosuuteen kirjallisuutta. Työtä varten testattiin järjestelmän implementoinnissa käytettyjä ratkaisuja ja otettiin järjestelmästä tulevasta datasta esimerkkejä, joita hyödynnettiin implementoinnin onnistumisen mittarina.

## 1.2 Prysmian Group

Prysmian Group on italialainen vuonna 2005 perustettu yritys, joka tuottaa pääosin energia- ja tiedonsiirtokaapeleita. Yrityksellä on toimintaa yli 50 maassa ja työntekijöitä yli 30 000. Vuonna 2022 yrityksen liikevaihto oli yli 16 miljardia. Suomessa Prysmian Groupilla on tehtaita Kirkkonummen Pikkalassa ja Oulussa.

Pikkalan tehtaalla on ollut useita eri omistajia, ja tehdas on kokenut monia muutoksia. Alun perin tehtaan avasi Suomen Kaapelitehdas Oy vuonna 1961, joka fuusioitui Nokia Kaapeli Oy:ksi vuonna 1967. Tehdas pysyi Nokian omistuksessa vuoteen 1997 asti, kunnes NK Cables osti Nokia Kaapelin, mutta jo kolmen vuoden päästä NK Cablesin voimakkaapelitehdas myytiin Pirelli Cables and Systemsille. Prysmian Group osti Pikkalan tehtaan Pirelliltä vuonna 2005, ja omistaja on siitä lähtien pysynyt samana. (Historia 2009.)

Pikkalan kaapelitehdas on yksi koko Prysmian Groupin pilottitehtaista, minkä vuoksi uudistukset, kuten uudet järjestelmät, otetaan Pikkalassa käyttöön ensimmäisten tehtaiden joukossa. Tämän lisäksi Prysmian Group kertoi maaliskuussa vuonna 2022 investoivansa Pikkalan tehtaaseen yli 100 miljoonaa euroa. Kokonaisinvestointisumma kasvoi vielä 120 miljoonalla eurolla vuotta myöhemmin. Näiden investointien avulla Pikkalan merikaapelien tuotantokapasiteetti kaksinkertaistetaan. Ulkoisesti investoinnit näkyvät yli 300 työpaikan ja Suomen korkeimman rakennuksen muodossa (Kuva 1). (Prysmian Group 2023.)



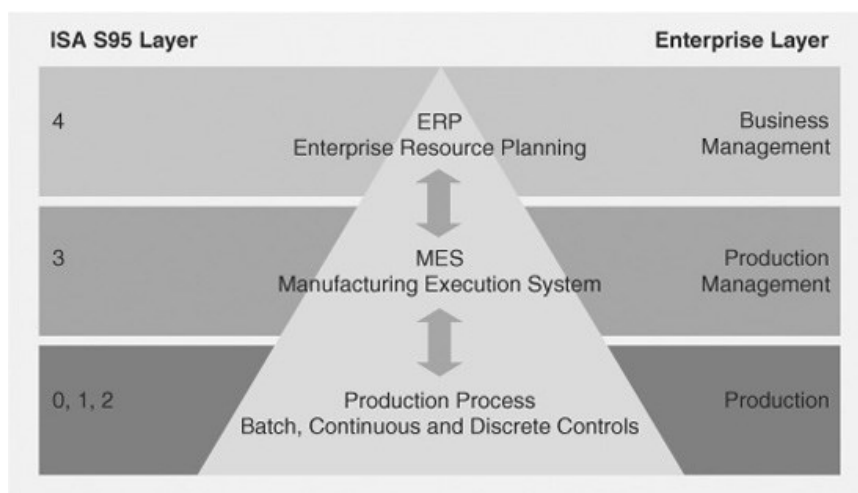
Kuva 1. Pikkalan kaapelitehdas, jossa näkyy rakenteilla oleva torni (Valokuva Teemu Kiiskinen, Prysmian Group, 2023).

## 2 Valmistuksen- ja toiminnanohjausjärjestelmät

### 2.1 ISA S95

International Society of Automation (ISA) on Yhdysvalloissa vuonna 1945 perustettu järjestö, jonka nykyisiin päätehtäviin kuuluu prosessien instrumentointiin liittyvien suositusten tekeminen ja konferenssien järjestäminen. ISA on luonut myös standardeja, jotka suoraviivaistavat valmistuksen- ja toiminnanohjausjärjestelmien määrittelyä, kuten standardi ISA S95.

ISA S95 on standardi, joka on viimeksi päivitetty vuonna 2005. Kyseisessä standardissa määritetään valmistuksen- ja toiminnanohjausjärjestelmien erot kolmessa eri tasossa. Jokaiselle tasolle on määriteltynä yritystaso, joka on vastuussa kyseisen tason toteutuksesta (Kuva 2).



Kuva 2. Ohjausjärjestelmien tasot yritystasoisin (ISA S95-1 2000: 19. Meyer ym. 2009: luku 3.2 mukaan).

Standardin ISA S95-1 (2000: 19) mukaan ylimmällä tasolla on liiketoiminnanhallinta ja toiminnanohjausjärjestelmä eli ERP, jonka vastuualueisiin kuuluu tuotannon toteuttamisen mahdollistavat osa-alueet eli ydintietojen- ja suunnittelunhallinta. Pystyäkseen kommunikoimaan alemmille tasolle tarvittavia tietoja on tuotannon suunnittelu toteutettava toiminnanohjausjärjestelmässä. (Meyer ym. 2009: luku 3.2.)

Keskitasoon kuuluu tuotannonhallinta ja MES eli valmistuksenohjausjärjestelmä. Yksinkertaisimmillaan tällä tasolla määritetään tuotannosta tuleva raportointi. Raportointi on tietoa, kuten tuotantokulut ja tuotannon muutokset. (Meyer ym. 2009: luku 3.2.)

Tiivistettynä toiminnanohjausjärjestelmässä suunnitellaan tuotanto ja valmistuksenohjausjärjestelmästä raportoidaan tuotantotietoja. (Meyer ym. 2009: luku 3.2.)

## 2.2 MES-järjestelmän käyttöönotto

Uuden MES-järjestelmän käyttöönotto eli implementointi aloitetaan valitsemalla oikeanlainen järjestelmä ja hankkimalla siihen tarvittavat varusteet. Yleisesti järjestelmissä on kaksi vaihtoehtoa, joko valmissovellus tai kustomoituusovellus. Kummassakin on hyviä ja huonoja puolia ja oikean valinta riippuu yrityksestä. Valmissovellus saattaa olla halvempi, mutta ei välttämättä vastaa kaikkia tarpeita. Hankittavat varusteet taas riippuvat järjestelmästä. Tarvitsee tietää, vaatiiko järjestelmä yksittäisiä laitteita tai laiteverkoston. (Meyer ym. 2009: luku 9.)

Implementoinnissa pystyy käyttämään vastaavien järjestelmien, kuten PLM:n (Product Lifecycle Management), implementointistrategiaa eli luomaan implementoinnista yhtiön sisäinen projekti. Kun kohdellaan implementaatiota sisäisenä projektina, tulee ottaa huomioon kaikki yhtiön osastot, joihin implementaatio vaikuttaa ja ottaa näiltä osastoilta henkilöitä osaksi projektitiimiä. Implementointiprojektissa kuuluu myös huomattavan paljon taloudellisia resursseja sekä aikaa, mikä yrityksen on huomioitava. (Meyer ym. 2009: luku 9.)

Jotta implementointi voidaan toteuttaa onnistuneesti, vaaditaan myös projektitiimi. Projektitiimissä täytyy olla projektipäällikkö, ja projektitiimin jäsenien on pystyttävä vapaasti työskentelemään projektin parissa. Projektitiimin täytyy myös suunnitella projektin toteutus tarpeiden mukaisesti. Implementoinnin onnistusimen vuoksi täytyy muutoksenhallinnan myös onnistua projektitiimiltä.

Ellei MES-järjestelmää hyväksy jokainen, joka on sen kanssa tekemisissä, on implementoinnin onnistuminen epätodennäköistä. (Meyer ym. 2009: luku 9.)

Implementoinnin voi aloittaa käytännössä, kun aikaisemmat vaiheet ovat suoritettuna. Uusi järjestelmä on aluksi monimutkainen, ja sen käyttöönottostrategia on hoidettava systemaattisesti. (Meyer ym. 2009: luku 9.)

Yksi käyttöönottostrategiatapa on hoitaa implementaatio räjähdysmäisesti, niin että kaikki kohteet, joihin uusi järjestelmä vaikuttaa, hoitavat kaikki tehtävät tiettyyn päivämäärään mennessä uudella järjestelmällä. Tämä strategia vaatii muutoksenhallinnallisesti paljon töitä, etenkin koulutuspuolelta. Koulutukset on hoidettava samanaikaisesti jokaisella osastolla, koska ne alkavat käyttämään sitä samanaikaisesti. Tähän tapaan liittyy paljon riskejä. Ongelmia tässä strategiassa ei löydy pelkästään järjestelmästä vaan myös käyttäjistä. Riskien minimoimiseksi suositellaan aloittamaan käyttö osastokohtaisesti. (Meyer ym. 2009: luku 9.)

Toinen vaihtoehto käyttöönottostrategialle on hoitaa implementaatio askel kerrallaan, jolloin uusi järjestelmä ei tule käyttöön täysin yhdellä kerralla, vaan vain osa prosesseista hoidetaan sen kautta. Tällöin riskit pienenevät huomattavasti ja ne ovat käsiteltävissä. Myös koulutukset voidaan hoitaa osa kerrallaan, jolloin kaikkien käyttäjien ei tarvitse osata käyttää järjestelmää kerralta. Riskit ovat tällöin pienet, mutta strategia vaatii enemmän aikaa toteuttaa. (Meyer ym. 2009: luku 9.)

Henkilöt, joihin uusi järjestelmä vaikuttaa, on saatava myös hyväksymään se. Pelkästään järjestelmän harjoittelu ei riitä motivoimaan käyttäjiä hyväksymään uusi järjestelmä, vaan käyttäjillä täytyy olla täysi ymmärrys järjestelmän potentiaalista. Informaation puute heikentää luottamusta ja aiheuttaa epävarmuutta, eivätkä käyttäjät eivätkä pysty näkemään järjestelmän tuomia uudistuksia eivätkä sen hyötyjä. (Meyer ym. 2009: luku 9.)

## 2.3 Jäljitettävyys

Jäljitettävyys on olennainen osa raportointia, ja sen varmistaminen on yksi MES-järjestelmän tehtävistä. Tarkan jäljitettävyyden toteuttamiseen miltei vaaditaan jonkinlaista MES-järjestelmää, joka vaatii käytettäväksi vain olennaiset materiaalit. On jatkuvasti tärkeämpää pystyttävä osoittamaan joko lakisääteisistä tai laadullisten vaatimusten takia kaikki tapahtumat raakamateriaalin tai puolivalmiin tuotteen vastaanottamisesta lopputuotteen valmistumiseen asti. MES-kontekstissa jäljitettävyys kattaa kaikki tuotteen tapahtumat tuotannossa ja se on toteutettu hyödyntämällä eräkohtaista jäljitettävyyttä. Useassa yhtiössä hyödynnetään vaihtoehtoisia ratkaisuja, kuten Excel-taulukoita, jäljitettävyyden toteuttamiseksi, mikä taas ei takaa täyttä jäljitettävyyttä ja saattaa johtaa ongelmiin. (Kletti 2007: 191–192.)

Jäljitettävyydellä on selkeät hyvät puolensa. Taloudellisesta näkökulmasta tuotannosta tulevat kulut ovat tarkkoja ja mielellään helposti saatavilla, jolloin jäljitettävyyttä pystytään hyödyntämään mahdollisesti tuotantokulujen vähentämisessä. Laadullisesti jäljitettävyys mahdollistaa aktiivisen väliintulon ajoissa, kun puolivalmiisiin tuotteisiin alkaa yllättäen tulemaan vikoja. Tämä kuitenkin vaatii laadullisten mittauksien raportointia MES-järjestelmään ja sen, että materiaalit erotellaan toisistaan eräkohtaisesti. Jokaisella yksittäisellä materiaalilla ja puolivalmiilla tuotteella on oltava siis jokin tekijä, joka erottaa sen toisista vastaavista materiaaleista. Eräkohtaisessa jäljitettävyydessä tämän on jatkuttava koko tuotantoprosessin ajan. (Kletti 2007: 190–192.)

## 3 Muutoksenhallinta

### 3.1 Muutoksenhallinnan puolet

Muutoksenhallinnalla mahdollistetaan muutos organisaation sisällä käyttämällä rakenteellisia lähestymistapoja, jotta mahdollistetaan yksilöiden ja organisaatioiden siirtyminen nykytilasta tulevaan tilaan. Muutoksenhallinnan päämääränä on

onnistuneesti implementoida uusi prosessi, tuote tai strategia minimoiden negatiiviset lopputulokset. (Zukof 2021: 10.)

Kathryn Zukof jakaa kirjassaan *The Hard and Soft Sides of Change Management: Tools for Managing Process and People* (2021) muutoksenhallinnan kahden eri puoleen, kovaan ja pehmeään puoleen. Jotta muutoksenhallinta onnistuu, täytyy kummankin puolen toimia yhdessä samanaikaisesti. (Zukof 2021: 10.)

Olellaiset johtamisperiaatteet, kuten realististen takarajojen asettaminen, oikeiden resurssien hankkiminen ja selkeiden roolien asettaminen, ovat kovia puolia muutoksen hallinnassa. Pehmeällä puolella tarkoitetaan kanssakäymistä henkilöiden kanssa, joihin muutos vaikuttaa, luomalla pohjan hyvälle kommunikointille. (Zukof 2021: 10.)

Muutos on tunteita herättävä asia, ja jopa näennäisesti positiivinen muutos saattaa aiheuttaa negatiivisia tunteita. Kaikenlainen muutos saattaa siis aiheuttaa epävarmuutta ja menettämisen pelkoa. Tämän vuoksi muutoksen hallinnassa on tärkeää löytää tavat, joilla voidaan minimoida epävarmuuden tunteet henkilöissä, joita muutokset koskevat. Epävarmuuksia voidaan lieventää avoimen ja runsaan kommunikoinnin avulla. Antamalla muutoksen tilasta päivityksiä useasti ja myöntämällä, että muutos saattaa aiheuttaa lisätöitä hetkellisesti ja että sen minimoimiseen tehdään töitä, ovat tapoja, joilla kommunikointia voidaan käyttää työkaluna epävarmuuksien minimoimisessa. (Zukof 2021: 12.)

Vaikka muutoksenhallinnan pehmeissä puolissa onnistuttaisiin, voidaan siltikin epäonnistua muutoshallinnan toteutuksessa. Ei riitä, että onnistuttaisiin minimoimaan henkilöiden epävarmuudet ja saataisiin henkilöt, joihin muutos vaikuttaa, ymmärtämään, miksi ja mitä tapahtuu. Myös muutoksen hallinnan kovien puolien onnistuttava. Muutoksenhallinta vaatii siis kummankin osa-alueen onnistumisen. (Zukof 2021: 9.)

### 3.2 Muutoksenhallinnan toteutus

Muutoksenhallinta yrityksissä on pääosin inhimillisten tekijöiden hallitsemista, joten sen toteuttamisen voi aloittaa ottamalla huomioon kolme päätekijää.

(Lauer, 2007: 7.)

Yhtenä päätekijöistä on yksilöt. Yksilöt muodostavat pienimmän sosiaalisen elementin organisaatioissaan ja ilman heidän aktiivista panostustansa, muutos ei ole mahdollista. Yksilöiden asema muutoksenhallinnassa ei ole pelkästään yksilön taitojen muuntamista uusiin haasteisiin sopivaksi, vaan se on myös kannustamista suhtautumaan positiivisin asentein muutokseen ja aktiiviseen kanssakäymiseen muutoksen kanssa. (Lauer, 2007: 7.)

Yrityksen rakenne on toinen päätekijä muutoksen hallinnassa. Se muodostaa yrityksen viralliset rakenteet ja prosessit, strategiat sekä resurssit. Samalla se muodostaa myös epäviralliset rakenteet, joilla on tapana kehittyä ajan kanssa itsestään. Epäviralliset rakenteet ovat niitä osia organisaatioissa, jotka saattavat vastustaa muutosta. (Lauer, 2007: 7.)

