



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ANTTI RAIKKONEN
MES- JA APS-JÄRJESTELMÄN TARVEKARTOITUS, VAATI-
MUSMÄÄRITTELY JA VERTAILUANALYYSI
Diplomityö

Tarkastajat: Yliopistotutkija Eeva Järvenpää ja

Yliopistonlehtori Antti Pulkkinen

Tarkastajat ja aihe hyväksytty

29. elokuuta 2018

TIIVISTELMÄ

ANTTI RAIKKONEN: MES- ja APS-järjestelmän tarvekartoitus, vaatimusmäärittely ja vertailuanalyysi

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 72 sivua, 10 liitesivua

Marraskuu 2018

Konetekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Life Cycle Management and Engineering

Tarkastajat: Yliopistotutkija Eeva Järvenpää ja Yliopistonlehtori Antti Pulkkinen

Avainsanat: MES, APS, ERP, järjestelmäkartoitus, järjestelmän vaatimusmäärittely, vertailuanalyysi

Tuotannon digitalisointi on ajankohtainen aihealue nykyajan valmistavassa teollisuudessa. Tuotannon muuttuessa yhä joustavammaksi, on noussut tarve tuotannonohjaukseen ja –hallintaan soveltuvalle järjestelmälle. Tuotannonohjaus- ja aikataulutussysteemillä on mahdollisuus sekä tehostaa että selkeyttää yrityksen tuotannonohjausprosesseja.

Diplomityön tavoitteena oli selvittää, miten tuotannonohjaukseen tarkoitettujen järjestelmien eli MES- ja APS-järjestelmien tarvekartoitus, vaatimusmäärittely ja markkinoilla olevien eri järjestelmien vertailuanalyysi kannattaa suorittaa. Ensimmäiseksi tutkittiin ja tunnistettiin, miten tuotannonohjausprosessien hallinnan nykytila ja tavoitetila kannattaisi kartoittaa. ISA-95 standardi tarjoaa hyvän pohjan nykytilan ja tavoitetilan kartoittamiselle standardin kolmannessa osiossa esitetyn valmistusoperaatioidenhallinnan aktiviteettimallin avulla. Toiseksi tutkittiin ja tunnistettiin, miten järjestelmävaatimusten keruu ja määrittely kannattaisi suorittaa. Vaatimusten keruussa ja määrittelyssä voidaan hyödyntää kartoitusvaiheessa läpikäytyä ISA-95 standardin valmistusoperaatioidenhallinnan aktiviteettimallia ryhmittelemällä ja kirjaamalla vaatimukset valmistusoperaatioidenhallinnan aktiviteettien mukaan. Järjestelmien vertailuanalyysissä hyödynnettiin puolistrukturoituja haastattelu- ja kysymysrunkoja järjestelmien referenssikäynneillä ja järjestelmädemotilaisuuksissa.

Diplomityön tuloksena kohdeyrityksen MES- ja APS-järjestelmän vaatimukset saatiin kartoitettua. Tärkeimmiksi vaatimuksiksi nousivat muun muassa yksinkertainen ja nopea tuotantoaikataulujen säätäminen, tuotantotilanteen nykytilatiedon ja työjonolistauksen helppo saatavuus sekä työvaiheiden tietojen helppo kirjaus lattiatason järjestelmässä. Diplomityön tuloksena todettiin myös ISA-95 standardin valmistusoperaatioidenhallinnan aktiviteettimallin hyödyntämisen toimivan MES- ja APS-järjestelmän vaatimuskartoituksessa. Standardin mallin pohjalta järjestelmävaatimukset on helppo ryhmitellä ja kartoittaa. Standardin mallin pohjalta luotuihin vaatimuksiin perustuva vertailuanalyysi todettiin myös toimivaksi eri järjestelmiä vertailtaessa ja asetettaessa niitä paremmuusjärjestykseen kohdeyrityksen tarpeiden mukaisesti.

ABSTRACT

ANTTI RAIKKONEN: Mapping of demands and requirements and benchmarking for MES- & APS-software

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 72 pages, 10 Appendix pages

November 2018

Master's Degree Programme in Mechanical Engineering

Major: Life Cycle Management and Engineering

Examiner: Senior Research Fellow Eeva Järvenpää and University Lecturer Antti Pulkkinen

Keywords: MES, APS, ERP, demand survey for software, mapping and defining software requirements, benchmarking

Digitalization of production is timely subject in today's modern industry. As production shifts to be more and more flexible, the need for a software capable of managing production has increased. Organizations have the opportunity to enhance and clarify its production management processes with the aid of modern manufacturing operations management software.

