



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Lauri Kosonen

Tuotannon kaapelikelojen identifiointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tuotantotalous

Insinöörityö

12.5.2020

Tekijä Otsikko	Lauri Kosonen Tuotannon kaapelikelojen identifiointi
Sivumäärä Aika	29 sivua 12.5.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Tuotantotalous
Ohjaajat	Eemeli Kivinen, Tuotantopäällikkö Antero Putkiranta, Yliopettaja
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli luoda case-yrityksen tuotannon kaapelikeloihin yhdenmukainen merkintä- ja identifiointimenetelmä tulevaa tuotannonohjausjärjestelmää varten. Tavoitteena oli myös tehdä tietokanta keloista, jonka avulla voidaan jatkossa seurata kelojen kuntoa ja keloihin liittyviä kustannuksia.</p> <p>Tutkimuksessa perehdyttiin laatuun, laatukustannuksiin sekä tuotannonohjausjärjestelmiin, jotka olivat perustana tutkimukselle. Käyttöön otettava tuotannonohjausjärjestelmä tukee kohdeyrityksen strategiaa jatkuvasta parantamisesta, joka on tärkeässä roolissa kohdeyrityksessä. Sen avulla prosesseja pyritään kehittämään turvallisemmiksi ja tehokkaammiksi.</p> <p>Työssä selvitettiin, mitä ominaisuuksia kelojen merkintään käytettäviltä kylteiltä vaaditaan, miten kyltit tulee kiinnittää ja mitä merkintöjä kyltteihin tulee tehdä. Työssä myös tutkittiin, miksi kelojen identifiointi tehdään ja mitä hyötyä siitä on tehtaan tuotannonohjauksen ja tuotelaadun näkökulmasta.</p> <p>Työn aikana tutkittiin tehtaan käytäntöjä kelan tarkastuksista ja huolloista sekä prosessia viallisten kelojen tunnistamisesta ja kelan saamisesta korjaukseen. Selvitetiin myös, miten käytettävät kelat valikoituvat tuotannossa ja miten ne kommunikoidaan tuotantolinjoille.</p> <p>Havaintojen perusteella voitiin päätellä, että prosessi viallisen kelan havaitsemisesta sen saamiseksi kunnostuksen kautta takaisin tuotantoon oli puutteellinen. Puutteita havaittiin myös kelojen kunnan vastuuhenkilöiden määrittelyissä.</p> <p>Kelojen merkitsemiseen käytettävien kylttien materiaaliksi ja kiinnitysmenetelmäksi annettiin ehdotus, joka perustui havaintoihin tuotannossa ja keskusteluihin tehtaan henkilöstön kanssa. Viallisten kelojen kunnostamiseksi esitettiin uutta prosessia ja ehdotettiin vastuuhenkilöiden tai -positioiden nimeämistä prosessin eri vaiheisiin.</p>	
Avainsanat	Laatu, laatukustannukset, MES, kaapelituotanto

Author Title	Laur Kosonen Identification system of the production cable drums
Number of Pages Date	29 pages 12 May 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Industrial Management and Engineering
Instructors	Eemeli Kivinen, Production Manager Antero Putkiranta, Principal Lecturer
<p>The purpose of the thesis was to create a uniform identification system of the production cable drums for the case company. The identification system is required before the deployment of the Manufacturing Execution System. One of the targets was to make a database of the production drums which can be used for monitoring the condition of the drums and the costs related to the drums.</p> <p>The study is based on theories of quality and the cost of quality, and it presents the benefits of the manufacturing execution systems. The manufacturing execution system to be implemented in the case company will support the continuous improvement strategy which has a significant role in the case company. The processes can be developed more efficiently and safer by utilizing it.</p> <p>This study determined what features are required from the drum labels, which methods of fastening the labels meet the requirements and what markings are required on the labels. In addition, the study established why the identification and traceability of the production drums is needed and what the benefits are from the production management and a production quality point of view.</p> <p>The practices of drum inspections, drum maintenance and the process of defective drum repair were also investigated. The study found out what the restrictions of the use of drums are in the production lines.</p> <p>Based on the findings, it can be concluded that the process of detecting a defective drum and to get it back to production as repaired, was deficient. Deficiencies were also found in the definitions of the persons in charge of the drums.</p> <p>A proposal for the material of the drum labels and method of fastening was made. The proposal was based on observations in the production and on discussions with production blue and white collars. A new process was introduced to repair defective drums and a proposal was made to name responsible persons or positions to different stages of the process.</p>	
Keywords	Quality, Cost of Quality, MES, cable manufacturing

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Laatu	3
2.1	Total Quality Management	3
2.2	Laatukustannukset	5
2.3	Laatukustannusten jakaantuminen	6
2.4	Laadun kehittäminen	7
3	Toiminnanohjausjärjestelmät	7
3.1	MES-järjestelmä	9
3.2	Jäljitettävyys ja läpinäkyvyys	9
3.3	Tuotantodata ja jatkuva parantaminen	10
3.4	Tuotannonohjauksen tehokkuus	11
4	Prysmian	11
5	Nykytilanne	15
5.1	Kelojen ohjaus tuotannossa	15
5.2	Kelojen tarkastus ja kunnossapito	16
5.3	Keloista aiheutuvat laatukustannukset	18
5.4	Nykytilan yhteenveto	18
6	Ratkaisuehdotus	20
6.1	Kylttien materiaali ja ulkoasu	20
6.2	Kelojen tarkastukset ja kunnostusprosessi	24
6.3	Kelojen jäljitettävyys	27
6.4	Ratkaisuehdotusten yhteenveto	28
	Lähteet	30

Lyhenteet

ABC	Activity Based Costing, laatukustannusten jaottelumalli.
APS	Advanced Planning and Scheduling, tuotannon hienokuormitus- ja ajoitusjärjestelmä.
ERP	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä.
MES	Manufacturing Execution System, tuotannonohjausjärjestelmä.
PAF	Preventive, Appraisal and Failure, laatukustannusten jaottelumalli.
TQM	Total Quality Management, kokonaisvaltainen laadunhallinta.

1 Johdanto

Jokainen yritys tarvitsee selkeän strategian, jonka avulla yritys pyrkii erottumaan kilpailijoistaan. Nykypäivänä kilpailu asiakkaista on kovaa, ja yrityksen täytyy jatkuvasti pyrkiä kehittymään tyydyttääkseen asiakkaiden tarpeet. Strategia varmistaa, että organisaation jokainen osa on suunniteltu tukemaan yrityksen kilpailuedun hankkimista ja kilpailijoista erottumista. (Lean Strategy, 2016.)

Työn tavoite

Tämän insinööriyön tarkoituksena on tehdä Prysmian Group Finland Oy:n Pikkalan kaapelitehtaan tuotannon teräskeloille toimiva merkintä- ja identifiointijärjestelmä tulevaa FastTrack-järjestelmää varten. Fast Track on Prysmian Groupin MES-järjestelmä, joka otetaan vaiheittain käyttöön kaikilla konsernin tehtailla. Tarkoituksena on myös luoda kela-tietokanta, jonka avulla voidaan hallita kelojen kunnon seuranta, inventaariota ja keloihin kohdistuvia kustannuksia. Näiden tavoitteiden lisäksi tarkoitus on kehittää prosessi, jonka perusteella vialliset kelat siirretään pois tuotannon käytöstä ja miten kelat saadaan toimitettua kunnostukseen.

Työn on tilannut Prysmian Group Finland Oy Pikkalan kaapelitehdas, joka on osa maailman johtavaa kaapelinvalmistuskonsernia. Pikkalan tehdas on erikoistunut muovieristeiden merikaapeleiden valmistukseen.

Kelojen omistajalla, eli tehtaan tuotanto-osastolla, ei ole tarkkaa lukumäärää sen omistamista keloista tai niiden kunnosta. Kelat ovat kaapelin pakkaus valmiille tuotteille sekä keskeneräiselle tuotannolle, joten on tärkeää, että ne ovat riittävän hyvässä kunnossa, niitä on sopiva määrä ja ne ovat muutenkin tarkoituksenmukaisia. Tehtaalla ollaan ottamassa käyttöön uutta tuotannonohjausjärjestelmää, jonka täysimittaisen käytön edellytyksenä on saada kaikki kelat yksilöityä QR-koodilla.

Työn rajaus

Työ on rajattu tutkimaan kaapelitehtaan tuotannon teräskelojen merkkauksvaatimuksia tulevaa MES-järjestelmää varten. Työssä keskityttiin määrittämään kaikille tuotannon käyttämille kelatyypeille niiden vaatimat materiaalit kyltteihin ja kiinnitysmenetelmät. Työ rajattiin koskemaan tehtaan sisälogistiikassa käytettäviä teräskeloja, joten tuotannon puukelat ja toimituskelat jätettiin työn ulkopuolelle.

Työmenetelmä

Tutkimus toteutettiin hyödyntämällä verkkomateriaaleja, opintomateriaaleja sekä haastattelemalla kaapelitehtaan henkilöstöä ja palveluntoimittajia. Kyltteihin valittiin tekstit osastojen esimiesten, ajureiden ja trukkikuskiensa haastatteluiden pohjalta. Kylttimateriaalit ja kiinnitysmenetelmät valittiin käytännön kokeiden ja tavarantoimittajien tarjousten perusteella.

Työn sisältö

Tämän insinööriyön teoriaosuus jakautuu kahteen osaan, jotka ovat laatu ja MES-järjestelmä eli tuotannonohjausohjelmisto. Työ alkaa laatu-käsitteen määrittämisellä ja kuvaa, mitä laatu merkitsee tuotannossa. Luvussa esitetään Total Quality Management eli kokonaisvaltaisen laadunhallinnan käsite ja sen keskeisimmät osa-alueet. Luvussa määritellään laatukustannukset ja esitetään yleisin tapa jaotella laatukustannukset. Seuraavassa luvussa tehdään katsaus tuotantotietojärjestelmiin ja kerrotaan MES-järjestelmästä saatavia etuja.