Yrityksen kulttuuri on viimeinen päätekijä yrityksiä muutoksen hallinnassa. Kulttuuri vastaa yrityksen yksilöiden asenteista ja arvoista sekä oletuksista. Muutoksenhallinta, joka käsittää pelkästään yksilöt ja yritysrakenteen, on usein huomattavasti vaikeampaa tai jopa mahdotonta toteuttaa. Jotta muutoksenhallinnan voi toteuttaa onnistuneesti, täytyy tiedostaa mahdolliset syyt sen epäonnistumiselle ja onnistumiselle. (Lauer, 2007: 7.)

## 4 Delmia Apriso

Koko FastTrack perustuu DELMIA Apriso -järjestelmään. DELMIA Apriso on Dassault Systèmesin kehittämä valmistuksenohjausjärjestelmä. Dassault Systèmesin mukaan Delmia MES-järjestelmä mahdollistaa minkä tahansa alan tuottajalla tavan virtuaalisesti määrittellä, suunnitella, luoda, monitoroida ja hallinnoida kaikkia tuotantoprosesseja. (DELMIA V5R19 Fact Sheet.)

DELMIA on joustava järjestelmä, jota käytettiin pohjana valmistuksenohjausjärjestelmän rakentamiseen. DELMIAan rakennettiin siis työkaluja, joista merkittävimpiä ovat kaikki DELMIA:n tietokoneversioon kustomoidut työkalut, ja tuotantoon tarkoitettu mobiiliversio DELMIAsta, FastTrack 2.0. Näiden työkalujen kehitys alkoi noin vuoden, ennen kuin järjestelmä otettiin täysin käyttöön tehtaalla, vuonna 2021. Järjestelmään rakennettujen työkalujen virheitä korjataan kuitenkin vielä vuonna 2023. (ID001 – MATERIAL CHANGE, 2021.)

#### 4.1 Työkalut DELMIAssa

Osalla DELMIA:n rakennetut työkaluilla hallinnoidaan tuotantoa. Osa työkaluista on tarkoitettu pelkästään raportointitarkoituksiin ja osa laadunhallintaan. SAP kuitenkin pysyy kaikessa pääjärjestelmänä, joten suoraan tuotantoa muokkavia asioita, kuten tuotannon ajoittamista, sieltä ei pysty hoitamaan.

FastTrack-projektia varten luotuja työkaluja on yhteensä 13. Niistä muutamia ovat

- Desktop
- FastTrack 2.0
- Stock cockpit
- Order Structure.

Nämä työkalut ovat merkittäviä, koska niitä käytetään paljon. Tämä aiheuttaa myös sen, että kyseisistä työkaluista löydetään todennäköisemmin ongelmia.

##### 4.1.1 Desktop

Desktop on vikailmoituksiin, laadunmittauksiin ja laadunmittauksen jälkeisiin varastoluovutuksiin käytetty työkalu. Työkalu koostuu kahdesta eri välilehdestä, laatu välilehdestä ja manuaalinen varastovahvistus -välilehdestä.

Manuaalinen varastovahvistus -välilehdeltä suoritetaan loppuvarastoluovutuksia erille, joihin luotiin vikailmoitus työn viimeisessä työvaiheessa. Laatu-välilehteä käytetään vikailmoitusten hallintaan ja laadunmittausten raportointiin. Laatu-välilehti koostuu kahdesta osiosta, Vikailmoitus- ja Laadunmittaus-osiosta. Vikailmoitus-osiosta hallitaan vikailmoituksia, lisätään vikoihin toimintoja tai tietoja, tai suljetaan vikailmoituksia. Laadunmittaus-osio jakautuu vielä kolmeen alalukioon, Koestus-, Näyte- ja Uudelleentestaus-kohdiksi, joissa raportoidaan kohtiin kuuluvia laadunmittauksia.

#### 4.1.2 FastTrack 2.0 tietokoneella

FastTrack 2.0 on pääasiassa tuotannontyöntekijöiden käyttämä skannaamiseen ja aktiviteetteihin perustuva työkalu. Sitä käyttämällä tuotanto ilmoittaa

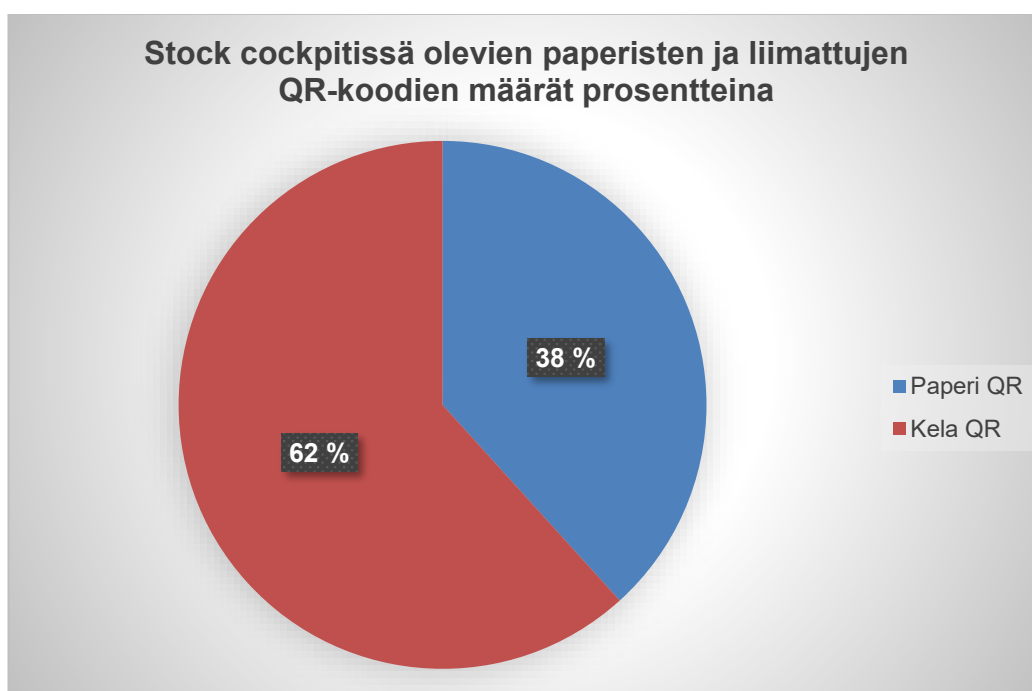
- materiaalin kulutuksen
- erätiedot
- laadulliset mittaukset
- vikailmoitukset.

Tämä työkalu on ladattuna jokaiseen tuotannossa käytettävään Zebra TC52X -laitteeseen, mutta sitä voi käyttää myös DELMIA-tietokonesovelluksen kautta. Tietokoneella QR-koodien skannaaminen on kuitenkin huomattavasti hankalampaa, joten FT 2.0:n käyttäminen tietokoneella vaatii FastTrackin skannauslogiikan ymmärtämistä. Tämän lisäksi etenkin sijainti- ja kelakoodit voivat olla miltei mahdotonta skannata, ellei etukäteen tiedä niiden tietoja.

#### 4.1.3 Stock cockpit

Stock cockpit on työkalu, jonka tarkoituksena on olla FastTrackin sisäinen jatkuva inventaario. Sen tarkoituksena on näyttää kaikki tehtaalle FastTrackin sisällä tuodut puolivalmiste-erät ja materiaalierät, joissa on vielä materiaalia jäljellä.

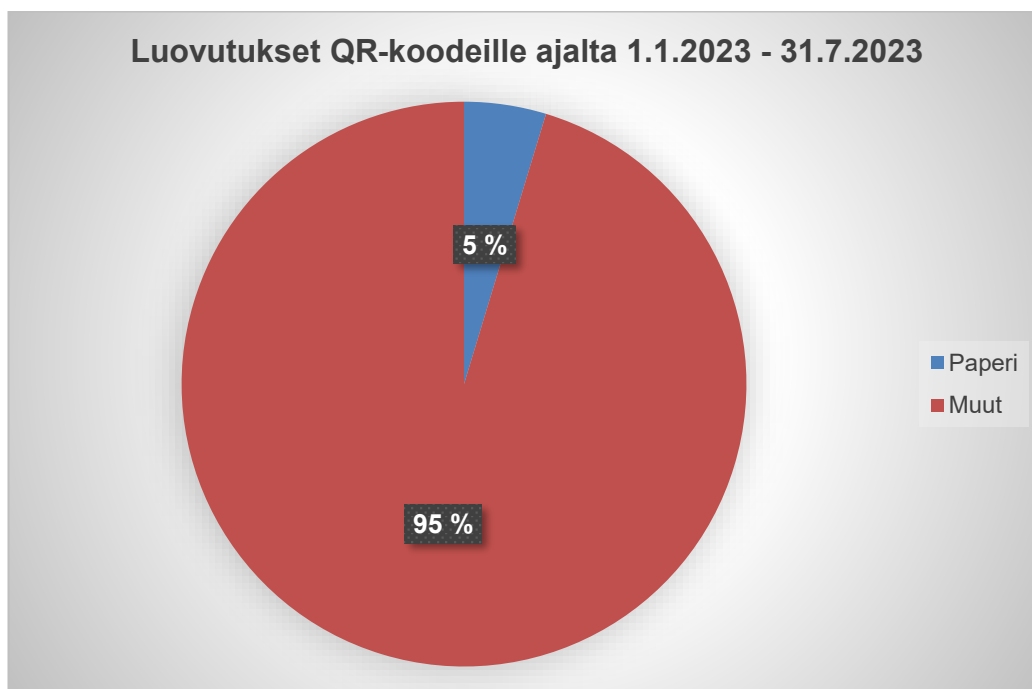
FastTrackin implementointivaikeuksista johtuen kyseinen työkalu on miltei merkityksetön implementoinnin jälkeen, ja se toimii hyvänä esimerkkinä epäonnistuneesta työkalun toteutuksesta. Koska Stock cockpit näyttää kaikki erät, joissa on FastTrackin mukaan enemmän kuin 1 kilogramma tai metri materiaalia jäljellä, Stock cockpitin näyttämät tiedot eivät vastaa todellisuutta. Käytännössä siis, jos materiaali ei kuluteta oikein, sen poistaminen Stock cockpitista on hankalaa, etenkin jos QR-koodina on käytetty paperillista QR-koodia, joka on tarkoitettu vain tapauksiin, joissa kelassa oleva QR-koodi on vaurioitunut tai se puuttuu kokonaan. Jos paperinen QR-koodi ei kulu täysin loppuun, se ei poistu Stock Cockpitistä, ennen kuin erän manuaalisesti tyhjentää tai paperikoodia käytetään uudelleen. Kumpikin tilanne on useasti hyvin epätodennäköinen, sillä kuten kuva 3 osoittaa, Stock cockpitin puolivalmisteista 38 % on paperisilla QR-koodeilla.



Kuva 3. Paperisten QR-koodien ja keloihin liimattujen QR-koodien määrä prosentteina.

Manuaalisen tyhjentämisen tai paperikoodin uudelleenkäytön epätodennäköisyyttä tukee luovutusten jakautuminen paperisten QR-koodien ja keloihin liimattujen QR-koodien välillä. 1.1.2023 – 31.7.2023, noin 95 % (69 596 luovutusta)

kaikista luovutuksista tapahtuu keloihin liimatuille QR-koodeille ja noin 5 % (3 426 luovutusta) tehtiin paperillisille QR-koodeille (kuva 4).



Kuva 4. Luovutukset paperisille QR-koodeille ja keloihin liimattuihin QR-koodeihin prosentteina.

Yli puolet luovutuksista (63 %) paperillisille QR-koodeille tapahtuu puolivalmistelankaan. Tämä johtuu osittain luvussa 4.1.7 käsitellyistä ongelmista, jotka liittyvät keloihin kiinnitettyihin metallilaattoihin.

Stock cockpitin ongelman ratkaisu vaatii aikaa ja ratkaisun myös puolivalmistekelojen QR-koodi ongelmaan. Ennen kuin tuotannon käyttäjät pystyvät kuluttamaan täysin oikein miltei jokaisen erän ja samalla luovuttamalla ainoastaan keloihin kiinnitetyille QR-koodeille, ei sovellus tule toimimaan luotettavasti. Stock cockpitin toimiessa täysin oikein sillä on potentiaalia olla käytännöllinen työkalu, mutta nykyisessä tilassaan sitä ei voi hyödyntää mihinkään sen tietojen epäluotettavuuden vuoksi.

#### 4.1.4 Käyttäjien ongelmat tuotannossa

Tuotannontyöntekijöitä on tehtaalla yli 250. Jokaiselle työntekijälle pidettiin koulutus järjestelmän käytöstä, ennen kuin Go-Live -vaihe alkoi. Koulutus osoittautui kuitenkin riittämättömäksi, sillä tuotannosta löytyy käyttöön liittyviä ongelmia vielä yli vuodenkin päästä ensimmäisten linjojen aktivoinnista. Ongelmia ovat esimerkiksi väärät laatumittaukset, joita järjestelmä pyytää tekemään tai virheestä johtuva järjestelmän väärinkäyttö.

Virheherkkyys on järjestelmää käyttäessä suuri. Jotta järjestelmä toimii oikein, siinä on useita eri osa-alueita, joiden on toimittava yhdessä. Näitä osa-alueita ovat

- QR-koodit
- mobiililaitteet ja internetyhteys
- käyttäjän huolellisuus.

Jos yksikään näistä osa-alueista ei kykene toimimaan optimaalisesti, järjestelmän on vaikeaa toimia oikein.

Edellä mainituista osa-alueista ovat QR-koodeihin liittyvät ongelmat tuotannossa yleisiä. Järjestelmä toimii ilmankin niitä, mutta sen käyttäminen QR-koodittomasti vaatii enemmän ymmärrystä, kuin peruskäyttäjältä voidaan vaatia. Niin kuin luvussa 6.6 QR-koodit mainitaan, käyttäjä lukee mobiililaitteella QR-koodeja

- lukeakseen koneellensa suunnitellut työt
- ilmoittaakseen materiaalit, joita työhön käytettiin
- ilmoittaakseen kelan, johon tuote valmistettiin.

Vähiten ongelmia tuottavat kone- ja sijainti QR-koodit. Nämä ovat aina samassa paikassa, eikä niihin kohdistu yleensä osumia tai muuta ulkopuolista voimaa, joka voisi aiheuttaa niihin häiriötä. Asia on kuitenkin toinen kela-QR-koodeissa. Säilytyksessä kelat ovat monesti kosketuksessa toisiinsa, ja niiden siirtämiseen tarvitaan usein trukkia tai muuta vastaavaa laitetta. Tehtaan keloihin ei ole myöskään alun perin suunniteltu laitettavaksi QR-koodeja niiden kylkiin, joten niiden sijoittaminen koodille turvalliseen paikkaan osoittautui välillä hankalaksi.

Vaurioitunut QR-koodi kelassa voi tehdä luovutuksista keloille mahdotonta, jolloin tuotannon tahti hidastuu ja käyttäjä joutuu turvautumaan vaihtoehtoisin tapoihin suorittaa luovutus tai yrittämään uudestaan, kunnes onnistuu luovutuksessa. Vaihtoehtoinen tapa voi tarkoittaa esimerkiksi paperisen QR-koodin käyttöä.

Internet- ja mobiililaitteiden ongelmat eivät ole olleet yleisiä. Ensimmäisestä Golive-koneesta lähtien on jouduttu huoltamaan seitsemää mobiililaitetta, joista neljä on pystytty huoltamaan paikallisen IT-tuen avulla ja kolme on jouduttu lähettämään huoltoon. Vaikka ongelmat ovat harvinaisempia tällä osa-alueella, ongelmien merkittävyys voi olla kuitenkin huomattavasti suurempi. Internetyhteyden puute tarkoittaa koko järjestelmän toimimattomuutta. Suurimmat yhteysongelmat aiheuttavat verkon huollot, joita tapahtuu satunnaisesti, muutaman kerran vuodessa.

Työntekijöiden huolimattomuudella tarkoitetaan virheitä, joita voi sattua esimerkiksi näppäillessä. Edellä mainituista toistuvista ongelmista huolimattomuusvirheissä on eniten vaihtelua niiden ennalta-arvaamattomuuden vuoksi. Järjestelmä on suunniteltu olemaan tiukka, joten esimerkiksi virheellisiä luovutuspiutuksia ei pysty ollenkaan muuttamaan järjestelmän sisällä vaan on mentävä ERP-järjestelmään poistamaan virheellinen luovutus. Huolimattomuusvirhe voi myös olla niinkin yksinkertainen kuin unohtunut loppuluovutus tai unohtunut materiaalin purku.