Kappale 4 alkaa kohdeyrityksen esittelyllä. Kappale jatkuu kaapelin valmistuksen vaiheiden kuvaamisella tuoden esille eri vaiheiden kriittiset tekijät. Seuraavassa luvussa selvitetään kohdeyrityksen tuotannonohjauksen ja kaapelikelojen nykytilaa. Kappaleessa tuodaan esille muun muassa kelojen kunnossapidon merkitys tehtaalle sekä keloista aiheutuvat laatukustannukset.

Viimeisessä luvussa esitetään ratkaisuehdotus kelojen tunnistamiseen ja kerrotaan, miten päädyttiin kyseisiin ratkaisuihin. Luvussa esitetään myös tilapäinen ohjeistus operaattoreille kelojen jäljitettävyyden mahdollistamiseksi ennen MES-järjestelmän käyttöönottoa.

2 Laatu

”Aivan kuten 1900-luku oli tuottavuuden vuosisata, 2000-luku tulee olemaan laadun vuosisata.” (Juran & Godfrey 2000: 14.2).

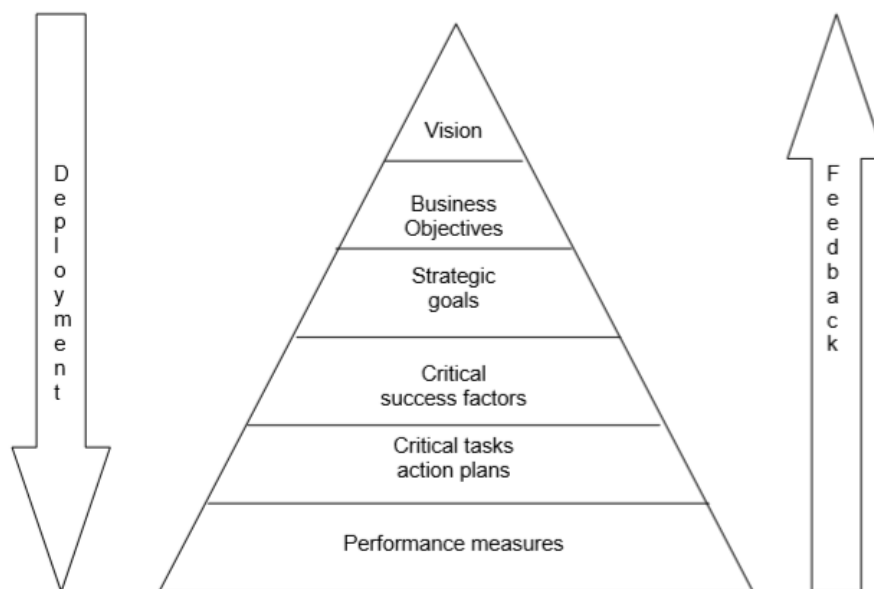
Laatu voi tarkoittaa niitä tuotteiden ominaisuuksia, jotka täyttävät asiakkaan tarpeet ja siten tyydyttävät asiakkaan. Näin ajateltuna laatu on suuntautunut yrityksen tuloihin. Korkeamman laadun tarkoituksena on tarjota asiakkaalle suurempi tyydytys ja sen toivotaan lisäävän yrityksen tuloja. Yrityksen pyrkimys nostaa asiakkaiden kokemaa laatua, tarkoittaa monesti tarvetta investoida, ja investointi tarkoittaa kulujen kasvamista. Näin voidaan todeta, että korkea laatu maksaa. Toisaalta laadulla voidaan tarkoittaa puutteetonta tai virheetöntä tuotetta. Tässä mielessä ajateltuna laatu on suuntautunut yrityksen kuluihin. Virheellisten tuotteiden uusintatyöt ja asiakkaiden vaateet ovat lisäkustannuksia yritykselle. Tässä tapauksessa voidaan sanoa, että korkea laatu maksaa vähemmän. (Juran & Godfrey 2000: 2.)

2.1 Total Quality Management

Total Quality Management (TQM) on organisaation kokonaisvaltainen laatujohtamisen malli. Organisaatiot, jotka toteuttavat kokonaisvaltaista laatujohtamisen mallia, pyrkivät erinomaisuuteen kaikilla osa-alueilla (Logistiikan Maailma: Laadunhallinta, laatujohtaminen ja -järjestelmät). Total Quality Management -mallin kolme keskeistä käsitettä ovat:

- asiakaslähtöisyys
- jatkuva parantaminen
- kaikkien jäsenten arvostaminen. (Juran & Godfrey 2000: 14.)

Kuten Kunnasmäki esittää Pro gradu -tutkielmassaan, laatukustannuslaskennan ja muiden laadunhallinnan työkalujen käytön lähtökohta yrityksen suorituskyvyn parantaminen. Yrityksen suorituskyvyn mittareiden tulisi perustua yrityksen tärkeimpiin menestystekijöihin, ja koska laatu on yksi niistä, tulisi suorituskyky mittariston sisältää myös laatumittareita. (Kunnasmäki, s. 20) Yrityksen suorituskyvyn mittauksen tulisi olla linjassa yrityksen strategian ja tavoitteiden kanssa. Joten kaikki yrityksen tavoitteet tulisi pohjautua yrityksen visioon, ja edelleen suorituskyvyn mittauksen tulisi pohjautua tavoitteisiin. Muuten mittaristo voi olla harhaanjohtava.



Kuva 1. Suorituskykymittarien käyttöönotto ja palautejärjestelmä. (Putkiranta 2006: 36.)

Kuten kuvassa 1 yrityksen suorituskykymittarit vedetään ylhäältä alas ja lisäksi yrityksellä tulee olla seuranta, joka lähtee alhaalta ylös läpi organisaation. Ilman seurantaa yritystä ei voi johtaa oikeaan suuntaan eikä tiedetä, missä mennään. (Putkiranta 2006: 36.)

2.2 Laatukustannukset

Laatukustannukset voidaan määritellä esimerkiksi seuraavilla tavoilla: yksi määritelmä määrittää laatukustannuksiksi ne kustannukset, jotka katoaisivat, jos tuotteissa ei olisi puutteita (Juran & Godfrey 2000: 2). Lecklin esittää laatukustannusten määritelmäksi kaikki ne kustannukset, jotka tulevat yrityksen varmistuksessa, että tuotteet ovat asiakasvaatimuksen mukaisia (Kunnasmäki 2019: 13). Termi laatukustannukset voidaankin ymmärtää eri tavoin: yksi voi ymmärtää sen huonon laadun kustannuksena, toinen saavutetun laadun kustannuksena ja kolmas yrityksen laatuosaston pyörittämiseen vaadittavina kuluina (Juran & Godfrey 2000: 8).

Laatukustannuksia mittaamalla voidaan todentaa heikosta laadusta johtuvat kustannukset ja sitä kautta pyrkiä parantamaan laatua ja pienentämään laatukustannuksia. Laatukustannuksien pienentämisen lisäksi laatukustannuslaskenta parantaa asiakkaiden kokemaa laatua. Saavuttamalla korkeamman laatutason yritys vapauttaa olemassa olevaa kapasiteettiaan heikon laadun aiheuttamien uusintatöiden vähentyessä. Parantunut laatu voi auttaa myös varastojen tason madaltamisessa, jolloin varastonhallinta helpottuu ja varastoon sitoutuneen pääoman rahoituskustannukset pienenevät. (Länsiluoto 2007.)

Laatukustannukset voidaan jaotella esimerkiksi PAF-mallilla, prosessikustannusmallilla ja jakamalla kustannukset välittömiin ja välillisiin kustannuksiin.

PAF-mallin mukainen laatukustannusjaottelu:

- ennaltaehkäisevät kustannukset (prevention)
- valvontakustannukset (appraisal)
- sisäiset ja ulkoiset virhekustannukset (failure).

Ennaltaehkäisevät kustannukset muodostuvat kaikesta siitä yrityksen toiminnasta, millä tutkitaan, estetään tai pienennetään vioittumisen riskiä. Ennaltaehkäisyyn tarkoituksena

on ensisijaisesti estää virheiden esiintyminen. Ennaltaehkäiseviä kustannuksia ovat esimerkiksi laatusuunnittelu, prosessinhallinta, laadun kommunikoinnin suunnittelu ja kehitys ja laatukoulutus. (Feigenbaum 1961: 86.)

Valvontakustannukset tarkoittavat kustannuksia, jotka tulevat yrityksen toimista arvioida laatuvaatimusten täyttymistä. Valvontakustannuksia voivat olla esimerkiksi kustannukset, jotka syntyvät hankittujen raaka-aineiden vastaanottotarkastuksista, laboratoriovälineiden kalibroinnista, korjauksesta ja tarkastuksista, tuotteiden testauksesta ja tarkastuksesta ja niissä tarvittavista materiaaleista. Myös auditointien kustannukset kuuluvat valvontakustannuksiin. (Feigenbaum 1961: 87.)

Virhekustannukset muodostuvat syntyneistä virheistä, eli jos virheitä ei tehtäisi, ei syntyisi myöskään virhekustannuksia. Virhekustannukset voidaan jakaa kahteen alakategoriaan: sisäisiin ja ulkoisiin virhekustannuksiin. Sisäiset virhekustannukset aiheutuvat organisaation sisällä vikojen seurauksena.

Sisäiset virhekustannukset muodostuvat romutuskustannuksista, uusintatöistä, uudelleentestauksesta, uudelleentarkastuksesta ja uudelleensuunnittelusta. Ulkoiset virhekustannukset ovat kustannuksia, jotka muodostuvat tuotteen toimituksen jälkeen vikojen seurauksena. Näitä kustannuksia ovat takuuvaatimukset, korvaukset, tulevat menetykset, rangaistukset ja asiakaspalvelu. (Feigenbaum 1961: 88.)