Käyttäjävirheitä ennakoitiin kuitenkin heti alusta lähtien. Niiden ratkaisun helpottamiseksi luotiin Aprisoon kustomoituja sovelluksia. Nämä ohjelmat riittävät vain

yksinkertaisiin ratkaisuihin, kuten näppäilyvirheisiin eivätkä sovellu monimutkaisiin ongelmiin. Monimutkaiset ongelmat vaativat järjestelmän logiikan ymmärtämistä. Niitä varten luotiin ohjeita.

Yleisesti esiintyvä ongelma on materiaalin purkamatta jättäminen. Materiaalina voi olla kela, ja jos sitä ei pureta, se jää lastatuksi sijaintiin ja sen purkaminen vaatii sijainnin skannaamisen. Tämänlaiseen ongelmaan ei löydy työkaluja, vaan pitää joko

A) kävellä sijainnin luokse, joka voi olla toisella puolella tehdasta.

B) skannata sijainti etänä tietokoneelta, joka vaatii skannauslogiikan ymmärtämistä.

Ohjeita pystyy luomaan siitä, miten sijainnin voi skannata, mutta käytännöllisiä ohjeita, joissa näkyy jokainen tehtaan yli 400 sijaintia, ei voi luoda helposti. Henkilöiden, joiden on ratkaistava ongelmia, täytyy siis skannata ilman QR-koodeja.

Osa ongelmista saattaa vaatia tehtaan työrakenteen ymmärtämistä. Jos kela tyhjennetään vahingossa, sitä ei välttämättä pysty palauttamaan. Palautus täytyy tehdä luomalla uusi pituus. Työvaiheet hyväksyvät vain niille suunniteltuja pituuksia, jotka ovat edeltävästä työvaiheesta. Joten ongelman ratkaisevan henkilön on:

1. tiedettävä, miten etsiä työn rakenne, jotta tietää pystyy tietämään pituuden materiaalin
2. tiedettävä, mikä työvaihe on oikea
3. osattava skannata oikea kela tietokoneelta, koska kelan tarkka sijainti ei ole välttämättä tiedossa.

Näiden ratkaisemiseen ei ole siis yksinkertaista tapaa, ja ne vaativat paljon harjoittelua ja kertausta.

#### 4.1.5 Keloihin laitettavat QR-koodit

Jotta jäljitettävyys pystyttäisiin pitämään yksittäisen kelan tasolla, oli jokaiseen tehtaalta löytyvään kelaan laitettava uniikki QR-koodi. FastTrackin tietokannan perusteella tehtaalta löytyy SAP-koodattuja keloja 22 412 kappaletta. Eniten on halkaisijaltaan 260-senttimetrisiä puukeloja, joita on luotu 3713 kappaletta. Kokonaisuudessa ei välttämättä vastaa täysin todellisuutta virheellisten kelaluontien vuoksi.

Koska keloja tarvitsee käyttää erilaisiin käyttötarkoituksiin, täytyy niitä olla monia erilaisia ja erikokoisia. Jäljitettävyuden vuoksi tarvitsee kelat myös erikseen merkitä tarkasti oikeanlaisiksi. Suurimpaan osaan keloista päädyttiin käyttämään polypropyleeni-QR-koodi tarroja.

#### 4.1.6 Ongelmat tarroissa

Polypropyleenitarrat osoittautuivat toimivaksi ratkaisuksi. Polypropyleeni on kirkasta muovia, ja sillä on hyvät mekaaniset ominaisuudet. Se kestää hyvin lämpöä ja kylmyyttä sekä iskuja. (Comprehensive Guide on Polypropylene, Specialchem.)

Kelat voivat olla halkaisijaltaan useita metrejä, ja jotta kelaan voidaan valmistaa kaapelia, täytyy se nostaa ylös maasta pukilla ja sen pyöriä linjan mukana. Kela on pystyttävä myös skannaamaan, kun se on ilmaan nostettuna. Työntekijät eivät pysty skannaamaan suurimpia keloja kuin puoleenväliin asti, joten keloihin päädyttiin laittamaan QR-kooditarroja yhteensä kuusi kappaletta, kolme kummallekin puolelle.

Keloille tehdasympäristö on raju. Keloja siirretään jatkuvasti trukeilla sekä nostetaan ja pyöritetään erilaisilla työkaluilla, jolloin kelatarroihin väkisinkin kohdistuu osumia. Osumat ovat yleisempiä halkaisijaltaan pienemmissä keloissa. Osaa keloista myös säilytetään ulkona välillä jopa viikkoja vuodenajasta riippumatta, joten sääolosuhteet vaikuttavat myös paljon tarrojen elinikään. Etenkin

keloissa, joiden halkaisija on pienempi, vaaditaan huomattavasti nopeammin QR-koodien vaihtoa. Vaihtotarroja ja levyjä tilattiin alkuun jokaiseen kelaan muutamia mutta eri riittävästi.

#### 4.1.7 Ongelmat metallilaatoissa

Osan keloista on kestettävä lämpökäsittelyä, jota polypropyleenitarra ei kestäisi. Ratkaisuna tähän yritettiin ensiksi merkitä QR-koodi kelaan laserilla, mikä kuitenkin osoittautui liian monimutkaiseksi ja kalliiksi ratkaisuksi. Keloja, jotka saattavat joutua lämpökäsiteltäviksi, on yhteensä 1154 kappaletta, joista suurin osa eli 807 kela on pieniä, 63 senttimetriä halkaisijaltaan olevia teräskeloja.

Keloihin päädyttiin lopuksi teettämään alumiinisia metallilaattoja, joihin luotiin laserin avulla QR-koodi. Metallilaatat kiinnitettiin keloihin ensi kokeilussa kahdella rosteriniitillä. Rosteri osoittautui huonoksi ratkaisuksi, sillä kuumetessaan rosteriniitit alkoivat värjäytyä ja samalla pilasivat alumiinilaatan, jolloin QR-koodi ei enää ollut luettavissa. Lopulliseksi ratkaisuksi päädyttiin alumiininiitteihin.

Alumiininiitit vaativat, että kelaan porataan kaksi reikää, joihin niitit menevät, mikä tarkoittaa laattojen kiinnittämiseen menevän huomattavasti aikaa. Alumiininiitit eivät myöskään ole rakenteellisesti yhtä kestäviä ulkopuolisille voimille kuin rosteriset. Tästä syystä tuotannossa huomattiin osan laatoista kärsineen huomattavia vahinkoja johtuen esimerkiksi toisen niitin irtoamisesta. Metallisia laattoja kiinnitettiin yhteensä noin 3000 kappaletta T63-keloihin. Jokaisen kelaan kiinnitettiin neljä samanlaista laattaa, kaksi kelan kummallekin puolelle, eli yhteensä noin 750 uniikkia QR-koodia kiinnitettiin kyseisiin keloihin. Ensimmäiset 670 kappaletta laattoja tilattiin marraskuussa 2021 ja ne kiinnitettiin alkuvuodesta 2022. Toinen erä laattoja tilattiin kesäkuussa 2022 ja ne kiinnitettiin saman vuoden heinäkuussa.

Marraskuun lopussa 22.11.2022 skannattiin kokeeksi 91 eri T63-kelan QR-koodit. Kelat valittiin satunnaisesti usean joukosta ja keloissa olevat kaikkia neljää metallilaattaa yritettiin skannata noin viiden sekunnin ajan. Jokaisen skannatun

kelan QR-koodin juokseva numero kirjattiin, jotta välttyttäisiin saman kelan tietojen merkitsemiseltä kahdesti. Kelasta saadut tiedot kirjattiin taulukkoon (Taulukko 1), johon merkittiin toimivien QR-koodilaattojen määrä. Koska kelat ovat täyspäiväisessä käytössä tehtaalla ja miltei jokaista niistä tarvitaan joka päivä, on hyvin vaikeaa saada skannatuksi suuria määriä kelojahäiritsemättä tuotantoa.

Taulukko 1. T63-keleissa olevat QR-koodilaatat ja yksittäisissä keleissa kiinni olevien laattojen osuus.

	Kiinni olevien laattojen lukumäärä	Määrä %	Kelojen määrä	Puuttuvien laattojen määrä
Metallilaatat <b>Yhteensä 2021–2022</b>	4/4	40,7 %	37	0
	3/4	45,1 %	41	41
	2/4	7,7 %	7	14
	1/4	6,6 %	6	18
			Yhteensä: 91	Yhteensä: 73

	Kiinni olevien laattojen lukumäärä	Määrä %	Kelojen määrä	Puuttuvien laattojen määrä
Metallilaatat <b>vuodelta 2021</b>	4/4	38,6 %	32	0
	3/4	48,2 %	40	40
	2/4	6,0 %	5	10
	1/4	7,2 %	6	18
			Yhteensä: 83	Yhteensä: 68

	Kiinni olevien laattojen lukumäärä	Määrä %	Kelojen määrä	Puuttuvien laattojen määrä
Metallilaatat <b>vuodelta 2022</b>	4/4	62,5 %	5	0
	3/4	12,5 %	1	1
	2/4	25,0 %	2	4
	1/4	0,0 %	0	0
			Yhteensä: 6	Yhteensä: 5

Kokeen tarkoituksena oli simuloida tuotannontyöntekijän tapaa skannata keloja ja sillä perusteella selvittää, kuinka monta laattaa toimii yhtä kelaa kohden. On kuitenkin huomattava, että laattoja yritettiin skannata vain yhden kerran yhden

henkilön toimesta, joten tuloksissa olisi luultavasti enemmän variaatiota, jos testiryhmä olisi suurempi ja samat kelat skannattaisiin useamman kerran. T63-keloja on kuitenkin yli 700 kappaletta ja tuotantoympäristössä täysin samojen kelojen uudelleenskannaus vaatii aikaa. Näistä huomioista huolimatta testin lopputuloksesta pystyy tekemään suuntaa antavia johtopäätöksiä.

Lopputuloksena 91 kelasta vain 40,75 %:ssa eli 37 kelassa toimivat kaikki niihin aikaisemmin kiinnitetyt laatat ja enemmistönä 45,1 %:ssa (41 kelaa) toimi kolme laattaa neljästä. Keloja, joissa vain puolet laatoista toimi, oli 7,7 % (7 kelaa), ja keloja, joissa vain yksi laatta oli skannattavissa, oli 6,6 % (6 kelaa). Isossa osassa skannatuista keloista oli vuonna 2021 tilattuja metallilaattoja 91,21 %:n (83 kelaa) osuudella.

Vuonna 2021 tilatuista laatoista vielä suuremmalla prosentilla (48,2 %), 83 kelassa, toimi kolme neljästä laattasta. Jokainen laatta toimi 38,6 %:ssa ja kaksi laattaa 6 %:ssa. Ainoastaan yksi laatta oli skannattavissa 7,2 %:ssa keloista. Vuoden 2022 laatat kiinnitettiin huomattavasti myöhemmin, ja niitä on myös huomattavasti vähemmän.

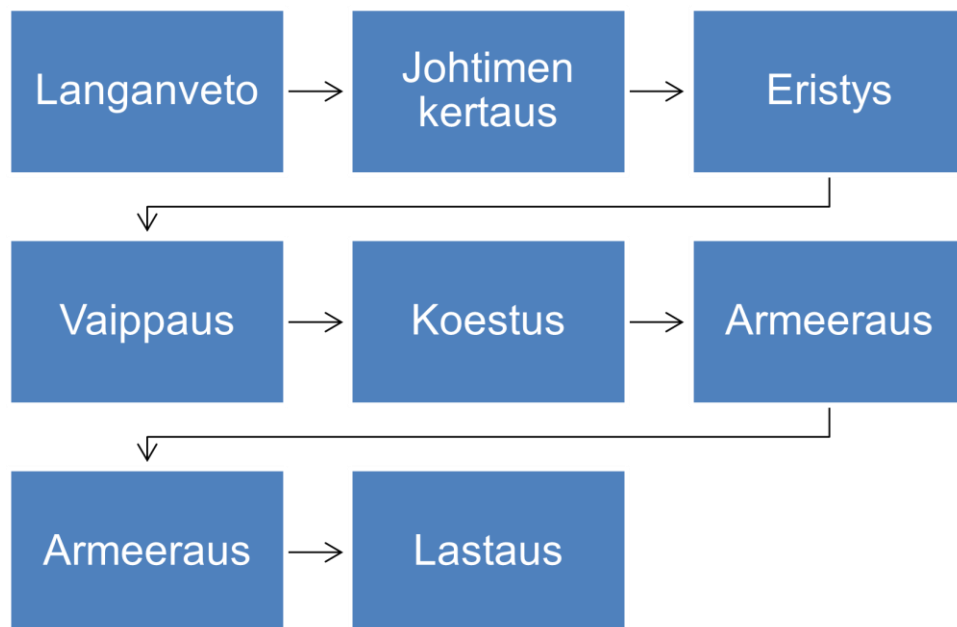
Laattoja skannattiin yhteensä 364 kappaletta, joista 73 kappaletta eli 20 % ei toiminut. Ongelmatilanteita syntyy kuitenkin jo siinä vaiheessa, kun kelan toisen puolen laatat lakkaavat toimimasta johtuen tuotannon tyylistä tuottaa kela pysty-  
asennossa tai kelojen ollessa vierekkäin. Tällöin kelaa ei pystytä skannaamaan ollenkaan ja tuotantoluovutuksia on vaikeampaa tehdä.

Testi antoi kuitenkin näkemyksen, että laatat on vaihdettava muutaman vuoden välein jokaiseen kelaan, ellei vaihdeta kokonaan tapaa skannata keloja tai muuteta laattojen materiaaleja.

## 5 Kaapelinvalmistus

Kaapelin valmistusprosessi on monimutkainen ja vaatii useita eri työvaiheita. Pikkalassa kaapeli pystytään valmistamaan johtimesta armeerattuun kaapelin asti. Kaapelin valmistusprosessissa on kuitenkin eroavaisuuksia kaapelityyppien välillä. Esimerkiksi merikaapeli saattaa vaatia enemmän testauksia tai vahvistuksia rakenteisiinsa kuin heikkovirtamaakaapeli. (Operators training 2018.).

Merikaapelin valmistusprosessi alkaa langanvedosta ja loppuu lastaukseen. Merikaapelin valmistusprosessi on visualisoitu kuvassa 5.



Kuva 5. Kaapelin valmistuksen prosessikaavio.

Kaapinvalmistusprosessi riippuu huomattavasti valmistettavasta kaapelityypistä. Tyypillisesti heikkovirtakaapelit eivät tarvitse erikseen omanlaista lastaustyövaihetta, mutta saattavat tarvita ylimääräisen lämpökäsittelyn tai kaasunpoiston, joita merikaapeli ei välttämättä tarvitse.

## 5.1 Langanveto

Langanveto on kaapelinvalmistuksen ensimmäinen työvaihe. Langanvedon tarkoituksena on luoda kaapelin johtimelle halkaisijaltaan sopivankokoisia lankoja. Langanvetoprosessi alkaa lähtölångasta, joka vedetään vetokivisarjan lävitse. Jokainen yksittäinen vetokivi supistaa tyypillisesti noin 8 mm:n lähtölångaa keskimäärin noin 30 %, ja vetokivien määrä riippuu halutusta langan halkaisijasta. Tyypillisen tuotannossa käytettävän vedetyn langanhalkaisija on 2 mm – 5 mm. Läpäistyään vetokivet metallilångka puolataan langanvedon yhteydessä kelalle, josta se kerrataan myöhemmässä vaiheessa johtimeen. (Operators training 2018.).

## 5.2 Johtimen kertaus

Johtimen kertauksessa metallilångat kerrataan yhteen kerroksittain ja valmistettava johdin tiivistetään kestävään vettä ja pysymään kasassa. Kerroksien ja metallilångojen määrä riippuu johtimen halutusta halkaisijasta. Yleensä johtimen kertaus tapahtuu kertaamalla keskilångan päälle lankakerros lankakeloista. Jokainen kerros kerrataan eri suuntiin. Kerroksien väleihin laitetaan vettä eristävää materiaalia, jotta johdin olisi vesitiivis jokaisessa kerroksessa. Kerrokset tiivistetään ja tasataan joko tiivistyskivillä tai valsseilla. Valmiin johtimen päälle saatetaan myös laittaa nauhoja tiivistämään ja suojaamaan johdinta. (Operators training 2018.)