2.3 Laatukustannusten jakaantuminen

On mahdollista, että yrityksen laatukustannuksista 70 prosenttia kohdistuu virhekustannuksiin, 25 prosenttia valvontakustannuksiin ja 5 prosenttia ennaltaehkäiseviin kustannuksiin. Tällaisella kustannusten jaolla yritys heittää omaisuuden roskikseen huonon laadun seurauksena. Varoja käytetään myös paljon lajittelemalla huonoja tuotteita hyvien tuotteiden seasta ja estämällä huonojen tuotteiden päätyminen asiakkaalle. Virhe- ja valvontakustannusten osuutta on vaikea pienentää, koska tuottamalla enemmän virheellisiä tuotteita virhekustannukset nousevat. Virhekustannusten kasvuun vastataan useasti kasvattamalla tarkastusten määrää, mikä kasvattaa valvontakustannuksia. Tarkemmalla tai paremmalla valvonnalla ei saada pienennettyä virheellisten tuotteiden määrää. Total-

quality-control lähestymistapa olisi perustaa riittävä pohja ennaltaehkäisevälle toiminnalle ja tukea sitä laadun ja prosessin valvonnalla. (Feigenbaum 1961: 85.)

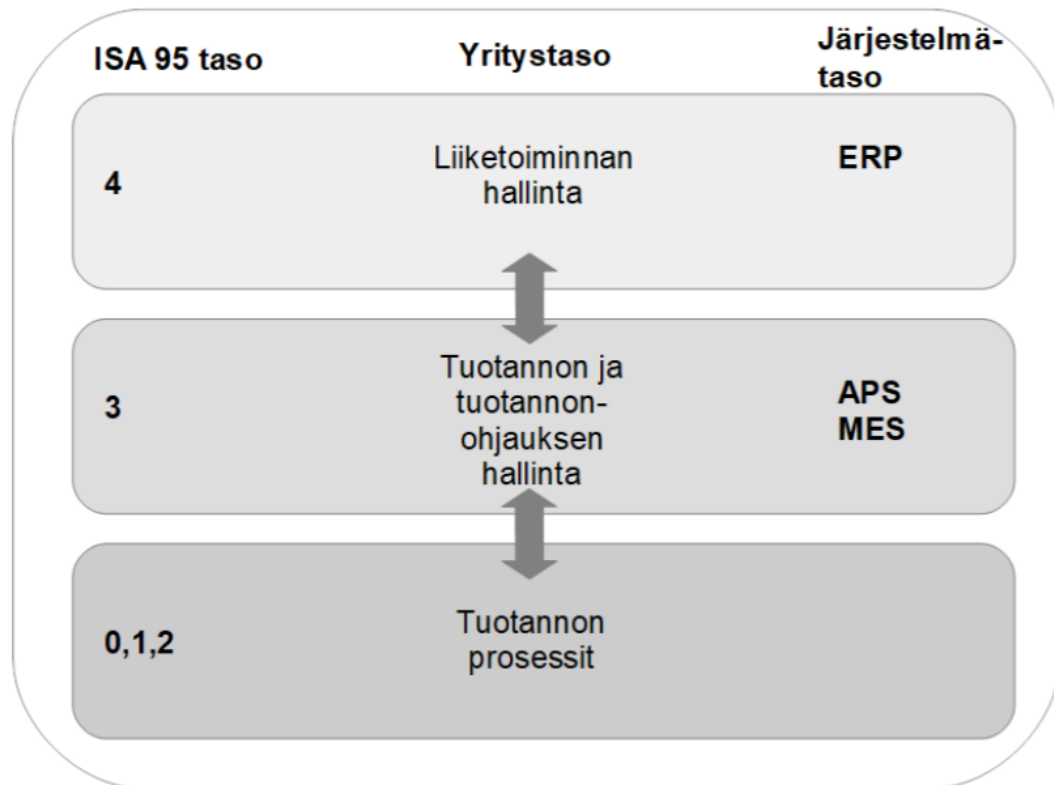
2.4 Laadun kehittäminen

Laatua voidaan kehittää parantamalla asiakastytyväisyyttä tai vähentämällä puutteita ja virheellisten tuotteiden määrää. Asiakastytyväisyyttä voidaan parantaa esimerkiksi luomalla vanhaan tuotteeseen uusia ominaisuuksia tai lyhentämällä läpimenoaikaa ja näin parantamalla asiakaspalvelua. Nämä laatuparannukset kasvattavat yrityksen tuloja. Virheellisten tuotteiden määrää voidaan vähentää esimerkiksi kehittämällä tuotannon prosesseja tai vähentämällä toimistotyöntekijöiden virheiden määrää. Koska asiakkaiden tarpeet ja kilpailukykyiset kustannukset muuttuvat jatkuvasti, molemmissa laadunkehitys tapauksissa tarvitaan jatkuvaa parantamista. (Juran & Godfrey 2000: 5.3.)

3 Toiminnanohjausjärjestelmät

ISA-95 on International Society of Automation -järjestön julkaisema tuotantoympäristön tietojärjestelmiä käsittelevä standardi. ISA-95-standardi jakaa tuotannon tietojärjestelmät viiteen eri hierarkkiseen tasoon kuvan 2 mukaisesti.

Ylimmällä tasolla eli tasolla 4 on ERP- eli toiminnanohjausjärjestelmät. Ylimmällä tasolla hallitaan yrityksen liiketoimintaa määrittämällä tuotteet, tuotantomäärät ja toimitusajat. ERP-järjestelmä on laaja yrityksen käytössä oleva tietojärjestelmä, jolla on mahdollista integroida eri osastojen, kuten esimerkiksi myynti, osto, suunnittelu, tuotanto ja logistiikka, käyttämät työkalut samaan tietokantaan. Diplomityössään Raikkonen korostaa järjestelmän etua siinä, että tieto täytyy kirjata vain kerran järjestelmään, ja se on kaikkien osastojen käytössä. Aikakäsite vaihtelee tällä tasolla päivistä kuukausiin. ERP-järjestelmissä on tehokkaita työkaluja useiden eri osastojen tarpeisiin, mutta niiden toiminta on monesti puutteellista tuotannon suunnittelun ja ohjaamisen näkökulmasta, ja ne tarvitsevat rinnalleen erillisiä järjestelmiä. (Raikkonen 2018: 12; Östman 2017: 8.)



Kuva 2. ISA-95-tasojen, yritystasojen ja järjestelmätasojen kuvaus. (Raikkonen 2018: 11)

Tasolla 3 on tuotannosuunnittelu- ja ohjausjärjestelmät (APS, Advanced Planning and Scheduling) ja -ohjausjärjestelmät (MES, Manufacturing Execution System). Tuotannosuunnittelu ja ajoittaminen pelkällä ERP-järjestelmällä voi olla monen yrityksen tarpeisiin liian kankea, joten ERP-järjestelmiä on mahdollista laajentaa APS-moduuleilla. Näillä moduuleilla on mahdollista suunnitella ja aikatauluttaa tuotanto sekä hallita tuotannon kapasiteettirajoitteiset resurssit. APS-järjestelmät on suunniteltu monimutkaisten ja toisiinsa vaikuttavien tehtävien optimointiin ja priorisointiin. (Raikkonen 2018: 14; Östman 2017: 8.)

MES on tietojärjestelmä toiminnanohjausjärjestelmän (ERP) ja tuotannon automaatiojärjestelmän välille. Järjestelmän tarkoitus on välittää ja kerätä tietoa tuotannon prosesseista ylemmän tason järjestelmään eli ERP-järjestelmään. Reaaliaikaisen ja tarkan tiedon avulla voidaan optimoida tuotannon aikataulutusta. MES-järjestelmässä tiedonkulku on kaksisuuntaista, joten tuotannon lattiatasolla saadaan ajankohtaista ja monipuolista tietoa tehostamaan työskentelyä. Aikakäsite tasolla 3 on sekunneista vuoroihin ja päiviin. (Raikkonen 2018; 16.)

Alimmat tasot ovat tuotannon automaatiojärjestelmät tasolla 2, anturit ja toimilaitteet tasolla 1 ja tuotannon fyysinen prosessi tasolla 0. Näillä tasoilla hallitaan tuotannon automatisoituja valmistusprosesseja. Aikakäsitteet tasolla 2 vaihtelee tunneista mikrosekun- teihin ja tasolla 1 jopa alle mikrosekunnin. (Raikonen 2018; 11.)

3.1 MES-järjestelmä

Järvenpään & Lantzin tutkimuksen mukaan useissa yrityksissä tuotantoa ohjataan ERP-järjestelmän eli toiminnanohjausjärjestelmän ja useiden Excel-taulukoiden yhdistelmillä. Viime vuosikymmeninä yrityksen tiedonhallinta- ja tuotannonohjausjärjestelmät ovat kehittyneet paljon, esimerkiksi tuotannonohjaukseen on kehitetty MES-järjestelmä. ERP:n, Excel-taulukoiden ja paperisten kopioiden käyttämisen haasteena tuotannonohjauksessa on se, ettei niitä ole mahdollista mitenkään integroida toisiinsa. Niissä on myös paljon päällekkäistä tietoa, ja kaikkien tiedostojen ja kopioiden ylläpitäminen vaatii manuaalista työtä. ERP-järjestelmä on ISA-95-standardin mukaan tarkoitettu taloushallinnon työkaluksi, joten se ei ole parhaimmillaan tuotannon tietojärjestelmänä. (Järvenpää & Lantz 2014: 19.)

3.2 Jäljitettävyys ja läpinäkyvyys

Yritysten on yhä useimmin kyettävä osoittamaan, mitä raaka-aineen tuotantoerää se on käyttänyt omassa tuotantoerässään. Näin päästään käsiksi tuotantoerään, joka on valmistettu esimerkiksi toimittajan virheellisillä komponenteilla tai pilaantuneella raaka-aineella. On myös mahdollista, että toimittajat eivät ole huomanneet mitään poikkeavaa omissa prosesseissaan ja ongelmat ilmenevät vasta lopputuotteen valmistuksessa. Tällöin täydellinen jäljitettävyys antaa myös mahdollisuuden palata toimitusketjua taaksepäin toimittajiin ja lähteä etsimään, onko toimittajan prosessissa ollut ongelmia kyseisen erän valmistuksessa. Tarkalla jäljitettävyydellä voidaan löytää virheiden todelliset juurisyyt. Käytettävien raaka-aineiden valmistuserätietojen kerääminen ja säilöminen helposti löydettävissä olevaan muotoon vaatii paljon manuaalista työtä tuotannon työntekijöiltä.