## 5.3 Eristys

Eristystyövaiheessa johtimen nauhojen päälle luodaan johdin-, eristys- ja hohtosuoja. Niiden on tarkoitus suojata johdinta, varmistaa kaapelin oikeanlainen toimivuus sekä parantaa kaapelin mekaanisia ja lämmönkestäviä ominaisuuksia. Suojauksien valmistusprosessi tapahtuu joko pysty- tai katenaarivulkanisoinnilla. Eri vulkanisointitapoja käytetään eri kaapelituotteissa. Pystyvulkanisoinnissa hyvän keskeisyyden saavuttaminen on helpompaa, mutta vaatii suuren investoinnin. Katenaarivulkanisoinnissa linjanopeus on yleensä suurempi, mutta

hyvän keskeisyyden saavuttaminen on vaikeampaa. Katenaarivulkanisointi sopii paremmin pienempien jänniteluokkien kaapeleille eli LV- tai MV-kaapeleille. Pystyvulkanisointi sopii taas paremmin suurempien jänniteluokkien kaapeleille, kuten HV- tai merikaapeleille. (Operators training 2018.)

#### 5.4 Vaippaus

Vaippauksessa kaapeli menee puristimen lävitse, jossa se saa yhtenäisen, yleensä joko muovi- tai lyijykerrosen. Lyijy- tai muovivaippauksella tarkoitetaan prosessia, jossa kaapeli kosketussuojataan ja vesitiivistetään. Eristyksen ulkosisimman kerroksen eli hohtosuojan ja vaipatun kerroksen väliin tulee myös nauha, jolla suojataan herkkää hohtosuojaa ja lisätään vesitiiveyttä. (Operators training 2018.)

#### 5.5 Armeeraus

Armeerauksessa kaapeli lisätään mekaanisia suojakerroksia, jotta parannettaisiin kaapelin veto- ja puristuslujuutta. Yleensä armeeraus suoritetaan vesistökaapeleille. Armeeraus on viimeinen vaihe, jossa kaapeliin lisätään rakenteellisia ominaisuuksia. Armeerauksessa vaipatun kaapelin päälle kerrataan metallisia lankoja tai nauhoja. Kolmivaihevaihtovirtakaapeleissa sekä yksivaihetasavirtakaapeleissa metallilangat ovat yleensä terästä sen hyvän vetolujuuden ja hinnan vuoksi. Hystereesihäviöiden vuoksi magneettisia teräsmetallilankoja ei voida käyttää kaikkiin kaapelityyppeihin, jolloin kaapeli suojataan esimerkiksi kupari- tai alumiinilangoilla. Armeerauslankojen päälle valutetaan vielä kuumentua bitumia korroosiosuojaksi ja armeerauksen kiinteyttämiseksi. Bitumin ja lankojen päälle kerrataan lopuksi naruja. Narut peittävät koko kaapelin ja antavat lisäsuojaa kaapelille. Osa naruista on myös värillisiä, mikä helpottaa kaapelin tunnistamista vedessä laskun aikana. (Operators training 2018.)

## 5.6 Sähköinen koestus

Koestuksessa kaapelin toimivuus varmistetaan ja etsitään kaapelista vikoja. Kaapeli kytketään testauslaitteistoon ja siihen syötetään haluttu jännite joko sovitukseksi tai standardinmukaiseksi ajaksi. Koestuksessa ilmeneviä vikoja ovat yleensä osittaispurkausviat ja läpilyönnit. Osittaispurkaukset viittaavat alkaviin vikoihin ja läpilyönti viittaa kaapelissa jo olevaan mekaaniseen vikaan. (Operators training 2018.)

## 6 FastTrack

FastTrack on Prysmian Groupille kehittetty MES-järjestelmä. FastTrackin tehtävänä on kerätä tietoa tuotannosta ja lähettää se eteenpäin SAP-järjestelmälle. Järjestelmä on otettu käyttöön alun perin Suomessa Kirkkonummen Pikkalan-tehtaalla ja Romanian Slatinan-tehtaalla. Tehtaiden raportointijärjestelmiä haluttiin päivittää nykyaikaisemmaksi ja lähemmäksi Factory 4.0:n kaltaista toimintatapaa.

FastTrack otettiin käyttöön Pikkalassa maaliskuussa 2022 alkuun muutamalla koneella. Koneita oli yhteensä viisi, ja ne valittiin tuotannon alusta erähallinnan vuoksi. Muutoksenhallinta hoidettiin aloituksen yhteydessä; työntekijät koulutettiin linjoilla ja koulutuksia lisättiin uusien ominaisuuksien julkaistaessa. Projektiin kuului tässä vaiheessa paikallinen tiimi ja Prysmian Groupin pääkonttorilta toiminnallinen tiimi.

### 6.1 Ennen FastTrackia

Ennen FastTrackin implementaatiota etenkin materiaalinjäljitettävyys ja laadulliset mittaukset olivat useassa tehtaalla valmistettavissa kaapeleissa joko täysin olematonta tai täysin riippuvainen tuotannontyöntekijöiden täyttämistä Excel-taulukoista.

Yksi toistuva ongelmana Excel-taulukkoja täyttäessä ilmaantuu, kun täytetään paljon erilaista tietoa useaan tiedostosijaintiin. Tällöin Excel-tiedostot ja kansiot ovat ripoteltuna yleensä verkkolevyllä todella moneen paikkaan ja oikeiden tiedostojen löytäminen hankaloituu. FastTrackin yhtenä tarkoituksena on tiivistää kaikki tämä tieto yhteen paikkaan.

### 6.1.1 Materiaalinkulutus ja jäljitettävyys ennen

Tehtaalle saapuvien materiaalien vastaanoton yhteydessä kirjattiin SAP:iin yksikkökohtaiset tiedot, kuten eränumero. Tuotannon materiaalinjäljitettävyystietojen kannalta prosessi vaati kuitenkin todella paljon manuaalista kirjanpitoa, jotta tiedetään, mitä materiaaleja käytettiin missäkin tuotteessa. Tällaista kirjanpitoa ei myöskään tehty jokaiselle valmistettavalle tuotteelle.

Materiaalinjäljitettävyyden seurantataulukot olivat siis Excel-taulukoita, joihin kirjattiin ennalta määritellyistä materiaaleista esimerkiksi uniikki eränumerosarja. Merkkisarja saattaa olla kymmeniä merkkejä pitkä sekä sisältää kirjaimia ja numeroita, mikä mahdollisten inhimillistenvirheiden todennäköisyyttä (kuva 6). Yksittäisellä tuotantolinjalla merkkisarjoja kirjattiin Excel-taulukkoon useamman kerran vuorossa.

Valmistaja	Nipun numero		Huom.
Supplier	Number of coil		Notes
	Batch No.	Coil No.	
A		FD1901000-011	vajaa nippu
A		FC1900940-013	
A		FC1900960-002	
A		FD1900960-002	
A		FD1900890-004	
A		FD1900970-007	
A		FD1900970-033	
A		FC1900970-002	
A		FC1900970-008	
L		11602204	
L		11602201	

Kuva 6. Kuvankaappaus alumiininippujen vuoden 2019 seurattavuustaulukosta, jossa monimutkaiset eränumerot ovat näkyvissä.

Kirjaaminen käsin vaatii tarkkaavaisuutta ja huolellisuutta, mitä voi kiireellisessä tehdasympäristössä olla vaikeaa saavuttaa. Tuotannontyöntekijöiden on muistettava kirjata useampi eri asia yksittäisestä materiaalista eränumerosarjojen lisäksi, kuten materiaalin paino tai valmistaja. Taulukot ovat myös erilaisia jokaisessa työvaiheessa, mikä lisää tiedon keräämisen vaikeutta. FastTrackin avulla pyritään saavuttamaan yksikkökohtainen seuranta helpommin erähallinnan avulla, ja tiedot ovat aina samanlaisessa muodossa. Erähallinnalla tarkoitetaan sitä, että nämä tiedot saataisiin järjestelmään skannaamalla materiaalin materiaalilappu.

Materiaalinkulutustiedot ennen FastTrackiä laskettiin SAP:ssa, joka saa kulutukseen liittyvät tiedot kaapelinsuunnittelujärjestelmästä. SAP:iin kirjattujen luovutuksien perusteella laskettiin yksittäisten materiaalien kulutus. Kuva 7 visualisoi kulutuksen seurattavuuden SAP-järjestelmätasolla.

Posting Date	Entered at	Material	Quantity	Unit	Order
01.02.2022	08:22:42	RM071993	10 366,802-	KG	84832920
	21:40:22	RM071993	9 441,403-	KG	84832920
	05:32:55	RM071993	9 125,128-	KG	84832920
31.01.2022	13:51:49	RM071993	8 070,877-	KG	84832920
	21:29:58	RM071993	9 125,128-	KG	84832920
	05:30:12	RM071993	6 899,487-	KG	84832920
30.01.2022	17:37:50	RM071993	5 739,823-	KG	84735652
	21:30:49	RM071993	8 352,011-	KG	84832920
29.01.2022	17:34:50	RM071993	20 509,159-	KG	84735652
28.01.2022	21:37:27	RM071993	9 115,182-	KG	84735652
	13:33:35	RM071993	10 674,357-	KG	84735652

Kuva 7. Kuvankaappaus SAP-luovutuksen jälkeisestä kulutuksesta. Kuvassa näkyy kulutuspäivämäärä, raaka-ainetunnus, kulutettu määrä ja työnnumero.

Seurattavuustietoja, joita pystytään saamaan SAP-luovutuksella ovat

- kelanumero
- luovutusaika ja päivämäärä
- työnnumero ja kone
- luovutuksen tehnyt henkilö
- kulutetut materiaalit ja kulutettu määrä
- valmistamiseen kulunut aika
- tuotenumero ja sen kuvaus.

Kulutuksiin liittyvät ongelmat korjataan kerran kuukaudessa järjestettävässä inventaariossa, jossa lasketaan löydetyt materiaalit ja löytöjen perusteella tehdään SAP:iin korjaukset. Koska kulutus SAP:ssa perustuu pitkälti arvioihin, ei todellisesta kulutuksesta voitu koskaan olla täysin varmoja. Tämän vuoksi kuukausittainen inventaario on miltei välttämätön.

Materiaalinkulutusta ei myöskään voitu valvoa helposti. Jos kesken valmistuksen oli tarve vaihtaa materiaalia johonkin vastaavaan toiseen materiaaliin, ei kulutusta pystytty helposti korjaamaan vaan korjaukset oli tehtävä manuaalisesti

myöhemmin, usein vasta tuotteen valmistuttua. Myöskään väärän materiaalin käyttöä ei järjestelmä mitenkään estänyt, sillä se ei kyennyt reaaliaikaiseen raportointiin. Tällainen käytäntö lisää riskejä väärän materiaalin käyttöön huomattavasti enemmän kuin järjestelmä, jossa kulutussäännöt ovat tiukemmat.

### 6.1.2 Laatumittaukset ennen

Laadullisissa mittauksissa ei ole niin paljon eroa FastTrackin ja sitä edeltävän tavan välillä kuin materiaalikulutuksen osalta. Mittaukset itsessään pysyvät samana, vain raportointitapa muuttui.

Laadunmittaukset materiaalinseurannan tavoin täytettiin Excel-taulukoihin. Koska taulukkotiedostot olivat kuitenkin monissa eri tiedostosijainneissa ja isoissa tiedostoissa verkkolevyillä, oli haluttujen tiedostojen löytäminen hankalaa.

Ongelmana taulukoissa on kuitenkin taas inhimilliset virheet. Excel-tiedosto ei muistuta ketään suorittamaan mittauksia tai täyttämään niitä. Käytetyt taulukot eivät myöskään estäneet operaattoria luovuttamasta kelaa, eivätkä pyytäneet luomaan vikailmoitusta poikkeavista tuloksista. FastTrackin avulla näistä ongelmista pyrittiin pääsemään eroon.

## 6.2 Erähallinta

FastTrack lähdettiin implementoimaan Prysmianin tehtaisiin, jotta voitaisiin parantaa

- materiaalinjäljitettävyyttä
- materiaalikulutusta
- laatumittausten raportoimista.

Parannuskohdat materiaalikulutuksen kannalta hoidetaan *Batch management* -systeemin eli eräkohtaisen hallinnan avulla. Tämä tarkoittaa lyhyesti sitä, että

jokaiselle tehtaalla käytettävälle materiaalille ja tuotteelle määritetään uniikki numerosarja. FastTrackin sisällä tätä uniikkia numerosarjaa kutsutaan eränumeroksi. Eränumeron perusteella pystytään tunnistamaan siihen liittyvät oleelliset tiedot. Oleellinen tieto käytetystä materiaalista on esimerkiksi lähettäjän laatima laatusertifikaatti.

Oleelliset tiedot, joita ei löydä SAP-seurannalla mutta löytää FastTrack-seurannalla, ovat seuraavat:

- valmistamiseen käytettyjen materiaalien eränumerot
  - konepositio, johon materiaali lastattiin
  - kulutettu määrä eräkohtaisesti
- kaikki valmistukseen osallistuneet henkilöt
- laadulliset mittaukset ja ne suorittaneet henkilöt
- kelanumero ja kelan tiedot (esimerkiksi kelan koko- ja tunnistusnumero ja kelalla olevan erän tila)
- mahdolliset laadulliset vikailmoitukset
- kelan viimeisin sijainti tehtaalla.

Batch managementin avulla pystytään myös määrittämään oikeiden materiaalien käyttö. Työvaiheet hyväksyvät ainoastaan saman työnumeron eriä ja työn BoM:sta löytyvät materiaalit.

### 6.2.1 Tuotantopituuden eränumero

Osa yksikkökohtaista hallintaa ovat tuotantopituuksien eränumerot. Tuotannosta valmistuvien tuotteiden eränumerot ovat aina samantyyllisiä: ne alkavat aina kirjaimella *B*, jonka jälkeen tulee kahdeksan numeroa. Kuva 8 on kuvankaappaus kahdesta eränumerosta. Eränumerot kasvavat pienemmästä suurempaan, eli eränumero kasvaa suuruudeltaan jokaisen uuden erä luomisen

yhteydessä. Esimerkiksi eränumero B00010000 on luovutettu aikaisemmin kuin eränumero B00010001.



Kuva 8. Kuvankaappaus DELMIA Aprison *Order Structure* -sovelluksesta, jossa on esillä valmistusnumero, eränumero sekä kone- ja kelatiedot.

### 6.2.2 Materiaalin eränumero

FastTrack erottaa materiaalit toisistaan kahden eri numerosarjan perusteella, erä- ja varastosijaintinumeron avulla. Materiaalien eränumerot riippuvat materiaalista ja tavarantoimittajasta. Materiaalille määritetään eränumero tavarantoimituksen yhteydessä, jolloin materiaalin vastaanottaja voi joko antaa materiaalille itse eränumeron, kuten tavarantoimittajan kollinumeron, tai SAP voi luoda sen automaattisesti.

Kahdella materiaalilla voi olla sama eränumero, mutta silloin täytyy varastopaikkakokkumeron olla eri, muuten järjestelmä luulee niiden olevan sama materiaali. Esimerkiksi 10 tehtaalle samaan aikaan saapuvat samat materiaalit saattavat saada saman eränumeron, mutta varastopaikkakokkumeron tulee niillä eroamaan.

### 6.3 Kämmenlaitteen toiminta

FastTrack toimii sekä tietokoneella että mobiililaitteilla. Mobiililaitteina on käytössä Zebra Android 10 -pohjainen älypuhelin, Zebra TC52X (kuva 9), joka toimii myös viivakoodinlukijana. Tietokoneella on käytössä kaikki järjestelmän toiminnallisuudet, mutta tarkoituksena on hoitaa lähes kaikki toiminnot tuotannossa mobiililaitteen avulla. Tuotannossa käytetään FastTrack 2.0 -sovellusta, joka on kehitetty mobiiliversioksi Dassault Systèmesin DELMIA Apriso -ohjelmasta.



Kuva 9. Zebra TC52X -älypuhelin-skanneri.

FastTrack 2.0:n toiminta perustuu QR-koodeihin, joita skannataan eri toimintoja varten. QR-koodeja laitettiin tehtaalle kaikkialle, kuten koneeseen, keloihin, ja varastopaikoille. Yksinkertaisimmillaan skannataan koneen QR-koodi, minkä jälkeen kämmentietokoneessa näkyy tuotantojärjestys ja tästä voidaan valita seuraavat toimenpiteet. Vastaavasti skannaamalla varastopaikan näkyy kyseisen varastoalueen kela- ja raaka-ainesaatavuus. Skannaamalla kelan näkee kelan sisällön ja mahdolliset viat.

Zebra TC52X -laitteet ovat konfiguroitu toimimaan vain rajoitetulla tavalla. Peruskäyttäjät eivät kykene avaamaan monia sovelluksia FastTrack 2.0:n lisäksi. Käsilaitteisiin ei voi esimerkiksi ladata mitään, ja ne on lukittu omaan käyttöjärjestelmäänsä. Mobiililaitteet kykenevät yhdistämään vain rajoitettuun yhteiseen verkkoon, joka toimii vain FastTrack 2.0 -sovelluksessa.

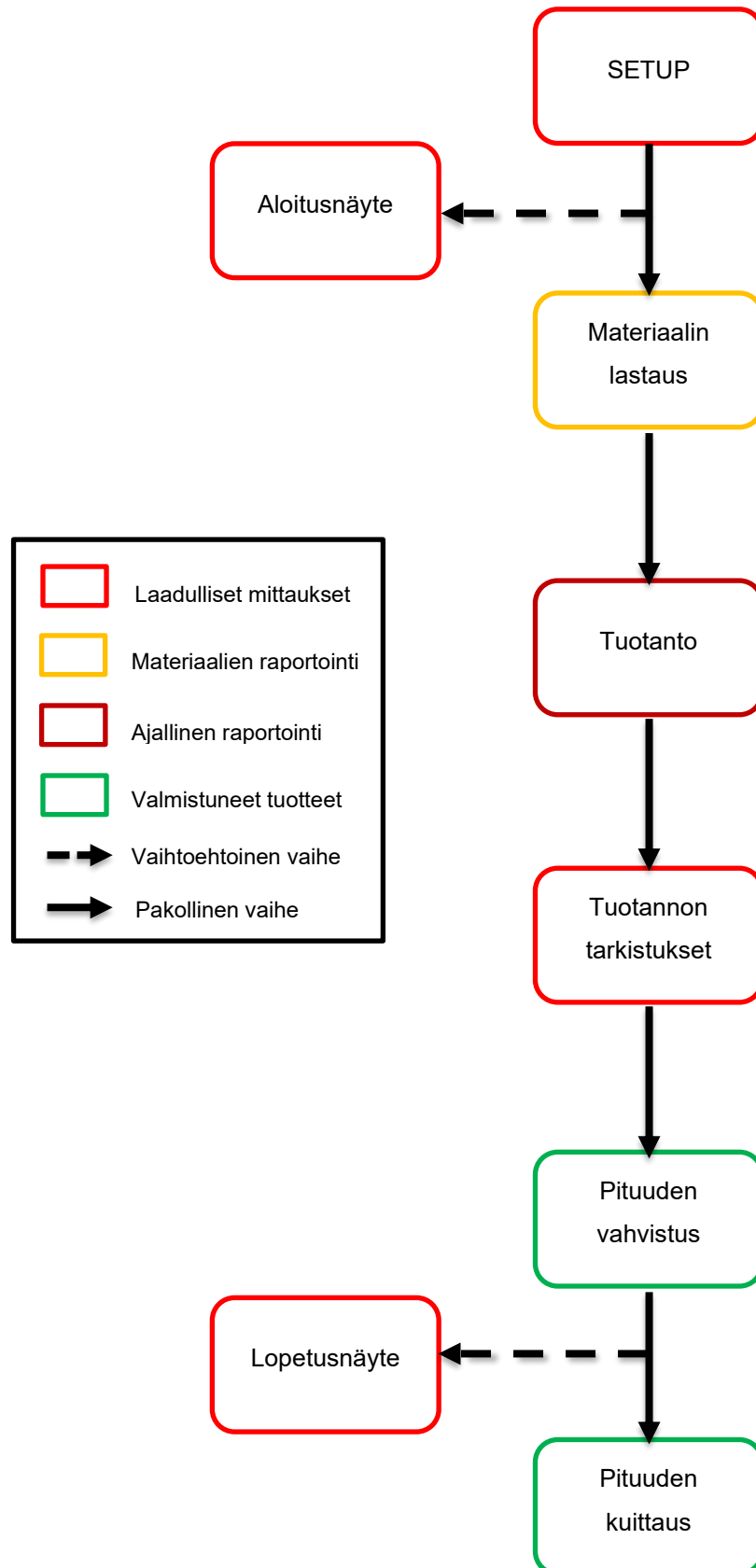
#### 6.4 Fasttrack 2.0:n toiminnot

FastTrack 2.0 -mobiilisovellusta käyttävät pääasiassa tuotannontyöntekijät. Päätehtävinaan heillä FastTrack 2.0 -sovelluksen kautta ilmoittaa

- laadulliset mittaukset
- näytteet

- materiaalit, joita he ovat käyttäneet ja käytetty määrä
- valmiiksi saadut tuotteet.

Edellä mainitut päätehtävät ilmoitetaan käyttäen järjestelmän aktiviteettejä. Aktiviteettejä on 6–8 riippuen valmistettavan kaapelin tyypistä. Aktiviteetit vastaavat työvaiheita, joita tuotannossa tehdään todellisuudessakin, ja tätä havainnollistetaan kuvassa 10. Aktiviteetit täytyy suorittaa oikeassa järjestyksessä, ennen kuin järjestelmä päästää käyttäjän seuraavaan aktiviteettiin. Jokaisen aktiviteetin täytyy olla suoritettu, ennen kuin järjestelmä antaa käyttäjän tehdä luovutuksen.



Kuva 10. Prosessikaavio FastTrackin tuotannonaktiviteeteistä. Väreillä on kategorisoituna eri aktiviteettien tarkoitukset.

### 6.4.1 Setup

Setup on aina ensimmäinen aktiviteetti FastTrackissä. Uuden työn valmistelua kutsutaan Setupiksi niin FastTrackissä kuin tuotannossakin. Työn valmisteluilla tarkoitetaan koneen laittamista tuotantokuntoon. Tämä voi pitää sisällään erilaisten asetusten määrittämistä koneessa, kuten puristimien asettamista oikeisiin lämpötiloihin.

FastTrackissä Setup vastaa enemmänkin tarkistuslistaa. Tarkistuslista pitää pääosin sisällään *OK*- tai *NOT OK* -vastauksia, mutta ne voivat olla myös laatu- mittauksiakin. Täytettävät mittaukset tai kysymykset ovat työnjohdon tai muun vastuuhenkilön määriteltävissä. Setup-aktiviteetti on myös ensimmäinen tilaus ottaa aloitusnäyte.

Setup-aktiviteetti ja sitä alempana järjestyksessä oleva Materiaalin lastaus -aktiviteetti on suoritettava, ennen kuin pääsee jatkamaan Tuotanto-aktiviteettiin.

### 6.4.2 Materiaalin lastaus

Ennen FastTrackin implementointia tuotannosta ilmoitettiin materiaalitiedot automaattisesti SAP-järjestelmään pituudenvahvistuksen yhteydessä. Työntekijän luovuttaessa valmiin tai puolivalmiin tuotteen SAP laski automaattisesti sinne ennalta määritetyillä arvoilla materiaalikulutuksen ja tuotteen valmistumiseen kuluneen ajan. FastTrackin myötä ennalta mainitut tiedot ilmoitetaan FastTrackiä käyttäen.

Materiaalinkulutuksesta tulevat tiedot ilmoitetaan järjestelmään Materiaalin lastaus -aktiviteetista. Työntekijälle avautuu ruutu, jossa hän näkee kolme kohtaa:

- lastatut materiaalit
- ladata+-nappi
- vaaditut materiaalit.

Materiaalinlastaus-ruudussa näkyy jo ilmoitetut materiaalit, ladata+-napista pystyy lastaamaan lisää ilmoitettavaa materiaalia tai vaihtamaan sen. Vaadituissa materiaaleissa näkyy, mitä materiaaleja on vielä ladattava, jotta pystytään etenemään seuraavaan vaiheeseen. FastTrack saa vaaditut materiaalitiedot työn BoM:sta, SAP-järjestelmästä. Muiden kuin vaadittujen materiaalien skannaaminen on estetty. Kun yritetään lastata estettyä materiaalia, järjestelmä ilmoittaa käyttäjälle materiaalin olevan väärää. Vaaditut materiaalit -listassa näkyy myös standardikulutus, joka lasketaan SAP:sta lähetetyn pituussuunnitelman ja työvaiheessa kulutettavien materiaalien perusteella.

Käytännössä kulutetun materiaalin ilmoitus tapahtuu niin, että päästyään materiaalin lastausruutuun käyttäjä painaa ladata+-nappia. Käyttäjä sitten skannaa lastauspaikansijainnin (Kuva 13) eli position, johon halutaan materiaalia lastata. Skannattuaan sijainnin käyttäjän on painettava eteenpäin nappia ja skannattava materiaalin QR-koodi, minkä jälkeen hänen on painettava tallennusnappia. Materiaali näkyy tämän jälkeen lastattujen materiaalien listalla, jonka lisäksi näkyy myös lastattu määrä. Joillain tuotantokoneilla on myös ilmoitettava jo valmistettu määrä tuotetta, jota käytetään raportointiin samoin kuin kulutuksen laskemiseen.

Jos skannatussa sijainnissa on jo valmiiksi lastattuna materiaalia ja sijainti on mahdollistaa vain yhden erän kerrallaan (Single position), joka ei ole kulunut loppuun luovutusten yhteydessä, järjestelmä pyytää purkamaan aikaisemman materiaalin pois. Materiaalin purkamisen yhteydessä käyttäjää pyydetään ilmoittamaan jäljelle jäänyt määrä kilogrammoina tai metreinä riippuen purettavasta materiaalista. Alun perin lastatun ja jäljelle jääneen määrän erotus lasketaan kulutukseen mukaan luovutuksen yhteydessä. Materiaalin vaihto- ja purkuvaihe on siis järjestelmän toimivuuden kannalta todella tärkeää tehdä oikein, sillä virheelliset tiedot aiheuttavat väärää materiaalinkulutusta.

Materiaalinkulutustiedot lähtevät SAP:iin ainoastaan luovusten yhteydessä. Käyttäjän vahvistaessa tuotteen FastTrack laskee purettujen materiaalien ja

SAP:sta tulevan standardikulutuksen perusteella materiaalinkulutuksen ja lähettää tiedon SAP:iin.

Jos materiaalinkulutus on tehokasta, niin että FastTrackin laskeva kulutuskerroin eroaa todellisuudesta ja kerroin laskee materiaalin loppuneen ennenaikaisesti luovutuksen yhteydessä, pystytään järjestelmässä aktivoimaan konekohtaisesti materiaalintehokkuustoiminto. Materiaalintehokkuustoiminnossa käyttäjä pystyy luovutuksen yhteydessä itse määrittämään FastTrackin mukaan tyhjän materiaalin olevankin vielä käytössä. FastTrack jättää tällöin materiaalille minimimäärän eli yhden kilogramman tai metrin. Toiminnon tarkoituksena on mahdollistaa luovutukset, vaikka FastTrack olisi laskenut materiaalin kokonaan kulu-neeksi, ja antaa mahdollisuuden käyttäjälle ilmoittaa materiaalin todellinen kulu-tus.

Järjestelmään ei kuitenkaan ole kehitetty rajoitusta, kuinka monta luovutusker-taa peräkkäin tehokkuustoimintoa voidaan käyttää. Materiaalin tehokkuutta pys-tyy siis käyttämään väärin, jolloin järjestelmä ei lähetä tehokkaasta materiaalista tietoja eteenpäin.

### 6.4.3 Tuotanto

Tuotanto-aktiiviteetti aukeaa, kun kummatkin Setup- ja Materiaalin lastaus -akti-viteetit on suoritettu. Tuotanto-aktiiviteetti on käyttäjälle käytännössä vain virtu-aalinen nappi, jota täytyy painaa edetäkseen. Aktiiviteetin takana on kuitenkin tärkeitä ominaisuuksia.

Käyttäjän painaessa tuotannon päälle alkaa järjestelmä ottamaan aikaa ja suori-tettavat materiaalin vaihdot aletaan ottamaan huomioon. Materiaalin vaihdot, jotka tehtiin ennen tuotantonapin painamista, eivät tule kulutukseen mukaan luovutuksen yhteydessä. Vasta aktiiviteetin aktivoimisen jälkeen järjestelmä huo-mioi materiaalinvaihdot, kuten materiaalin purkamisen ja korvaavaan materiaa-lin lastaamisen.

Ajallinen ja materiaalien raportointi loppuu työntekijän suorittaessa viimeisen toiminnon järjestelmästä eli pituuden luovutuksen. Työtä ei pääse jatkamaan, ellei tämä nappi ole painettuna. Jos sama työ jatkuu pituuden luovutuksen jälkeen, tarvitsee Tuotanto aktivoida uudelleen.

#### 6.4.4 Tuotannon tarkistukset

Tuotantolinjoilta kerätään jatkuvasti laatuun liittyvää tietoa. Nämä tiedot ovat erittäin linja- ja tuotekohtaisia, joten niiden vaihtelevuus on merkittävää. Laatumittaukset raportoidaan FastTrackissä Tuotannon tarkistus -aktiviteetissä. FastTrackiin laatumittaukset tulevat SAP-tuoterakenteesta.

Tuotannon tarkistukset tulevat esiin aktiviteettilistassa Tuotanto-aktiviteetin aktivoimisen jälkeen. Tuotannon tarkistuksiin täytettävät tiedot määrittävät tehtaan kaapelisuunnitteluosasto ja mahdollisia muokkauksia tekee laatuosasto. Yleinen muokkaus mittauksiin on mittaustiheys, jolla tarkistuksia pyydetään täyttämään. Esimerkiksi tarvittaessa laatusuunnitelmassa pystytään määrittämään tarkistuksia täytettäväksi 10 kelan välein, tai jos kyseessä on pitkäaikainen ajo, voidaan ne määrittää täytettäväksi tiettyjen metrien välein.

Tarkistuksien täyttäminen on yksinkertaista:

- Avataan Tuotannon tarkistukset.
- Tehdään mittaukset ja täytetään kaikki kentät.
- Painetaan tallenna.

Jos täytetyt arvot osuvat laatusuunnitelmassa määriteltyjen toleranssien sisäpuolelle, hohtaa täytettävä laatikko vihreänä. Toleranssien ulkopuolelle menevät laatikot hohtavat punaisena. Jos yksikin mittaus ei läpäise laatuvaatimuksia, ohjaa järjestelmä tallennuksen yhteydessä vikailmoitussivulle, jossa on tehtävä ei-vastaavista, eli *Non-conforming*-mittauksista vikailmoitus. Järjestelmä ei päästä käyttäjää jatkamaan luovutuksiin, ennen kuin vikailmoitus on tehty.

#### 6.4.5 Osittaisvahvistus

Osittaisvahvistus on vaihtoehtoinen aktiviteetti, joka aktivoidaan tuotantolinjoille, joissa valmistetaan ajallisesti pitkään kestäviä töitä, kuten merikaapelilinjastoille. Osittaisvahvistuksessa ei luovuteta valmista tuotetta vaan vain osa siitä. Niitä pystyy käytännössä tekemään milloin vain, mutta Pikkalassa tuotannossa osittaisvahvistuksia tehdään vuoronvaihdon yhteydessä.

Osittaisvahvistuksessa käyttäjä merkitsee valmistettujen metrien kokonaismäärän, jonka perusteella FastTrack lähettää luovutuksen SAP:iin. Kaikkien FastTrack luovutusten yksikkö on aina metri. Osittaisvahvistuksen pituus on aikaisemmassa osittaisvahvistuksessa merkityn kokonaismäärän erotus käyttäjän uudesta merkitsemästä kokonaismäärästä. Osittaisvahvistus ei deaktivoi Tuotanto-aktiviteettiä.

#### 6.4.6 Pituuden vahvistus

Toiseksi viimeinen aktiviteetti on pituuden vahvistus. Pituudenvahvistuksella tarkoitetaan työvaiheen tuotantopituuden loppuluovutusta. Pituuden vahvistuksessa määritetään säiliö (esimerkiksi kela, tai kaasunpoistotankki), tuotteen määrä ja säiliönumero. Pituuden vahvistuksen jälkeen FastTrack lähettää luovutustiedot SAP:iin ja FastTrack varaa säiliön erälle. Kelalla olevaa erää ei pysty vielä pituuden vahvistuksen jälkeen ottamaan työn seuraavassa vaiheessa käyttöön. Pituuden vahvistus määrittää myös työn sulkeutumisen Työn viimeinen kela -napilla.