Erillisten Excel-taulukoiden käyttämisessä tuotteiden ja materiaalien jäljitettävyyssiedon tietokantana ongelmana on, että dokumentteja tai laatumittaustuloksia ei koskaan linkitetä valmistettavan tuotteen tietoihin. Myös tietojen tai mittaustulosten manuaalinen kirjaaminen voi olla ongelma, koska inhimillisen virheen riski on melko suuri. Viivakoodien lukeminen suoraan järjestelmään voisi olla potentiaalinen ratkaisu. (Järvenpää & Lantz 2014: 19.)

Toimiva valmistusprosessi vaatii paljon tietoa eri toimijoiden välillä. Tuotannontyöntekijät tarvitsevat tietoa työjärjestyksestä, käytettävistä komponenteista ja toisten tuotantolinjojen etenemisestä tai ongelmista. Työnjohto ja tuotannonsuunnittelu tarvitsevat reaaliaikaista tietoa työetenemisestä, jotta laitoksen kaikki resurssit saadaan käyttöön mahdollisimman tehokkaasti tai voidaan ilmoittaa viivästyksistä logistiikasta tai myynnistä vastaavalle. MES-järjestelmällä onkin tarkoitus kerätä tuotannosta jatkuvasti reaaliaikaista dataa, jolloin voidaan ylläpitää informaation kulkua tuotannonhallinnan ja ylemmän liiketoiminnan tason välillä. Saamalla monipuolista ja ajankohtaista tietoa, tuotanto kykenee ylläpitämään paremmin tuotannon laatua ja lyhentämään tuotteiden läpimenoaikoja, joka edesauttaa tuotantokustannusten madaltumista. Kun järjestelmää on helppo käyttää tehtaassa lattiatasolla, on tuotantodata helpompi kirjata, ja tuotantotilanne pysyy reaaliaikaisena. (Raikkonen 2018: 16.)

3.3 Tuotantodata ja jatkuva parantaminen

Jatkuva parantaminen on yksi Lean-filosofian kulmakivistä, jossa hukkaa poistetaan ja virtausta parannetaan jatkuvasti. Lean-ajattelussa sanotaan, että suurin hukka on ihmisten osaamisen käyttämättä jättäminen. Siksi jatkuvassa parantamisessa tulee työntekijät ottaa mukaan kehitystyöhön. Kehittämistä tuetaan mittaamisella ja mittarit viedään myös osaksi päivittäistä johtamista. (Logistiikan Maailma: Lean ajattelu.) Kehittämisen lähtökohtana voidaan pitää tuotannon suorituskyvyn analyysiä, johon tarvitaan tarkkaa tietoa. MES-järjestelmällä saadaan kerättyä dataa esimerkiksi prosessin ajo-arvoista, asetusajoista ja materiaalin kulutuksesta standardimuodossa. Tästä tiedosta voidaan ajaa järjestelmästä raportteja, joita analysoimalla voidaan optimoida tuotantoa ja käytettävissä olevia resursseja. (Raikkonen 2018, 33.)

Monissa yrityksissä suorituskykyraportit ajetaan säännöllisesti, esimerkiksi kuukausittain. Data voidaan joutua keräämään esimerkiksi ERP:stä Exceeliin, johon voi kulua jopa 1-2 päivää työaikaa. Koska suorituskykyraportit eivät ole reaaliaikaisia, niitä ei juurikaan käytetä tukena päivittäisessä johtamisessa vaan pitkän aikavälin suunnittelun apuna. MES-järjestelmästä on mahdollisuus saada reaaliaikaista tuotannosuorituskyky-dataa, joka on helposti tuotavissa visualisoituna tuotannon lattiatasolle asti. (Järvenpää & Lantz 2014: 20.)

3.4 Tuotannonohjauksen tehokkuus

Kuten on tullut jo ilmi, niin monet yritykset käyttävät tuotannon suunnitteluun ja ohjaukseen toiminnanohjausjärjestelmää ja sen apuna Excel-taulukoita. Näissä yrityksissä ei välttämättä tehdä ollenkaan hienosuunnitelmaa, tai se tehdään ERP-järjestelmässä. Erillisen hienosuunnitteluohjelmiston puuttumisen haasteena on kapasiteetin hallitseminen, tietojen päivittäminen, päällekkäinen tieto ERP-järjestelmässä ja Exceleissä sekä muutoksien hallinta. Esimerkiksi yhden työn uudelleenaikatauluttamisessa voi joutua siirtämään kaikki työt manuaalisesti. Ilman MES-järjestelmää toimivat yritykset joutuvat useasti käyttämään paperisia tulosteita tuotannon lattiataason ohjaukseen. Tuotteiden historiatiedon ylläpitäminen on erittäin työlästä käyttämällä paperisia työmääräimiä ja -ohjeita. Myös työn edistymisen seurattavuus ei ole reaaliaikaista ilman MES-järjestelmää. (Järvenpää & Lantz 2014: 24.)

4 Prysmian

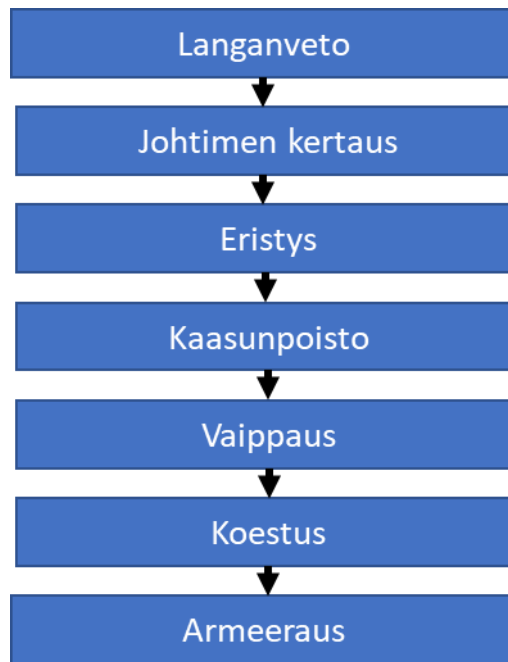
Prysmian Finland Oy on osa maailman johtavaa energia- ja telekaapeleiden valmistajakonsernia Prysmian Groupia. Konsernilla on yli 100 tehdasta 50 eri maassa. Prysmian Group on listattu Milanon pörssiin. Prysmian Finland Oy:llä on tehtaat Kirkkonummella Pikkalassa ja Oulussa Ruskossa ja henkilöstöä yli 500. Pikkalan tehdas on yksi Prysmian Groupin merikaapeliosaamiskeskus. Suomessa kaapelitehtaan historia ulottuu vuoteen 1912, jolloin perustettiin Suomen Punomotehdas. Yhtiö on myöhemmin tunnettu muunmuassa Suomen Kaapelitehas Osakeyhtiönä ja Nokia Kaapelina. Vuodesta 2018 yhtiön nimi on ollut Prysmian Group Finland Oy. (Prysmian Group Suomessa.)

Kaapelin valmistuksen vaiheet

Langanveto ja johtimen kertaus

Johtimen valmistus aloitetaan langanvedosta, jossa pitkä alumiini- tai kupari- ”rodi” vedetään asteittain pienentyvän vetokivisarjan läpi. Langan halkaisija pienenee noin 20 % per vetokivi. Kuparilangat hehkutetaan välittömästi vedon jälkeen hehkukaapissa. Vetokivien määrällä säädetään halutun langan halkaisijaa ja saadaan vedettyä eri tuotteille niiden vaatimuksiin sopivan paksuinen lanka. Langan vedossa kriittiset tekijät ovat langan tasaisuus ja langan venymä. Halkaisijan toleranssi on noin $\pm 0,04$ mm, ja kolhut langassa näkyvät seuraavassa työvaiheessa langan katkoina. Langat vedetään pienille, laipan halkaisijaltaan noin 60 cm:n keloille. Kelojen laippojen tulee olla suorassa toisiinsa nähden, että puolauksesta tulee tasainen.

Seuraavat työvaiheet ovat johtimen kertaus ja nauhoitus. Johdin kerrataan yhteen kerros kerrokselta, jotta saavutetaan haluttu poikkipinta-ala johtimelle. Kertaus tehdään kertauskoneessa, jossa on peräkkäisiä lankakeloilla lastattuja häkkeitä. Häkit pyörivät eri suuntiin, jolloin johtimen päällekkäisten kerrosten langat menevät ristikkäin toistensa päällä. Langat tiivistetään tiivistyskivillä tai valsseilla. Johtimen sisään voidaan lisätä myös nauhoja tai massaa, jolloin johtimelle saadaan pitkittäinen vesitiiveys. Johtimen pinnalle voidaan lisätä nauhoitus kertauksessa tai erillisenä työvaiheena. Johdin nauhoituksen tarkoituksena on tasoittaa johtimen pintaa ja parantaa vesitiiveyttä. Samoin kuten langan halkaisijan tulee olla tasainen, tulee myös koko johtimella olla yhtä suuri halkaisija. Johtimen kertauksessa myös johtimen resistanssi on kriittinen tekijä, joka saadaan nopeasti tarkastettua punnitsemalla näyte. Vastaanottokelan kelan rummun halkaisijan tulee olla noin 45 x johtimen halkaisija.



Kuva 3. Kaapelin valmistuksen vaiheet.

Eristys

Kaapelin eristuksen tehtävänä on pitää sähkö kaapelin sisällä. Eristys työvaiheessa tehdään johtimen päälle kolmen puristimen ja yhden puristinpäähän avulla kolmikerroksinen eristys. Kolme kerrosta ovat johdinsuoja, eristys ja hohtosuoja. Johdin- ja hohtosuoja ovat puolijohtavaa materiaalia, jonka tarkoituksena on antaa eristykselle mahdollisimman pyöreä pinta. Pyöreä pinta on tärkeää, koska kaapeli voi alkaa vaurioitua terävistä epäjatkuvuuskohdista. Eristysprosessi on kaapeleiden tuotantopituutta rajoittava työvaihe, koska eristys on jatkuva prosessi, ja yksi ajo voi kestää pisimmillään noin 14 vuorokautta. Puhtaus, tasaiset rajapinnat ja mekaanisten vaurioiden välttäminen ovat erittäin kriittisiä tekijöitä tässä työvaiheessa. Koska eristetty vaihe on erittäin herkkä vaurioille, tulee vastaanottokelojen olla moitteettomassa kunnossa.