Pituuden vahvistus liittyy kuitenkin vahvasti pituuden loppuluovutukseen. Pituuden vahvistus voidaan suorittaa joko massiivisen luovutuksen tai normaaliluovutuksen kautta. Massiivinen luovutus on tarkoitettu linjoille, joilla useita tuotteita pystytään valmistamaan nopeasti ja tuotteet halutaan luovuttaa useampi kappale kerrallaan.

Koska kyseessä on aktiviteetti, jossa määritetään tuotteen valmistamiseen kuuluvia tietoja, kuten materiaalin kulutustiedot, tarvitsee jokainen aikaisempi vaihe olla jo suoritettuna, ennen kuin pituuden vahvistuksen pystyy suorittamaan. Pituuden vahvistusta ei siis pysty tekemään, jos käyttäjä ei ole lastannut kaikkia vaadittuja materiaaleja.

#### 6.4.7 Pituuden luovutus

Jokaisen työn viimeinen aktiviteetti on aina Pituuden luovutus. Aktiviteetissa painetaan Pituuden luovutus -nappia, minkä jälkeen käyttäjää pyydetään tulostamaan saattokortti säiliölle tai varastolappu.

Jos Tilauksen viimeinen erä -nappia painettiin pituuden vahvistuksen yhteydessä, sulkeutuu työ myös luovutus napin painamisen jälkeen. Työn voi avata uudestaan vain tietokonesovelluksesta.

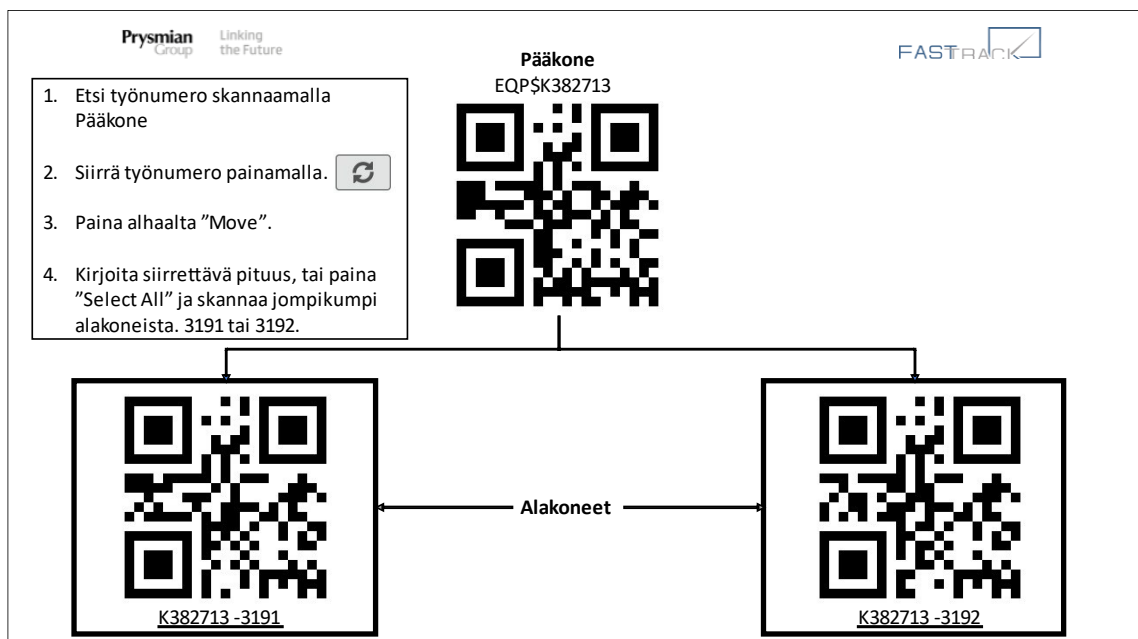
### 6.5 Implementaatiota edeltävä inventaario

Pikkalan tehtaassa tuotantokapasiteetin vuoksi erilaisia tuotantokoneita on tehtaalla useita. Jokainen tuotannossa käytettävä kone oli inventoitava, jotta ne pystyttäisiin lisäämään FastTrackin tietokantaan ja jotta niille pystyttäisiin valmistamaan QR-koodit.

FastTrack-projektin vuoksi tehdyn inventaarion perusteella Pikkalan tehtaalla on koneita 70 kappaletta, joista

- johdinosastolla on 23 kappaletta
- LV-osastolla 6 kappaletta
- MV-osastolla 7 kappaletta
- merikaapeliosastolla 17 kappaletta
- koestusosastolla 6 kappaletta.

SAP-järjestelmässä tuotantokoneet ovat määritelty eri tavalla. SAP:iin on määritelty yhdeksi koneeksi esimerkiksi kahden tuotantokoneen linjasto, mutta FastTrackiin nämä kaksi konetta eroteltiin, tarkemman jäljitettävyyden vuoksi. Koneiden erottelun havainnollistamisen helpottamiseksi, näkyy ohje (kuva 11), jossa neuvotaan siirtämään työ pääkoneelta eli SAP-koneelta alakoneille eli FastTrack-koneille. Myös osa koneista, kuten kaasunpoistotankit, piti luoda erikseen, sillä niitä ei ollut erikseen määritelty SAP-järjestelmään. FastTrackin jäljitettävyyden vuoksi jokainen kaasunpoistotankki on myös yksilöity toisin kuin SAP:ssa, sillä niistä haluttiin laadullista tietoa suoraan FastTrackiin.



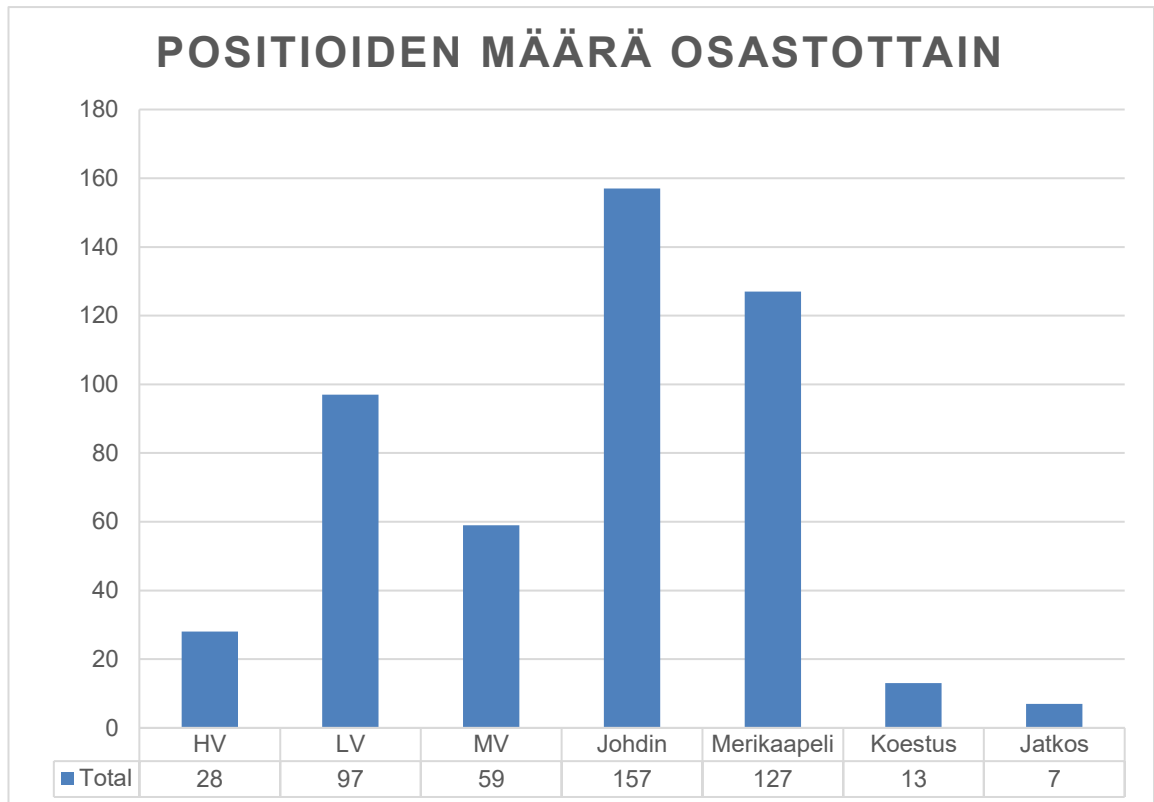
Kuva 11. Yhden sivun pituinen ohje työnsiirtoon SAP-koneelta FastTrack-koneelle, joka visualisoi koneiden erottelua FastTrackissä.

Jäljitettävyyttä haluttiin parantaa SAP:n aikaisesta jäljitettävyydestä, minkä vuoksi myös koneiden tietyt osat oli inventoitava. Näitä inventoituja koneen osia kutsutaan konepositioiksi tai sijainneiksi. Konepositio on järjestelmässä paikka, johon voidaan lastata järjestelmään jo ennalta olemassa oleva erä (ks. Materiaalin lastaus 6.4.2). Koneiden osat ja osakokoonpanot, jotka inventoitiin ovat

- lähtö- ja vastaanottopukit

- nippulähdöt
- vettä-eristävien materiaalien paikat
- ekstruusiopuristimet
- nauhankiertäjät
- häkit
- jatkospaikat.

Yksittäisiä inventoituja kohtia koneista oli yhteensä 504, jos yksittäisten häkkikoneiden kelapaikat suljetaan pois. Ottamalla huomioon kelapaikat, sijainteja tulisi yhteensä 920. Kelapaikoista kuitenkin luovuttiin myöhemmässä vaiheessa implementaatiota niiden epäkäytännöllisyyden vuoksi. Kuva 12 on kaikki tehtaan osastot ja niiden inventoitujen konepositioiden määrät. Materiaalin lastaus on pakollinen vaihe jokaisessa työssä, joten positio-QR-koodeja tarvitsee skannata usein jokaisella linjalla. Positio-QR-koodien sijoittaminen käytännölliselle paikalle oli siis tärkeää.



Kuva 12. Konepositioiden määrä osastoittain.

FastTrack-järjestelmän logiikka vaatii aina, että käytettävä erä eli tuotantopituus tai materiaali on lastattuna konepositioon. Tuotanto-ohjeisiin on tästä syystä lisätty yksinkertainen muistisääntö: mihin lastataan (konepositio) ja mitä lastataan (materiaali tai muu erä). Konepositiot ovat myös nimetty vastaamaan sitä koneenosaa, johon QR-kooditarra on liitetty.

## 6.6 QR-koodit

FastTrack ei suoranaisesti tarvitse QR-koodeja, sillä FastTrack 2.0 toimii ilman niitä. QR-koodeja kuitenkin käytetään FastTrackin käytön helpottamiseksi. Niitä on helppo lukea Zebra TC52X -laitteella, jolloin ne yksinkertaistavat järjestelmän käyttöä merkittävästi.

FastTrack 2.0:ssa käytettävät erilaiset toiminnot pystytään konfiguroimaan toimimaan halutulla tavalla etuliitteiden avulla. FastTrack 2.0 toimii pelkästään

etuliitteiden avulla, ja sen tietokoneversion käytössä niiden ymmärtäminen on välttämättömyys.

Seuraavassa on lista, jokaisesta käytetystä etuliitteestä, ja etuliitteessä käytetyt kirjaimet on lihavoitu:

- EQP (**E**quipment, suomeksi: varuste tai työkalu)
  - Käytetään, kun halutaan kertoa järjestelmälle tietty kone.
- DRM (**D**rum, suomeksi: kela)
  - Käytetään, kun halutaan kertoa järjestelmälle tietty kela.
- RM (**R**aw **M**aterial, suomeksi: raaka-aine)
  - Käytetään, kun halutaan kertoa järjestelmälle tietty raaka-aine-erä.
- WRL (**W**arehouse **L**ocation, suomeksi: varastosijainti)
  - Käytetään, kun halutaan kertoa järjestelmälle tietty sijainti.
- EQP\_IN (Sanoista: **E**quipment ja **I**ndirect, suomeksi sanoista: työkalu ja epäsuora).
  - Käytetään, kun halutaan käyttää tuotantoon epäsuorasti vaikuttavaa toimintoa.

Etuliitteet täytyy kuitenkin erottaa muista skannattavista tiedoista. Erottajana käytetään dollarimerkkiä (\$). Esimerkiksi jos käyttäjä, joka työskentelee koneella K371111, haluaa aloittaa työn kyseisellä koneella, täytyy hänen skannata QR-koodi, jossa lukee EQP\$K371111. Koodissa EQP\$K371111 (Kuva 13, vasen yläkulma) kerrotaan ensimmäisenä järjestelmälle, minkälaista tietoa käyttäjä haluaa hakea eli konekooditietoja, etuliitteellä EQP. Etuliite sitten erotetaan

konekoodista dollarimerkillä, jotta konekoodi ei sekoitu etuliitteeseen. Lopuksi tulee konekoodi eli K371111.

Samalla periaatteella toimii jokainen eri etuliite etuliitettä DRM lukuun ottamatta. Etuliite DRM vaatii kaksi erottajaa toimiakseen, sillä keloissa on kaksi eri tietoa. Kelat toimivat SAP:iin lisättyjen kelojen perusteella, niin että jokaiselle kelatyypille on annettu kelakoodi. Tyypillinen kelakoodi koostuu ensimmäiseksi kahdesta kirjaimesta, joista ensimmäinen on aina D ja toinen joko W tai S riippuen siitä, onko kyseessä rauta- vai puukela. Tämän jälkeen kelakoodissa on kelan tiedot, kuten koko ja tyyppi. Lopuksi tulee kelan juokseva numero, joka erotetaan kelan tyyppitiedoista erottajalla. Tällöin saadaan tieto kelan tyypistä ja kelan numerosta. Kelakoodi kymmenennestä, 1. tyyppin rautakelasta, joka on halkaisijaltaan 260 senttimetriä, kirjoitettaisiin DRM\$DS32601\$0010.

WRL-etuliitettä käytetään sijainnin ilmoittamiseen. Ne voidaan konfiguroida olemaan osa konetta eli EQP-etuliitteistä toimintoa ja myös toisinpäin. Jotta järjestelmä toimii, jokainen kone täytyy yhdistää sijaintiin ja jokaisessa koneessa on oltava myös sijainteja, jotka toimivat lastauspaikkana. Täten WRL-etuliitteellä on kaksi eri toimintoa, ilmoittaa koneen sijainti ja lastauspaikan sijainti. Jos WRL-etuliitteistä sijaintia ei yhdistetä koneeseen, se toimii silloin varastopaikkana ja yleissijaintina.

Etuliitteillä pystytään erottamaan toiminnot toisistaan ja samalla myös erottelemaan QR-koodit toisistaan värikoodeilla; tietyllä etuliitteellä oleva QR-koodi on tietyn värinen. Tähän on poikkeuksena epäsuorat toiminnot ja yleissijainnit. Värikoodattuja etuliitteellisiä QR-koodeja ovat

- EQP, sininen (Kuva 13, vasen yläreuna)
- WRL, vaaleanpunainen (kuva 13, oikea yläreuna)
- DRM, vihreä (kuva 13, keskellä vasemmalla).

EQP\_IN eroteltiin muista tekemällä QR-koodit suureksi ja ne tulostettiin paikallisesti A4-kokoiselle paperille (kuva 13, keskellä oikealla). QR-koodiin liittyvä toiminto myös laitettiin otsikoksi suurella fonttikoolla, jotta tulostuksesta huomaisi nopeasti QR-koodin toiminnon tarkoituksen. Samaa tapaa käytettiin myös yleisjainneissa. Etuliitteellisiin QR-koodeihin kuuluu myös varastosijaintien QR-koodit (kuva13, alimmainen koodi vasemmalla).



Kuva 13. Erilaiset QR-koodit, joita FastTrack hyödyntää. Kuvassa on kone-, sijainti-, kela-, epäsuora- ja varastosijainti-QR-koodi.

Värikoodatut QR-koodit tilattiin ulkopuolisena työnä. Materiaaliksi valikoitui stanssattut ja mattalaminoidut polypropeeniset tarrat. Vihreät kelatarrat ovat kooltaan 70 x 70 mm ja EQP- ja WRL-etuliitteiset QR-kooditarrat 100 x 100 mm.

Jokaista tarraa tilattiin vähintään yksi ylimääräinen, mutta suurinta osaa tilattiin kaksi–kolme ylimääräistä tarraa yhtä konepositiota ja konetta kohden. Kelatarroja tilattiin kuusi kappaletta yhtä kelaa kohden, jotta kummallekin puolelle kelaa pystyttäisiin laittamaan kolme tarraa. Kelat asetetaan useasti kiinni kelapukkiin, jossa ne pyörivät, jolloin niitä on pystyttävä skannaamaan aina.

Lämpökäsiteltäviin keloihin ei tilattu muovipohjaisia tarroja vaan metallilaattoja, joihin lasermerkattiin QR-koodi. Aiheesta tarkemmin luvussa 4.1.7 Ongelmat metallilaatoissa.

## **7 Tehdyt ratkaisut**

### **7.1 Muovitarrat**

Polypropeeni QR-kooditarroja, joita käytettiin keloissa ja tuotannossa, tilattiin tarkoituksella 4–8 kappaletta jokaista konetta kohti jo ennen implementaation aloitusta. Ainoastaan positiotarroja ei tilattu ylimääräisiä niiden suuren lukumäärän vuoksi.

QR-koodien vahingoittuminen lukukelvottomiksi todettiin liian satunnaiseksi, joten uusien tarrojen tilaaminen ei vaikuttanut taloudellisesti kannattavalta. Ratkaisuksi päädyttiin tilaamaan tarratulostin, joilla pystyttiin luomaan uusia QR-koodeja ilman, että tarvitsee ulkopuolista apua. Tarratulostimen käyttö vaatii hyvin vähän koulutusta, ja sitä voi käyttää kuka tahansa, joten sillä uusien tarrojen hankkiminen muuttui huomattavasti helpommaksi.

## 7.2 Metallilaatat

Yhtenä ratkaisuna metallilaattojen irtoamiseen tilattiin laattoja huomattava määrä enemmän varalle. Tehdashalliin, jossa kyseisiä keloja käytetään, määriteltiin myös alue, johon laatattomat kelat siirrettiin odottamaan käsittelyä. Ratkaisu ei kuitenkaan ratkaise ongelmaa lopullisesti, vaan on hyvin todennäköistä, että sama ongelma jatkuu myös tulevaisuudessa.

Pikkalan tehtaaseen kohdistuvien investointien myötä myös T63-keloja tilattiin lisää. Keloja tilataan yhteensä noin 600 kappaletta. Uusiin keloihin suunniteltiin etukäteen reiät niiteille, jotta uusien laattojen asentaminen nopeutuisi. Samalla jokaiseen kelaan lisättiin paikat yhdelle ylimääräiselle laatalle kelaan kummallekin puolelle. Yhteen kelaan laattoja menisi siis neljän kappaleen sijaan kuusi kappaletta.

Toisena ratkaisuna on ollut FastTrackin käyttöönotosta lähtien olevat paperiset QR-koodit. Paperi-QR-koodit ovat kooltaan 60 x 30 x 0,25 mm. Paperi-QR-koodien avulla tuotannossa voidaan tehdä luovutuksia, jos kelaan liitetty kelatarra tai laatta olisi epäkunnossa tai se puuttuisi kokonaan. Paperista QR-koodia ei kuitenkaan pysty kiinnittämään kelaan kovinkaan hyvin, vaan se irtoaasusteellisen helposti. Paperi ei ole myöskään kovinkaan kestävä materiaali, jolloin pienikin voima saattaa renderöidä siitä käyttökelvottoman. Paperinen QR-koodi aiheuttaa myös raportoinnissa ongelmia, jotka käytiin lävitse luvussa 4.1.3.

Jos tuotannon työntekijä joutuu jatkuvasti käyttämään aikaa metallilaattojen toimimattomuuden kanssa, saattaa hän menettää mielenkiintoaan opetella järjestelmän käyttöä kohtaan.

Tämänkaltaiset toistuvat ongelmat yksinkertaisien asioiden kanssa, kuten metallisten QR-koodien toimimattomuus, eivät lisää luottamusta järjestelmään tai lisää kiinnostusta oppia käyttämään sitä.

### 7.3 Lisätuki

Jo FastTrack-projektin aloituksesta lähtien tuotannon lisätueksi palkattiin henkilöitä auttamaan järjestelmän käytön kanssa. Näiden henkilöiden tehtävänä oli auttaa tuotannon työntekijöitä virhetilanteissa ja opettaa, miten toimia oikein samanlaisen tilanteen välttämiseksi tulevaisuudessa. Aina tilanteita ei pysty välttämään, jolloin tarkoituksena oli opettaa tuotannon työntekijälle, miten ratkaista kyseinen ongelma itse.

Työkaluina opetukseen ja ongelmanratkaisuun käytettiin Delmia Aprison tietokoneversiota ja mobiililaitteita. Tietokoneversiossa on juuri ongelmanratkaisutilanteisiin kehitettyjä työkaluja, joita saattoi pystyä hyödyntämään virheiden ratkaisemiseksi. Tuotannon lisätuelle annettiin myös enemmän oikeuksia järjestelmässä, jotta se pystyi tarvittaessa muokkaamaan järjestelmän yksinkertaisempia konfigurointeja.

Yksinkertaisimmillaan lisätuki saattoi korjata tuotannossa tehdyn väärän pituisen luovutuksen oikean pituiseksi. Tällaisiin työkaluihin on oma työkalunsa, *Desktop Supervisor*. Tämän työkalun muita ominaisuuksia ovat

- tuotannon vapauttaminen
- tuotekoodin muutos
- tarkistuslistan nollaus
- kelan tyhjentämisen peruuttaminen
- työvaiheen ohituksen peruuttaminen
- kelan vaihto.

Edellä mainitut työkalut ovat kaikki vaihtoehdot, jotka on suunniteltu vain ongelmanratkaisuihin. Muut ratkaistavat ongelmat täytyy ratkaista järjestelmän

toimivuuden ymmärtämisellä. Esimerkki useasti toistuvasta ongelmasta on materiaalin purun tekemättä jättäminen. Tämä on ongelmana käyttäjävirhe, mutta yllättävän vaikeasti ratkaistava sellainen, etenkin jos kyseessä on kela. Järjestelmä nimittäin vaatii, että kela puretaan, ennen kuin siihen voi lisätä materiaalia. Kelalle saattaa siis jäädä muutama kymmenen metriä, joka todellisuudessa käytettiin mutta järjestelmän mielestä ei (koska sitä ei purettu). Tällöin todellisuudessa tyhjä kela viedään toiselle tuotantolinjalle käyttöön, välillä toiselle puolelle tehdasta. Kelalle sitten yritetään luovuttaa tuote, mutta järjestelmä ei anna tehdä tätä, koska järjestelmässä kela on lastattu ja vanha tuote edelleen olemassa. Ongelma siis on, että kela pitää purkaa, mutta se on lastattuna toiselle puolelle tehdasta. Ainoa tapa korjata ongelma on kelan purkaminen järjestelmän sijainnista. Tuotannon työntekijä ei kuitenkaan pysty kävelemään toiselle puolelle tehdasta purkamaan tätä, vaan joutuu käyttämään vaihtoehtoista tapaa luovuttaa kela. Lisätukihenkilön avulla työntekijä olisi voinut skannata sijainnista tahansa, kirjoittamalla QR-koodin FastTrack 2.0 -sovellukseen.

Jos ongelma johtuu järjestelmävirheestä eli bugista, tarvitsee silloin ottaa yhteys Prysmianin Groupin pääkonttoriin, joka korjaa tämänkaltaiset ongelmat. Joissain ongelmatapauksissa kyseessä ei ole järjestelmävirhe vaan mahdollisesti epäkäytännöllisesti suunniteltu osa järjestelmää, joka on tarpeen muuttaa käytännöllisemmäksi. Tämänkaltaisissa tapauksissa, luodaan tiketti pääkonttorille järjestelmämuutoksesta, jolloin pääkonttorin FastTrack-osasto arvioi, onko muutos tarpeellinen. Järjestelmä on käytössä useammalla tehtaalla, mikä tarkoittaisi muutoksen vaikuttavan kaikkiin tehtaisiin. Näitä muutoksia kutsutaan kernel-tason muutoksiksi. Kernel-tason muutoksien toteuttaminen vie paljon aikaa, joten jotkut ongelmat saattavat ehtiä toistumaan useampaan otteeseen, ennen kuin ne ehditään korjaamaan.

Toistuvien ongelmien vuoksi osa tehtaan työntekijöistä koulutettiin uudestaan käyttämään järjestelmää oikein ja ratkaisemaan yksinkertaisia ongelmatilanteita. Tämän lisäksi kaikki tuotannon toimihenkilöt koulutettiin uudestaan käyttämään järjestelmän tietokone- sekä mobiiliversiota. Koulutuksiin luotiin kokonaan

oma koulutusmateriaali, ja ne kestivät noin kaksi tuntia. Koulutukset pitivät sisälleen neljä osiota

- FastTrack yleisesti
- mobiiliversion käyttö
- vikailmoitusten hallinta
- järjestelmien työkalujen käyttö. Työkalut valittiin osastokohtaisesti.

Työntekijöiden ja toimihenkilöiden lisäkoulutuksella oli tarkoituksena kannustaa eri tuotannon osastojen omatoimisuutta ja vähentää tarvetta lisätuelle. Osastojen olisi siis hyvä selviytyä itse omista järjestelmään liittyvistä ongelmistaan. Jos ne eivät kuitenkaan pysty selviytymään järjestelmäongelmistaan itse, ne ottaisivat siinä vaiheessa yhteyttä lisätukihenkilöön. Myös vuorotyönjohto koulutettiin, jotta se pystyisi toimimaan lisätuen lailla jokaisessa mahdollisessa vuorossa. Jotta koulutuksesta olisi hyötyä, oli tuotannosta tulevat apupyynnöt ohjattava suoraan esimiehille tai muille, jotka osaavat ratkaista ongelmat osastoilla.

## 8 Tulokset

### 8.1 Järjestelmän käyttäminen

FastTrack on implementoitu tehtaan raportointijärjestelmäksi, sillä kaikki tuotannon vahvistukset tulevat FastTrackin kautta. Raportointitietoja saadaan nyt jokaiselta tuotantolinjalta, mikä ei ollut ennen implementaation aloittamista mahdollista. Kaikki raportointitieto on myös saatavilla suhteellisen yksinkertaisesti, sekä se on aina muotoiltu samalla tavalla. Jäljitettävyyden tilassa tehtaalla kuin aikaisemmin. Kulutustietoja kirjata eri tavalla ja useaan eri kansioon. Etenkin jäljitettävyydestiedoista on hyödytty useampaan kertaan, ja pelkäänsiitä syystä järjestelmä on parannus aikaisempaan.

Käyttäjävirheitä kuitenkin tapahtuu edelleen, ja jäljitettävyydestiedot saattavat olla epäluotettavia, jos niihin ei perehdy yhtään. Järjestelmä kuitenkin kerää tietoja,

kuten materiaalin lastausajankohdan, jota pystyy hyödyntämään tietojen todentamisessa. Jos näkee materiaalin olleen lastattuna puoli vuotta ennen pituuden vahvistamista, voi päätellä kyseessä olevan käyttäjävirhe. Tämä kuitenkin vaatii aikaa ja tarkkaavaisuutta, mutta se on silti enemmän tietoa kuin ennen implementointia monella koneella. Tämänkaltaiset käyttäjävirheet olisi todennäköisesti voinut estää, jos järjestelmän käyttäjät ymmärtäisivät valmistuksenohjausjärjestelmän tuomat hyvät puolet eivätkä vain näe järjestelmää lisätyönä.

## 8.2 Soveltuvuus kaapeliteollisuuteen

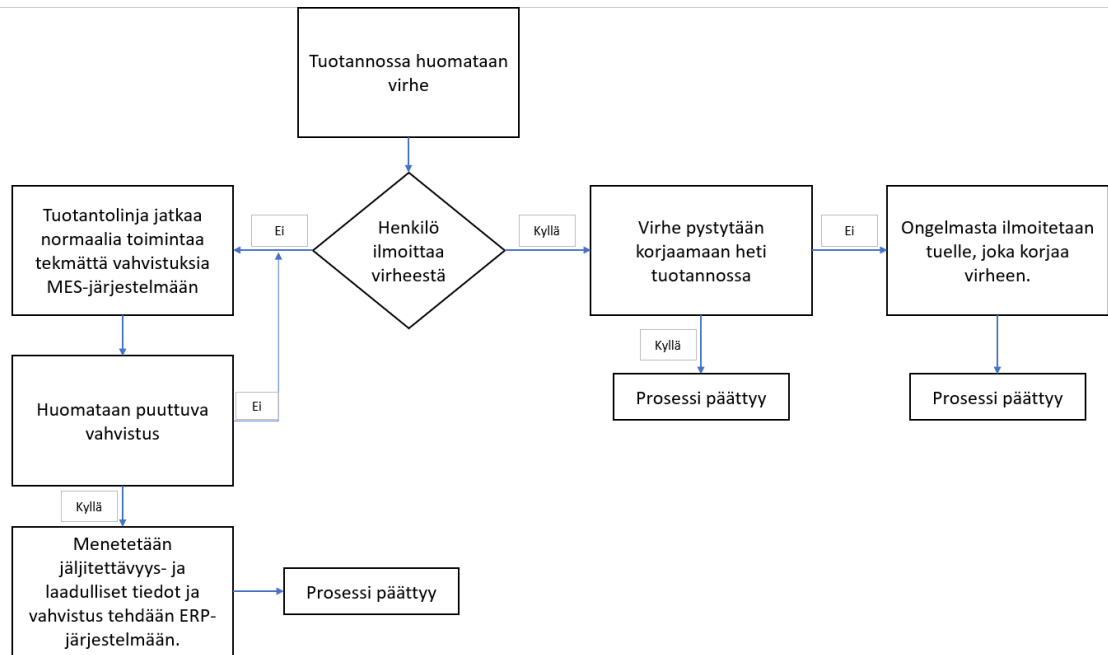
### 8.2.1 Käyttäjävirheet

Jos järjestelmän käyttäjät eivät kykene käyttämään järjestelmää ilman jatkuvia virheitä, viittaisi tämä kaapeliteollisuuteen soveltumattomaan valmistuksenohjausjärjestelmään. Käyttäjävirheitä tapahtuu, mutta ne ovat harvemmin niin vakavia, että niistä koituisi mitään haittaa raportointiin tai seuraavalle työvaiheelle. Käyttäjävirheiden määrään vaikuttaa myös kiinnostus tehdä asiat oikein, ja sen puute saattaa lisätä virheiden määrää.

Käyttäjät eivät ymmärrä MES-järjestelmän hyviä puolia riittävän tehokkaasti, minkä vuoksi lisäkoulutusta ja lisätukea jouduttiin antamaan vielä vuosia alkuperäisen implementaation jälkeen. Jos muutoksenhallinnan toteutus olisi täysin onnistunut, isolta määrältä lisäkoulutusta olisi voitu välttyä, jolloin aikaa olisi jäänyt muuhun järjestelmän ylläpitoon, kuten QR-koodeihin ja kulutuksien seurantaan tai järjestelmän kehittämiseen. Aikaa kului projektin implementoinnin aikana ja sen jälkeen todella paljon yksinkertaisien ongelmien ja niiden seurauksien ratkaisemiseen. Ongelmat projektin alussa ovat saattaneet olla suurempia kuin muissa tehtaissa, joihin järjestelmä implementoitiin vuosia Pikkalan jälkeen.