Kaasunpoisto

Eristyksen jälkeinen työvaihe on kaasunpoisto, joka on passiivinen työvaihe. Eristetty kaapeli koilataan kaasunpoistotankkiin tai kelalla oleva kaapeli viedään kaasunpoisto-

saunaan. Tankissa tai saunassa lämpötila nostetaan noin 70 celsius-asteeseen. Kaasunpoiston tarkoituksena on poistaa eristyksessä syntyviä kaapelille haitallisia kaasuja. Kaasunpoisto voi kestää muutamista tunteista yli kuukauteen riippuen kaapelityypistä ja eristyksen paksuudesta.

Vaippaus

Vaippaus on eristyksen tapaan jatkuva prosessi, jossa kaapeliin lisätään ainoastaan muovivaippa tai muovi- ja lyijyvaippa. Vaippa pursotetaan puristimella yhtenäisenä kerroksena kaapelin päälle. Lyijyvaippa toimii kosketussuojana ja antaa kaapelille poikittaisen vesitiiveyden. Muovivaippa on mekaaninen suojakerros lyijyvaipan päällä. Työvaiheessa on tärkeää saada katkeamaton vaippa koko kaapelin pituudelle.

Koestus

Vaippauksen jälkeen tehdään kaapelille sähköiset kokeet, joilla varmistetaan kaapelin toiminta ennen asiakkaalle toimitusta. Koestus on virallinen koe, joissa on monesti asiakas tai asiakkaan määräämä tarkastaja mukana. Koestuksessa löytyvät kaikki kaapelin viat, ja ne ilmenevät joko kaapelin läpilyöntinä tai PD-vikana. Läpilyönnissä kaapeli vaurioituu välittömästi läpilyöntikohdasta käyttökelvottomaksi. Läpilyönti johtuu usein eristyksen mekaanisesta vauriosta. PD-mittaus eli osittaispurkausmittaus paljastaa kaapelin alkavat viat.

Armeeraus

Armeerauksessa kaapeliin lisätään mekaanisia suojakerroksia kaapelin asennusta ja käyttöä varten. Armeeraus ottaa vastaan kaapelin pitkittäistä vetovoimaa, kun kaapelia asennetaan laivalla merenpohjaan ja suojaa kaapelia mekaanisesti koko käyttöiän. Työvaiheessa voidaan myös kerrata kolme kaapelia yhdeksi kolmivaihekaapeliksi ja lisätä kuituyksiköitä kaapeliin. Armeeraus tehdään kertaamalla kaapelin päälle teräslankoja ja muovinaruja. Valmis kaapeli koilataan isoille kasoille niin, että kaapelin taivutussäde on noin 75 kertaa kaapelin halkaisija. (Kaapeli osaajakoulutusmateriaali.)

5 Nykytilanne

Nykytilanteen kuvauksessa kuvataan kelojen suunnitelmallista käyttöä tuotantotilanteen vaihdellessa ja keloihin liittyvään kommunikointiin tuotannonohjauksen, tuotantolinjojen ja tuotannon trukkikuljettajien kesken. Luvussa analysoidaan myös kelojen kunnossapidon nykytilanteen ongelmia ja nykytilanteeseen johtaneita syitä.

5.1 Kelojen ohjaus tuotannossa

Tehtaan tuotantokelojen tarkkaa lukumäärää ei ole tiedossa ja kelatyyppejä on lukuisia. Nämä aiheuttavat monesti ongelmia tuotannossa, kun oletetaan, että tuleviin tarpeisiin on käytössä riittävä määrä hyväkuntoisia keloja. Kelojen loppuessa kesken joudutaan käyttämään huonokuntoisempia keloja tai tyhjentämään täysiä keloja toisille keloille vapauttamaan haluttuja keloja tuotannolle.

Erilaiset kaapelit ja tuotantolinjat vaativat erilaisia keloja. Tärkeimpiä ominaisuuksia kelaa valittaessa on kelan rummun halkaisija. Kelan rummun halkaisijan minimimita on riippuvainen kelalle puolattavan kaapelin halkaisijasta: mitä paksumpi kaapeli sitä suurempi rumpu täytyy kelassa olla. Tuotantolinjojen pukit rajoittavat myös käytettävien kelojen kokoa, joten kaikille linjoille eivät käy kaikki kelat. Kelan leveyden ja laipan halkaisijan lisäksi rajoittava tekijä voi olla esimerkiksi ristikkäistukien puute, mikä estää kelan käytön kertauskoneen lähtökelana. Tehtaan käytävien mitat ja hallien ovet voivat myös olla rajoittavia tekijöitä kelojen valinnassa. Varasto-ohjautuvassa tuotannossa kaapelit valmistetaan standardipituuksilla, joten tuotantolinjat pyrkivät käyttämään aina samantyyppisiä keloja samassa työvaiheessa. Tilaustuotannossa kaapelityypit, toimituspituudet ja -määrät voivat vaihdella erittäin paljon, joten tarve erilaisille keloille vaihtelee tilausten mukaan.

Huonokuntoisten kelojen käytössä on olemassa aina riski kaapelin vahingoittumiseen, joten siksi se ei ole suositeltava vaihtoehto. Toisinaan kaapeleita säästetään tutkimuskäyttöön tai odottamaan päätöstä esimerkiksi laatuviian vuoksi ja kelat voivat olla varattuina pitkän aikaa, näitä keloja voidaan vapauttaa puolaamalla kaapeli toiselle kelalle ja saadaan tarvittava kelatyyppi käyttöön. Puolaaminen on aina ylimääräinen kustannus, koska se sitoo miehistöä ja tuotantolinjaa tuottavalta työltä. Etenkin eristetyn vaiheen

puolaaminen on myös riskialtista, koska kaapeli voi vaurioitua helposti, joten puolaaminenkaan ei ole suositeltavaa.

Käytettävien vastaanottokelojen kommunikointiin tuotantolinjalle ei ole standardia tehtaalla. Tuotantolinjat käyttävät pääsääntöisesti niitä keloja, mitä he ovat aina käyttäneet. Suurimman osan ajasta tämä toimii etenkin varasto-ohjautuvassa tuotannossa, mutta haasteen tuo projektituotanto. Yleisesti projektituotanto käyttää myös suurempia keloja, joita on rajallinen määrä käytössä, joten niiden suunnitelmallinen käyttö on tärkeää projektin onnistumisen kannalta. Tuotantolinjojen operaattoreilla ja trukin kuljettajilla ei ole näkymää kovin pitkälle tuotantosuunnitelmaan, joten heillä olisi vajavaiset tiedot ohjata kelojen käyttöä. Käytännössä käytettävät kelat informoidaan tuotantolinjalle ja trukin kuljettajille paperisin ohjein tai suullisesti. Paperiohjeiden haasteena on tiedon päivitys muutostilanteissa. Keloista puhutaan lähestulkoon aina niiden laipan halkaisijan mukaan, esimerkiksi T400 tai T320, mutta koska kelan muut fyysiset mitat tai ominaisuudet voivat vaihdella, vaikka laipat olisivatkin saman kokoiset, joudutaan usein tarkentamaan muilla kelan ominaisuuksilla, esimerkiksi: ”T400, jossa on kaksi metrinen rumpu, jota käytettiin siinä yhdessä projektissa”. Kaikilla keloilla on omat yksilölliset tyypit olemassa, mutta vain pienessä osassa keloja tyypit ovat selkeästi luettavissa.

5.2 Kelojen tarkastus ja kunnossapito

Tehtaan tuotantokelat eivät ole ennakkohuollon piirissä, ja koska niitä ei ole yksilöity, ei niille ole voinut kertyä minkäänlaista huoltohistoriaa. Kelojen tulee olla hyvässä kunnossa kaapelin laadun varmistamiseksi, mutta myös työntekijöiden turvallisuuden varmistamiseksi. Keloille voi tulla kymmeniä tonneja massaa, joten niiden rakenteet tulee olla riittävän hyvässä kunnossa kestääkseen kaapelin painon ja kuljetuksen tehtaan sisällä. Keloja on vaikeaa tarkastaa niiden suuren koon vuoksi. Kelat varastoidaan aivan kiinni toisiinsa tilan säästämisen vuoksi, mikä myös vaikeuttaa kelojen tarkastusta. Kelat on helpoin tarkastaa tuotantolinjan pukissa, jossa voidaan pyörittää kelaa, jolloin sen saa tarkastettua joka puolelta.

Etenkin tehtaan projektituotannossa projektit voivat tulla nopeasti tuotantoon tai projektin lopulliset kaapeleiden pituudet varmistuvat myöhään, mikä vaikeuttaa kelojen suunnitelmallista käyttöä. Uusilla keloilla on pitkät toimitusajat, joten uusia keloja ei mielellään

hankita, jos ei tiedetä, tarvitaanko niitä seuraavissa projekteissa. Uusiin projekteihin joudutaankin korjaamaan vanhoja keloja nopealla aikataululla. Korjaamisen ongelma on korjauskustannus, mutta myös logistiikkakustannukset. Korjaamiseen liittyy myös paljon työtä ja on mahdollista, että isoa kela ei helposti lähetetä korjattavaksi muutaman naarmun tai lommon takia. Kelat voivat olla suuria ja painavia, joten niiden lastaamiseen ja kuljetukseen tarvitaan erikoiskalustoa. Suuria keloja mahtuu ainoastaan kaksi yhteen rekkakuormaan. Logistiikkakustannukset voivatkin olla lähes yhtä suuret kuin kelojen korjaus- ja maalaus-kustannukset.

Tehtaalla ei ole henkilöä, joka vastaa keloista, niiden kunnosta tai kunnostuksen hankkimisesta systemaattisesti. Systemaattisen ennakkohuollon ja kunnostusprosessin puutteen vuoksi kelat pääsevät rapistumaan ja korjauksia tehdään lähinnä kaikista herkimpien työvaiheiden keloille. Tuotantolinjojen operaattoreilla on vastuu tarkastaa kela ennen käyttöönottoa ja poistaa kelvoton kela käytöstä. Etenkin projektituotannossa tämä tarkastus tulee monesti liian myöhään, koska tuotanto on käynnissä tai alkamassa tarkastusta tehtäessä.

Tehtaalla on ollut käytössä prosessi, jossa operaattori viallisen kelan havaitessaan siirtää sen sivuun tuotannosta. Operaattorin on pitänyt täyttää tähän tarkoitukseen tehty vikalappu, joka kiinnitetään kelaan, ilmoittaa trukkipuskille, joka siirtää sen kelojen vika-alueella. Prosessi on toiminut siihen asti hyvin, että saadaan kela vika-alueelle, mutta tästä eteenpäin prosessissa ja vastuissa on ollut puutteita. Esimerkiksi tieto vioittuneesta kelasta ei ole välttämättä kulkenut eteenpäin, joten siihen ei ole voitu reagoida.

Tehtaalla ei ole myöskään nimettyä henkilöä, joka olisi vastuussa vikakelojen tarkastuksesta ja päätöksestä, tullaanko ne korjaamaan vai palautetaanko ne tuotantoon. Tämän prosessin ja vastuuhenkilön puutteen vuoksi keloja on jäänyt makaamaan pitkäksi aikaa vika-alueelle, josta niitä on haettu takaisin tuotantoon tyhjien kelojen loppuessa. Tämä ei kannusta operaattoreita enää raportoimaan kelojen vioista, jos viallisille keloille ei tehdä korjaavia toimenpiteitä, vaan ne palautetaan tuotantoon viallisina.

5.3 Keloista aiheutuvat laatukustannukset

Kaapelin valmistuksessa on monia keskenään hyvin erilaisia työvaiheita, jotka vaativat keloilta erilaisia ominaisuuksia. Johtimen kertauksessa kaapelin alumiininen tai kuparinen pinta on suoraan vasten kelan maalattua pintaa. Kaapelia puolatessa kelalle johtimen aiheuttama hankaus kelan rummun tai laippojen sisäpinnalla saa helposti maalipintaan kulumia. Koska keloja on tehtaalla paljon, niitä säilytetään tyhjänä pääsääntöisesti ulkona. Kelat ovat siis alttiina myös vaihtuville sääolosuhteille, jolloin kelat pääsevät helposti ruostumaan.

Kriittisimmät työvaiheet kaapelin valmistuksessa ovat eristys ja vaippaus, ja nämä työvaiheet vaativat keloilta moitteetonta kuntoa. Eristyksessä uloimman kerroksen paksuus on alle millimetrin, joten hyvin pieni painauma kaapelissa aiheuttaa kaapelin läpilyönnin ja tekee kaapelista käyttökelvottoman. Lähes poikkeuksetta kaapeli koestetaan vasta valmiina, eli se on kuluttanut kymmeniä työtunteja sekä kone- ja materiaaliresursseja. Keloissa ei ole jäljitettävyyttä eli ei tiedetä, millä kelalla kaapeli on ollut eri työvaiheissa. Tämä on ongelmallista, jos kaapelin vauriot on tullut kelasta ja kyseinen viallinen kela on edelleen tuotannon käytössä ja näin mahdollisesti vahingoittaa useita kaapeleita ennen kuin se saadaan varmasti jäljitettyä.

Kaapelin vaurioituessa tuotannossa kelat ovat aina osa juurisyyanalyysiä ja niin kauan, kun käytettyä kela ei voida jäljittää ja tarkastaa sen kuntoa, pidetään kelan aiheuttamia vaurioita todennäköisenä juurisyyinä. Kela on siis syyllinen, kunnes toisin todistetaan. Tämä voi johtaa tutkimusta harhaan, kun vaurio laitetaan kelan syyksi, ja todellinen juurisyy jää selvittämättä.

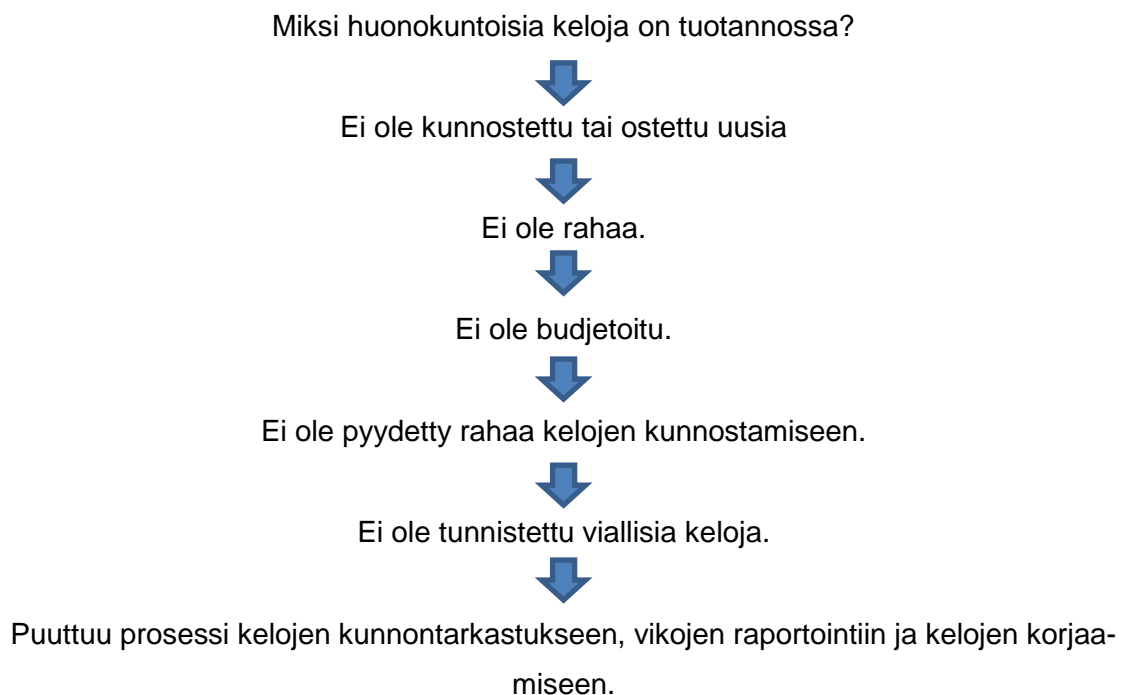
5.4 Nykytilan yhteenveto

Nykytila analyysissä havaittuja ongelmia kelojen käytössä ja kunnossa:

- Kelojen tarkkaa lukumäärää ei ole tiedossa.

- Kelat eivät ole ennakkohuollon piirissä eikä niihin tehdä säännöllisiä tarkastuksia, eikä korjaushistoriaa ole kirjattuna.
- Toimimaton prosessi viallisten kelojen tunnistamiseksi, informaation saamiseksi eteenpäin ja kelojen korjaamiseksi.
- Keloilla ei ole nimettyä henkilöä, joka vastaisi niiden tarkastuksesta ja kunnossapidon hankinnasta.
- Keloilla ei ole jäljitettävyyttä.
- Ei ole käytössä ketterää kommunikointi keinoa tuotantoon tai trukin kuljettajille mitä keloja tulisi käyttää.

Koska tuotannossa on käytössä huonokuntoisia keloja, käytettiin juurisyyn etsimiseen ”5 kertaa miksi” – tekniikkaa.



Ongelmalle ”Miksi huonokuntoisia keloja on tuotannossa?” saatiin juurisyyksi, että tehtaalla puuttuu selkeästi määritelty prosessi, kuinka kelat tarkastetaan, miten havaitut viat raportoidaan ja kuinka vialliset kelat korjataan niin, että ne voidaan palauttaa tuotantoon.

6 Ratkaisuehdotus

Luvussa 6.1 käsitellään kelojen merkkaukseen liittyviä haasteita ja määritellään ehdotettu toimintatapa. Luvussa 6.2 ehdotan kelojen tarkastukseen ja kunnonvalvontaan liittyvää parannettua prosessia. Luvussa 6.3 luodaan väliaikainen prosessi kelojen jäljitettävyyteen ennen FastTrack MES -järjestelmän käyttöönottoa tehtaalla. Viimeisessä luvussa on ratkaisuehdotuksien yhteenveto.

6.1 Kylttien materiaali ja ulkoasu

Kylttien materiaali

Tehtaalla on useita erityyppisiä keloja, jotka joutuvat alttiiksi erilaisille kuormituksille, joten tunnistuskilpien materiaaliksi joudutaan valitsemaan eri materiaaleja eri käyttökohteisiin. Johtimen kertauksen lankakelat ovat melko pieniä kooltaan, halkaisijaltaan noin 60 cm ja alue, jolle kilven voi sijoittaa on todella pieni. Puolatessa lankaa kelalle kela pyörii satoja kierroksia minuutissa. Tämän vuoksi kelat ovat tasapainotettuja, joten kilven tulisi olla mahdollisimman kevyt.

Osa tuotteista lämpökäsitellään jopa 400 celsius-asteisessa uunissa ja niiden kuljettamiseen käytetyt kelat joutuvat samaan lämpötilaan ja samat kelat säilytetään tyhjänä ulkona. Tämä vaatii kilven materiaalilta ja merkkauksesta hyvää korroosionkestävyyttä, jotta QR-koodi olisi luettavissa mahdollisimman pitkään. Suurin osa keloista on alttiina ainoastaan normaaleille sääolosuhteille, joten niiden kilpien materiaalinvalinta on helppoa.

Materiaalivaihtoehdot

- ruostumaton teräs

- alumiini
- muovi
- pelti.

Materiaalin valinta vaikuttaa myös kilven kiinnitysvaihtoehtoihin. Koska kelat pyörivät suurta nopeutta, tulee kilven olla kiinnitettynä menetelmällä, joka kestää useiden vuosien jatkuvan käytön. Tuotannon työntekijät valvovat langan puolausta kelalle kelan välittömässä lähteisyydessä, joten se on myös työturvallisuusriski, mikäli nopeasti pyörivistä keloista pääsisi irtoamaan metallinkappaleita. Tämän vuoksi myös on tärkeää, että kilvet ovat kiinnitettynä lujasti kiinni keloihin.