Käyttäjävirheiden poistamista kokonaan ei ole myöskään realistista tavoitella, sillä kyseessä ovat kuitenkin pääosin inhimilliset virheet. Sen sijaan oli keksittävä vaihtoehtoisia tapoja ratkaista tuotannossa tapahtuvat järjestelmän

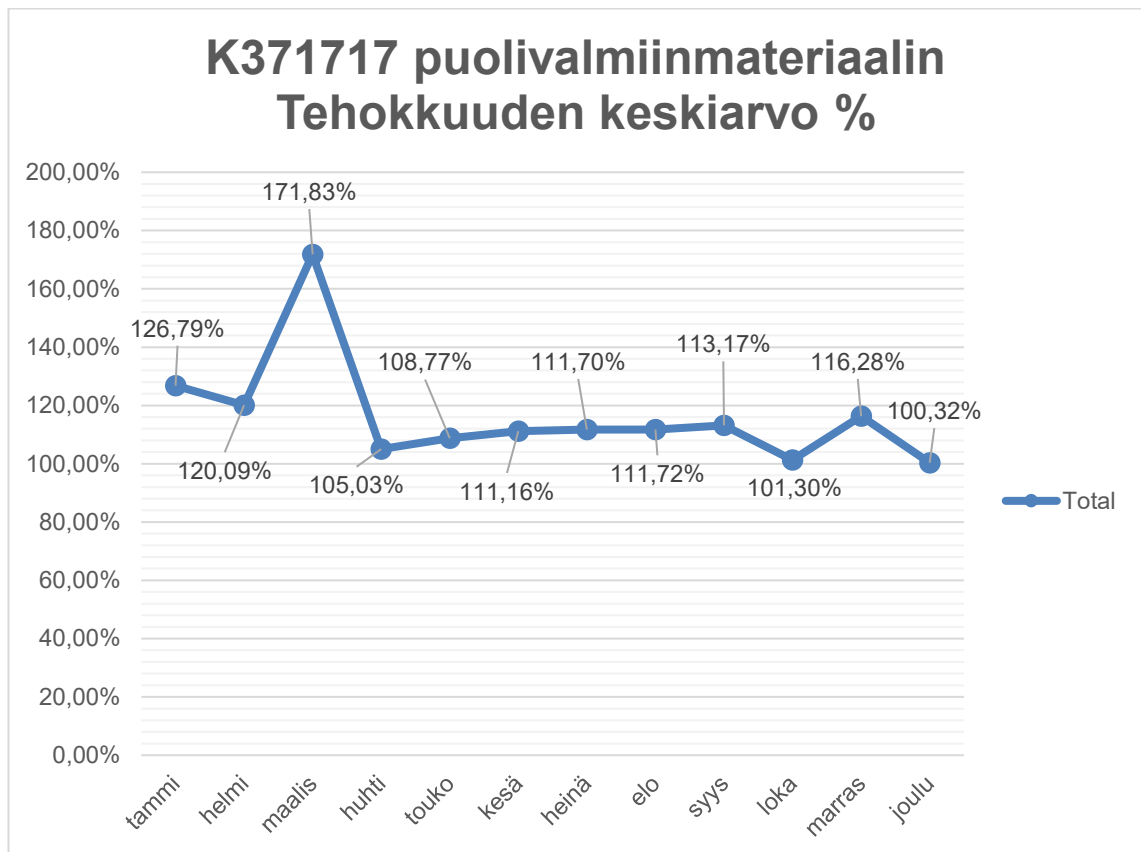
käyttöön liittyvät virheet. Huonosta kommunikaatiosta johtuen ei ole epätavallista, että ongelmaa ei edes huomata riittävän ajoissa ja vian selvittäminen vaikeutuu. Puuttuvat tuotannon vahvistukset aiheuttavat myös materiaalitietojen sekä laatatietojen menettämistä, jolloin jäljitettävyyttä ei ole. Virheen kulkua kuvataan kuvassa 14. FastTrackin kehitys kuitenkin jatkuu vielä vuonna 2024, joten tuotantoa helpottavia kehityksiä on tulossa lisää.



Kuva 14. Prosessikaavio tuotannossa tapahtuvasta järjestelmävirheestä.

FastTrackin kautta raportoidaan materiaalikulutukset. Ideaalitalanteessa, jossa käyttäjävirheitä ei satu ollenkaan, pitäisi materiaalitehokkuuden olla lähellä 100 %:a, jolloin materiaalikulutustehokkuus vastaisi standardikulutusta ja sitä voisi täten käyttää suuntaa antavana mittarina käyttäjävirheille. Jos materiaalitehokkuusprosentti on yli 100 %, tarkoittaa se, että tuote on käyttänyt vähemmän materiaalia kuin on suunniteltu. Jos se alittaa 100 %, on tuote käyttänyt suunniteltua enemmän materiaalia. Kyseessä on kuitenkin suunniteltu laskennallinen kulutus, joten materiaalikulutuksen tehokkuuden oleminen tasan 100 % ei välttämättä tarkoita, että kulutus olisi ollut täydellistä. Sitä voi kuitenkin käyttää suuntaa antavana.

Materiaalitehokkuudesta esimerkkinä kone K371717 oli keskimääräisesti vuonna 2023 113,29 % tehokas puolivalmiinmateriaalin kulutuksessa (Kuva 15). Tiedot, on otettu vertaamalla 2023 vuonna SAP:n mukaan kulutettuja puolivalmiita materiaaleja suunniteltuun kulutukseen. Tavoitearvona on päästä mahdollisimman lähelle 100 %:a. Todennäköiset syyt tälle tulokselle ovat tiedossa. Puolivalmismateriaali lastataan koneisiin FastTrackissä skannaamalla alumiinilaatta T-63-kelasta, joiden QR-koodien skannattavuudessa esiintyy ongelmia. T-63-keloja tarvitsee myös skannata maksimissaan 110 kappaletta, jotta kulutus menisi oikein. Joulukuun näennäisesti hyvä tulos saattaa osittain johtua siitä, että yhteen kertaustyöhön ei käytetty ollenkaan FastTrackiä järjestelmävirheen takia, joten siitä puuttuu kaikki tieto.



Kuva 15. Koneen K371717 materiaalitehokkuuden keskiarvot kuukausittain prosentteina puolivalmiin materiaalin kulutuksista. Tiedot vuodelta 2023.

Luvussa 7.2 ilmeni, että alumiinilaattojen vaihtaminen ei ole nopeaa ja noin 60 %:ssa keloista vähintään yksi alumiinilaatta ei ole skannattavissa, kun sitä

yrittää skannata noin 5 sekunnin ajan. Syy, miksi materiaalintehokkuus on yli 110 % kyseisellä koneella, voi johtua alumiinilaattojen toimimattomuudesta sekä kyllästymisestä yrittää skannata kelojen QR-koodeja, jotka eivät toimi aina oikein. FastTrackin käyttäjille tämä saattaa näkyä jatkuvana ongelmana ja vaikuttaa siltä, että asiat eivät muutu. Tämän vuoksi se saattaa lisätä tehokkuutta materiaalinkulutuksessa, jos ei ole motivaatiota yrittää skannata jokaista kelaa kunnolla. Alumiinilaattoja on kuitenkin tilattu lisää, ja niiden vaihtonopeus tulee kasvamaan.

Osaamattomuutta järjestelmän käytön kanssa ei ole ilmaantunut kuitenkaan kyseisellä koneella, mihin vaikuttaa lisäkoulutukset. Lisäkoulutuksia annettiin jokaiselle toimihenkilölle eli myös tarkastellun koneen osaston esimiehelle. Myös koneen K371717 tuotannontyöntekijöille annettiin lisätukea koulutuksen muodossa. Tämän vuoksi osaamattomuus ei ole todennäköinen syy epätäydelliselle materiaalinkulutustehokkuudelle. Syy on siis todennäköisesti muualla, kuten metallilaatoissa.

### 8.2.2 QR-koodien toiminta

Jos metallilaattojen QR-koodeja ei pysty skannaamaan, järjestelmää ei pystytäkään käyttämään eikä se siltä osin sovellu kaapeliteollisuuteen. Valmiit reiät uusissa keloissa ovat kuitenkin helpottaneet ja nopeuttaneet huomattavasti keloihin liitettävien QR-koodien laittamista. Reiänporaus oli aikaa vievä toimenpide, jota ei siis tarvitse enää suorittaa.

Metallilaatat ovat kuitenkin edelleen samanlaisia, joten ne ovat yhä alttiita rikkoutumiselle, mikä on suurin ongelma QR-koodien luettavuuden kannalta. Toisin sanoen ongelmaa ei ole ratkaistu, mutta siitä aiheutuvat vaikeudet on saatu helpommin korjattavaksi. Tämä myös vaatii aktiivisuutta järjestelmän käyttäjiltä, sillä heidän täytyy siirtää sivuun kelat, joiden metallilaatat eivät toimi. Tästä ei ole vielä tullut ongelmaa, mutta se saattaa osoittautua sellaiseksi tulevaisuudessa.

Muovitarratulostin, joka hankittiin helpottamaan muovisten QR-koodien lisäämistä tai korvaamista, osoittautui hyväksi ratkaisuksi. Pikkalan investointien myötä uusin tuotantolinja tarroitettiin kokonaan käyttämällä tätä tulostinta. Koneen jokainen sijainti ja konekoodit tulostettiin sillä.

### 8.2.3 Toimivuus

Valmistuksenohjausjärjestelmän implementaatioon vaaditaan toimiva järjestelmä. Järjestelmään kuitenkin tarvitsee tehdä korjauksia vielä miltei kaksi vuotta ensimmäisen koneen live-tilaan asettamisen jälkeenkin. Osa korjatuista järjestelmävirheistä on tullut esiin vasta useiden kuukausien käytön jälkeen, eikä niitä onnistuttu ennustamaan testausvaiheessa. Tämän vuoksi ratkaisu ottaa järjestelmä kokonaan käyttöön yksittäisillä koneilla oli toimiva ratkaisu. Osa tehdyistä muutoksista on ollut hyvin vakaviakin, kuten kulutuslogiikan muutos. Kannattavampaa kuitenkin olisi ollut aloittaa pienemmässä mittakaavassa, kuten yksinkertaisemmassa tehtaassa, jossa on vähemmän variaatiota koneiden välillä. Projekti alkoi muutamasta yksinkertaisesta koneesta, josta koneiden määrää nostettiin räjähdysmäisesti.

## 9 Yhteenveto

Työssä esitellään kaapeliteollisuuden vuonna 2022 implementoidun valmistuksenohjausjärjestelmän toimintaa. Implementoidun järjestelmän tarkoituksena on edistää Pikkalan tehtaan tuotannosta tulevaa raportointia, minkä vuoksi työssä verrataan raportointia ennen implementaatiota ja sen jälkeen. Työssä kuvataan implementaatiota varten suoritettuja toimenpiteitä, kuten QR-koodien hankintaa ja tehtaan koneiden inventaariota. Työssä tarkastellaan myös implementaation aikana ilmenneitä ongelmia. Osalle ongelmista tehtiin pysyviä ratkaisuja, joiden perustella työn lopussa pohditaan järjestelmän soveltuvuutta kaapeliteollisuuden.

Yhtenä tavoitteena oli implementoinnin kautta jäljitettävyyden parantaminen. Vanhaa raportointitapaa materiaalin kulutuksille ei hyödynnetä, vaan kaikki

tiedot saadaan FastTrackistä. Erähallinta on järjestelmän vahvuuksia, ja sen avulla kulutetut materiaalit sekä tuotantopituudet ovat saatavissa ja seurattavissa. FastTrackin avulla jäljitettävyystiedot ovat nyt aina samanlaisessa muodossa ja saatavissa yhdestä järjestelmästä.

Valmistuksenohjausjärjestelmänä FastTrack on toimiva, vaikkakin sen käyttäminen oikeaoppisesti ei ole selvästikään niin helppoa kuin implementaation yhteydessä toivottiin. Sen käyttäminen on suoraviivaista, ja se vastaa kaapeliteollisuudessa tehtäviä aktiviteettejä mutta sisältää paljon tilanteita, jossa yksittäinen virheellinen painallus saattaa aiheuttaa ongelman, jota käyttäjä ei voi itse ratkaista.

Tavoitteisiin kuului myös kaapeliteollisuuden soveltuva järjestelmä. Käyttäjävirheiden ja QR-koodien toimivuuden kannalta voidaan arvioida soveltuvuutta. Kummatkin liittyvät yleisesti käyttöön ja jos virheitä tulee paljon tai QR-koodeja ei voi lukea, ei järjestelmää pystytä käyttämään. Silloin se ei soveltuisi kaapeliteollisuuteen.

Koneiden ja kelojen inventaario suoritettiin, ja QR-koodit ovat yhdistettynä jokaiseen koneeseen sekä niiden positiioihin. Näiden QR-koodien lisääminen ja korvaaminen on myös helppoa, eikä niistä ole koitunut ongelmia. Lukijalaitteet lukevat nämä QR-koodit hyvin. Tiedonsaanti koneista ja niiden positiioista onnistuu, eikä tällä alueella ole ilmaantunut ongelmia. QR-koodien ylläpitoa varten hankittu tulostin on osoittautunut myös käteväksi työkaluksi QR-koodien lisäämisessä tai vaihtamisessa. Tiettyihin kelatyyppeihin kiinnitettävät metalliset QR-koodit osoittautuivat kuitenkin ongelmallisiksi. Metallilaatat eivät kestäneet tehtaassa ympäristöä, minkä vuoksi QR-koodeja ei ollut enää helppoa lukea skanneilla. Ongelman laajuuden selvittämiseksi haluttiin saada tietää tarkemmin, kuinka moneen kelaan ongelma vaikuttaa. Kokeiden perusteella oli selkeä tarve ratkaista ongelma. Pysyvää ratkaisua ei ole keksitty, vaan väliaikainen ratkaisu oli tilata lisää metallilaattoja sekä lisätä uusien kelojen piirustuksiin valmiit reiät laatoille. Tämä nopeuttaa laattojen kiinnittämistä mutta ei ratkaise QR-koodien hajoamista.

Tehty muutoksenhallinta implementaation aikana vaikuttaa käyttäjävirheiden määrään. Ymmärtääkseen jäljitettävyyden tärkeyden ja oppiakseen uuden järjestelmän, täytyy käyttäjät kouluttaa alkuun riittävän hyvin. Käyttäjille annettiin koulutusta, ennen kuin järjestelmää alettiin käyttämään tuotantolinjoilla. Kulutus-  
tehokkuuksien ja käyttäjävirheiden perusteella se ei ollut riittävää vaan lisätukea vaadittiin paljon. Käyttäjävirheitä tulee edelleenkin, mutta ne ovat pääosin inhimillisiä virheitä, joita ei ole realistista eliminoida kokonaan.

QR-koodit toimivat suurimmaksi osaksi ja käyttäjävirheet ovat hallinnassa. FastTrackistä saa materiaalien erätiedot sekä laadulliset tiedot, minkä vuoksi se vaikuttaa soveltuvan kaapelituotantoon.

## Lähteet

Comprehensive Guide on Polypropylene. Omnexus. Verkkoaineisto.  
<<https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polypropylene-pp-plastic>>.  
Luettu 12.5.2024.

Historia. Verkkoaineisto. Pikkalan metallityöntekijäin ammattiosasto.  
<<https://www.metalli11.fi/historia.html>>. Päivitetty 15.1.2009. Luettu 1.1.2024.

ID001-MATERIAL CHANGE. 2021 Yrityksen sisäinen aineisto. Prysman.

ISA S95-1. 2000. ISA S95-1: Enterprise-Control System Integration, Part 1: Models and Terminology. Research Triangle Park: ISA.

Kletti, Jürgen. 2007. Manufacturing Execution Systems — MES. Berlin: Springer.

Lauer, Thomas. 2021. Change Management. E-kirja. Berlin: Springer.

Meyer, Heiko; Fuchs, Franz; & Thiel, Klaus. 2009. Manufacturing Execution Systems (MES): Optimal Design, Planning, and Deployment. New York: McGraw-Hill.

Operators training. 2018. Yrityksen sisäinen koulutusaineisto. Prysman.

Prysman Group investoi 120 miljoonaa euroa lisää Kirkkonummen Pikkalan tehtaaseen. 2023. Verkkoaineisto. Prysman Group Finland Oy.  
<<https://www.sttinfo.fi/tiedote/69984557/prysman-group-investoi-120-miljoonaa-euroa-lisaa-kirkkonummen-pikkalan-tehtaaseen?publisherId=69819612>>. Luettu 1.1.2024.

Prysmian Groupin 220 miljoonan euron tehdasinvestointi Kirkkonummella etenee – uusi kaapelinvalmistustorni harjakorkeuteen. 2023. Verkkoaineisto. Prysmian Group Finland Oy. <<https://www.sttinfo.fi/tiedote/70073667/prysmian-groupin-220-miljoonan-euron-tehdasinvestointi-kirkkonummella-etenee-uusi-kaapelinvalmistustorni-harjakorkeuteen?publisherId=69819612&lang=fi>>. Luettu 14.5.2024.

Zukof, Kathryn. 2021. The Hard and Soft Sides of Change Management. E-kirja. Association for Talent Development.