Kiinnitysvaihtoehdot

- hitsaus
- liimaus
- pultti/pop-niitti.

Kilven hitsaus rautakelaan on varmin kiinnitysmenetelmä. Hitsaus sulkee pois osan käytettävistä materiaaleista, esimerkiksi muovin. Hitsaus menetelmänä on myös melko nopeaa, joten se on kustannustehokasta. Hitsauksen haittapuolena on, että se voi mahdollisesti vääntää pienempien kelojen laippaa, joka aiheuttaisi ongelmia puolauksessa.

Hitsaus on nopea tapa kiinnittää, mutta linjan operaattori ei voi sitä tehdä, vaan työ pitää ostaa ulkopuoliselta palveluntoimittajalta. Pultti/pop-niittimenetelmät vaativat myös metallitöitä, kun kelan laippoihin pitäisi porata reiät ja tehdä kierteet. Liimauksen voi tehdä linjojen operaattorit oman työnsä ohessa, joten se olisi kustannustehokkain vaihtoehto kiinnitykseksi.

Taulukko 1. Kylttityypit

<u>Kelatyyppi</u>	<u>Kyltin materiaali</u>	<u>Kiinnitys</u>	<u>Teksti</u>
Konekela	Rosteri	Lämmön kestävä liima	Kela tyyppi, id-numero ja QR-koodi
<u>Uunitettavat kelat</u>	Rosteri	Ruuvi	Kelan SAP-koodi, mitat, id-numero ja QR-koodi
Isot tuotannon kelat	Muovi	Liima	Kelan SAP-koodi, mitat, id-numero ja QR-koodi

Kuten taulukossa 1 on esitetty, tarvitaan kolme erilaista kylttityyppiä kattamaan kaikki tuotannon kelatyyppit.

Kylttien ulkoasu

Suuriin ja keskikokoisiin keloihin valittiin kilveksi melko suuri, muovinen kyltti. Näin saatiin mahtumaan kaikki tarpeellinen teksti, mikä kylttiin haluttiin saada. Kylttiin piti saada kelan SAP-koodi eli koodi, jolla SAP ja tuleva MES-järjestelmä tunnistaa kelatyyppin. Esimerkkikuvassa SAP-koodi on DS33607-2. SAP-koodin avulla on helppo ohjeistaa tuotantolinjojen ajureita ja trukkikuskeja käyttämään tiettyä kelatyyppiä tietylle kaapelille. Jokaiselle kelatyyppille ja eri mitoille on oma yksilöllinen koodinsa. Kyltteihin haluttiin myös saada kelan tyyppi, laippojen sisäleveys, rummun halkaisija ja kantavuus. Kelan tyyppi,

esimerkiksi T320 kuten kuvassa 4, tarkoittaa teräskelaa, jonka laipan halkaisija on 320 cm. Kelatyyppin alla voi olla lukuisia eri variaatioita leveydessä ja rummun halkaisijassa.

Kelan tyyppi ja mitat selvästi luettavissa ja standardimuodossa helpottavat tuotannon trukkikuskeja, koska tuotannolla on useita lähes samanlaisia keloja, joissa ainut eroavaisuus voi olla esimerkiksi rummun halkaisija. Kun trukkikuskit näkevät helposti trukin ohjaamosta kelatyyppin ja sen mitat, heidän ei tarvitse poistua ohjaamosta mittaamaan kelaa rullamitalla. Turhat poistumiset trukista vähenevät, joka säästää aikaa varsinaiseen työhön.

Selkeät merkinnät vähentävät myös virheen mahdollisuutta viedä väärän kokoinen kela tuotantolinjalle. Esimerkiksi, jos kaapelia aloitetaan puolaamaan kelalle, jossa on liian suuri rumpu, ei suunniteltu pituus välttämättä mahdu kelalle ja pahimmassa tapauksessa koko pituus menee romuksi. Alimmalle riville päätettiin laittaa kelan yksilöintinumero. Jokaisen SAP-koodin kelat lähtevät numero ykkösestä juoksevilla numeroinnilla ylöspäin. Eli SAP-koodia ja yksilöintinumeroa käytetään kelan yksilöinnissä.

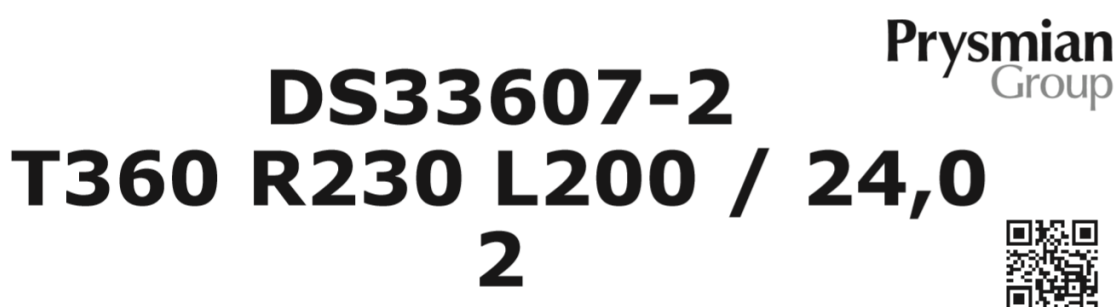


Kuva 4. T320-kelat.

Kylttien tekstin sisältö

Konekelojen kilvet tulee olla kevyitä ja mahdollisimman pieniä, koska konekelat ovat tasapainotettuja niiden suuren pyörimisnopeuden vuoksi. Konekeloihin tulee ainoastaan kelatyyppi, yksilöintinumero ja QR-koodi.

Kylttiin tulee myös QR-koodi, jonka alle voi laittaa erittäin paljon yksilöllistä tietoa kelasta. FastTrack-projekti määrää, missä muodossa kelan yksilöinti tulee olla, joten sitä ei tarvinnut erikseen suunnitella paikallisesti. Koodin alle haluttiin laittaa vielä kelan pinolin halkaisija.



Kuva 5. Kelakyltti.

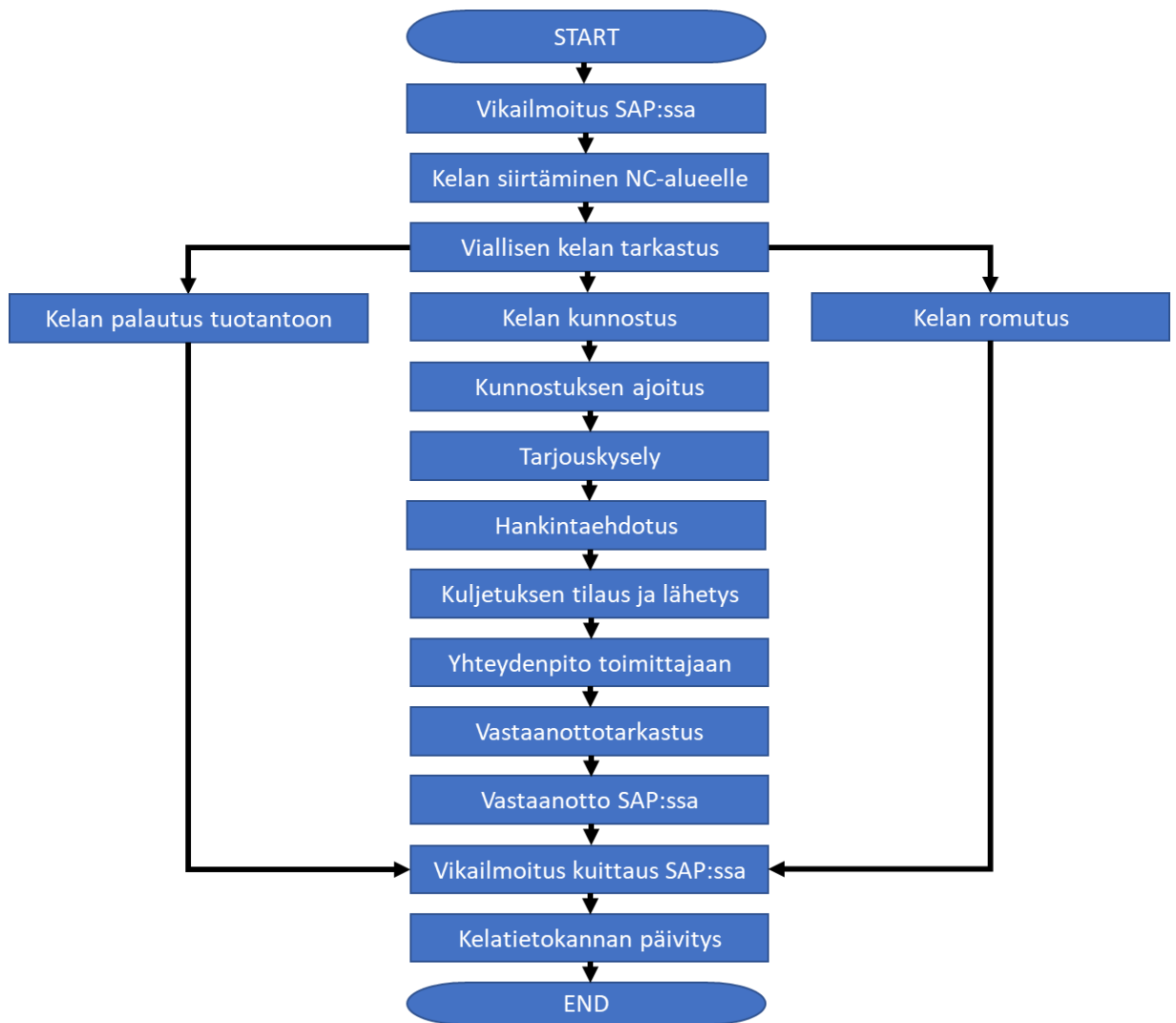
Kuvassa 4 on malli isoihin tuotannon keloihin kiinnitettävästä kelakyltistä. Ylimpänä kyltissä kelatyyppin SAP-koodi DS33067-2. Keskirivillä on kelan fyysiset mitat sekä kantavuus tonneina. Alimmalla on rivillä kelatyyppin juokseva yksilöintinumero. Oikealla on alukulmassa QR-koodi, jota tullaan käyttämään MES-järjestelmän käyttöönoton jälkeen kelojen jäljitettävyydessä. Uuteen MES-järjestelmään tulisi saada myös mahdollisuus kommunikoida tuotantolinjalle ja trukkikuskeille käytettävät kelatyyppit tuotantotilauksen jokaiselle eri pituudelle.

6.2 Kelojen tarkastukset ja kunnostusprosessi

Koska viallisen kelan käytön estämiseen tuotannossa puuttui selkeä ja toimiva prosessi, niin päätettiin luoda uusi prosessi. Aikaisemmin tuotantolinjojen operaattorit kiinnittivät vialliseen kelaan vikalapun, joka oli tarkoitettu ainoastaan tähän tarkoitukseen. Tämän jälkeen viallinen kela siirrettiin kelojen vika-alueelle, minne kelat usein jäivätkin ilman,

että niitä olisi kunnostettu. Uudessa prosessissa päätettiin tehdä vikailmoitus SAP-järjestelmässä, samoin kuten tuotteiden vikailmoituksetkin tehdään. Tämän etuna on se, että SAP-vikailmoitukset käydään joka arkiamu läpi laatu- ja tuotanto-osastojen yhteisessä palaverissa. SAP:ssa täytyy myös kirjata tehtävälle vastuuhenkilö, joka kuittaa työn tehdyksi. Lisäksi kelojen vikahistoria jää järjestelmään muistiin.

Vikailmoituksen tekemiseen tarvitaan SAP-tuotantonumero, ja mikäli kela havaitaan vialliseksi tyhjänä, kelalle ei kohdistu tuotantonumeroa. Prosessin mahdollistamiseksi luodaan tarkoitukseen materiaalikoodi, joka ei varaa raaka-aineita eikä tuotantokapasiteettia. Tälle materiaalikoodille saadaan tehtyä ”haamu-tuotantonumero”, jolle voidaan kirjata kaikki keloihin kohdistuvat vikailmoitukset. Prosessissa määritellään kaikki vaiheet viallisen kelan tunnistamisesta korjauksen kautta vastaanottotarkastukseen. Tähän insinööriyöhön ei vielä saada lopullista versiota prosessista, jossa määritellään jokaisen vaiheen vastuuhenkilö tai -positio.



Kuva 6. Ehdotus kelojen kunnostusprosessiksi.

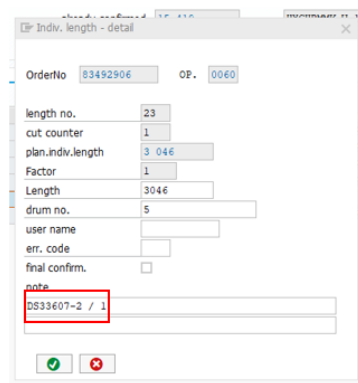
Kelojen tarkastukset hoidetaan pääsääntöisesti kuten aikaisemminkin, mutta järjestelmällisemmin. Pienemmät kelat, joita käytetään varasto-ohjautuvassa tuotannossa, tarkastetaan tuotantolinjalla kuten nykyisinkin. Suuremmille keloille tehdään säännöllisiä tarkastuksia ja tarkastukset kirjataan kelatietokantaan. Uskon, että toimiva prosessi viallisten kelojen raportoinnista ja kunnostamisesta kannustaa operaattoreita tekemään ilmoituksia, joten erillisten tarkastusten tarve vähenee.


6.3 Kelojen jäljitettävyys

Koska MES-järjestelmä ei ole vielä tehtaalla käytössä ja on mahdollista, että käyttöönotto viivästyy, mutta oli tarve saada kelojen jäljitettävyysprojekti etenemään, joudutaan tuotannossa tekemään toistaiseksi manuaalista työtä jäljitettävyyden mahdollistamiseksi. Väliaikainen ohjeistus päätettiin tehdä OPL-ohjeella (One Point Lesson), joka on tehtaalla käytössä oleva formaatti melko yksinkertaisten asioiden ohjeistamiseen ja tiedottamiseen tuotannossa. Ohjeet tulostetaan tuotantolinjoille ja ohjeita säilytetään niille varatussa paikassa, missä ne ovat koko ajan nähtävillä. Kelojen merkkaukset päätettiin toteuttaa kirjoittamalla kelan SAP-koodi ja yksilöintinumero SAP:iin kaapelin luovutuksen yhteydessä. Näin kelatieto jää muistiin kaapelin tietoihin ja vältyttiin esimerkiksi yhdeltä uudelta Excel-tiedostolta.

	KELOJEN JÄLJITETTÄVYYS	Asiakirjalaji:	Ohje
		Rekisterinumero:	5700-578-20

SAP-luovutuksen yhteydessä merkataan kommenttikenttään kelan tunnistekilvestä kelan SAP-koodi sekä kelan yksilöintinumero. Näin tuotannon käyttämät kelat voidaan jäljittää helpommin.




DS33607-2
T360 R230 L200 / 24,0
1



Pvm:	Kirjoittanut:	Hyväksyjä:
5/3/2020	L. Kosonen	J. Vepsäläinen

Kuva 7. OPL-ohjeistus kelan luovutuksesta.

Ohje saatiin mahtumaan A4-paperille, joten se voi olla koko ajan nähtävillä tuotantolinjoilla eikä ohjeistus pääse unohtumaan.

6.4 Ratkaisuehdotusten yhteenveto

Taulukossa 2 esitän ratkaisuehdotukset työn aikana havaittuihin ongelmiin.

Taulukko 2. Ratkaisuehdotukset.

<u>Ongelma</u>	<u>Ratkaisu</u>
Kelojen tarkka lukumäärä ei ole tiedossa	Luodaan kelatietokanta, josta löytyy kelojen yksilölliset tiedot
Kelat eivät ole ennakkohuollon piirissä eikä niihin tehdä säännöllisiä tarkastuksia, eikä korjaushistoriaa ole kirjattuna	Kelatietokantaan kirjataan tehdyt tarkastukset, huollot ja korjaukset. Tietokannan avulla saadaan näkemys toimenpiteiden tarpeesta pitkällä aikavälillä
Toimimaton prosessi kelojen tunnistamiseksi, informaation saamiseksi eteenpäin ja kelojen korjaamiseksi	Ehdotus kelojen kunnostusprosessiksi
Keloilla ei ole jäljitettävyyttä	Kolme erilaista kyltityyppiä kelojen yksilöintiin kattamaan kaikki tuotannon kelat
Ei ole käytössä ketterää kommunikointikeinoa tuotantoon tai trukin kuljettajille mitä keloja tulisi käyttää	Otettava huomioon tulevassa MES-järjestelmässä ohjata kelojen käyttöä tuotantolinjoille ketterämmin

Työn tärkein tavoite oli saada luotua mahdollisimman yhdenmukainen kelojen merkintä MES-järjestelmää varten tuotannon keloille. Työn aikana tehtyjen havaintojen tärkein anti oli prosessiehdotus viallisten kelojen tunnistamisesta kelan saamiseksi korjattuna ja tarkastettuna takaisin tuotantoon. Uusi prosessi identifioitujen kelojen kanssa yhdessä helpottaa jatkossa keloihin sitoutuneen omaisuuden hallintaa sekä pienentää riskiä ke-loista aiheutuvien kaapelivikojen syntyyn.

Lähteet

Collis, David. 2016. Lean Strategy. Verkkoaineisto. Harvard Business Review. <<https://hbr.org/2016/03/lean-strategy>> Luettu 16.4.2020.

Feigenbaum, A. V. 1961. Total Quality Control. New York. McGraw-Hill Book Company.

Juran, Joseph M. & Godfrey, A. Blanton. 2000. Juran's Quality Handbook. New York. McGraw-Hill.

Järvenpää, Eeva & Lantz, Minna. 2014. Tuotannosuunnittelu ja -ohjaus suomalaisissa valmistavan teollisuuden yrityksissä. Nykytila, haasteet ja tarpeet. Tampereen Teknillinen Yliopisto.

Kaapeli osaaja koulutusmateriaali. 2018. Prysmian Group Finland:n sisäinen koulutusmateriaali.

Kunnasmäki, Katarina. 2019. Laadun mittaaminen ja sen vaikutus suorituskykyyn tilitoimistossa. Pro Gradu -tutkielma. Oulun Yliopisto.

Logistiikan Maailma. Laadunhallinta, laatujohtaminen ja -järjestelmät. Verkkoaineisto. <<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/laatu/laadunhallinta-laatujohtaminen-ja-jarjestelmat/>>. Luettu 10.4.2020.

Logistiikan Maailma. Lean-ajattelu. Verkkoaineisto. <<http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/lean-ajattelu/>>. Luettu 12.4.2020.

Länsiluoto, Aapo. 2007. Laatukustannuslaskenta auttaa parantamaan kannattavuutta. Verkkoaineisto. Tilisanomat. <<https://tilisanomat.fi/yleiset/laatukustannuslaskenta-auttaa-parantamaan-kannattavuutta>> 15.5.2007. Luettu 15.4.2020.

Prysmian Group Suomessa. 2019. Verkkoaineisto. Prysmian Group Oy. <<https://fi.prysmiangroup.com/node/9530>> 6.11.2019. Luettu 11.4.2020.

Putkiranta, Antero. 2006. Industrial Benchmarks: From World Class to Best in Class. Experiences from Finnish Manufacturing at Plant Level. Helsinki School of Economics.

Raikkonen, Antti. 2018. MES- ja APS-järjestelmän tarvekartoitus, vaatimusmäärittely ja vertailuanalyysi. Diplomityö. Tampereen Teknillinen Yliopisto.

Östman, Ari. 2017. Tuotantoautomaation standardit ja tiedonsiirto. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