The objective of this thesis was to examine how to survey the demands, detect and collect requirements and carry out benchmarking for the MES- & APS-software on the market. Prior to determine the software, research and identification for the as-is and to-be state of production management process was analyzed. Activity model of production operations management in third part of ISA-95 standard provides a solid base for analyzing the as-is and to-be state of production management. Following stage was to research and recognize how the definition and collection of requirements should be implemented. Activity model of production operations management utilized for analyzing as-is and to-be state of production management can also be used in the requirements definition and collection of MES- & APS-software by grouping requirements based on the activities described in production operations management. In the phase of benchmarking MES- & APS-softwares, semi-structured interview- and question-framework were utilized in the reference visits and software demos provided by software providers

As a result of this master's thesis, requirements of the organization for MES- & APS-software were aggregated. Most important requirements identified were simple and fast adjustment of production schedules, easily accessible information about present state of the production, easily accessible job queue and easily entriable data about work stage. As a result of this thesis, also the functionality of ISA-95 standard's production operations management activity model in the MES- & APS-software requirements collection phase was verified. MES- & APS-software requirements are easy to group and collect based on the activity model described in ISA-95 standard. Also the benchmarking based on analyzing requirements with the aid of the activity model was confirmed functional when comparing different softwares and ranking them to order based on the needs of the organization.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö tehtiin tilauksesta Koja Oy:lle, jossa oli havaittu tarve tuotannonohjaukseen ja tuotannosuunnitteluun tarkoitettulle järjestelmälle. Diplomityön aihe selkiytyi heti työn alkuvaiheessa keväällä 2018. Työ toteutettiin vuoden 2018 huhti-marraskuussa.

Ensimmäiseksi haluan kiittää kohdeyritystä Koja Oy:tä ja sen henkilöstöä saamastani mahdollisuudesta tehdä diplomityö itseäni kiinnostavasta ja konkreettisesti kohdeyritystä hyödyntävästä aiheesta. Haluan erityisesti kiittää Koja Oy:llä sekä Tampereen että Jalasjärven toimipisteessä diplomityöni ja siihen liittyvän projektin etenemiseen ja edistämiseen vaikuttaneita henkilöitä. Suuret kiitokset ansaitsevat myös työni tarkastajat Eeva Järvenpää ja Antti Pulkkinen. Ilman teidän apuanne työn akateeminen sisältö ja rakenteen selkeys olisivat jääneet huomattavasti puutteellisemmaksi. Viimeiseksi haluan kiittää perhettäni ja ystäviäni, jotka ovat tukeneet ja kannustaneet minua koko opiskelujeni ajan.

Tampereella, 15.11.2018

Antti Raikonen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimustavoitteet ja -kysymykset	2
1.2	Tutkimusrajaukset	2
1.3	Tutkimusmenetelmät	3
1.4	Työn rakenne	4
2.	TUOTANNONOHJAUSPROSESSIT JA -JÄRJESTELMÄT	6
2.1	Tuotannonohjausprosessi	6
2.1.1	Kokonaissuunnittelu	7
2.1.2	Karkeasuunnittelu	8
2.1.3	Hienosuunnittelu	9
2.1.4	Valmistuksen ohjaus	10
2.2	ISA-95 standardi	10
2.3	Toiminnanohjausjärjestelmät	12
2.4	Tuotannonsuunnittelujärjestelmät	14
2.5	Tuotannonohjausjärjestelmät	16
2.6	Järjestelmien integraatio	17
3.	MES- JA APS-JÄRJESTELMÄN HANKINTA	19
3.1	MES- ja APS-järjestelmän hankinta- ja käyttöönottoprosessi	19
3.2	Tuotannonohjauksen nykytilan, tavoitetilan ja järjestelmävaatimusten kartoittaminen ISA-95 standardin mallin mukaisesti	23
3.2.1	Tuotemäärityksen hallinta	25
3.2.2	Tuotannon resurssienhallinta	26
3.2.3	Tarkka tuotantoaikataulu	28
3.2.4	Tuotannon käskytykset	29
3.2.5	Tuotannon suorittamisen hallinta	30
3.2.6	Tuotantoinformaation keruu	31
3.2.7	Tuotannon seuranta	32
3.2.8	Tuotannon suorituskyvyn analyysi	33
3.3	MES- ja APS-järjestelmien vertailuanalyysi	34
3.3.1	Vertailuanalyysi	34
3.3.2	Vertailuanalyysin toteuttaminen MES- ja APS-järjestelmille	36
4.	MES- JA APS-PROJEKTIN TOTEUTUS KOHDEYRITYKSESSÄ	38
4.1	Kohdeyrityksen esittely	38
4.2	Kohdeyrityksen MES- ja APS-järjestelmäprojektin taustat	40
4.2.1	Rakennusliiketoiminnan tuotannonohjauksen yleiskuvaus	40
4.2.2	Marineliiketoiminnan tuotannonohjauksen yleiskuvaus	41
4.2.3	Tuotannonohjauksen nykytilan haasteet	42
4.2.4	Tavoitteet MES- ja APS-järjestelmäprojektille	45
4.3	MES- ja APS-projektin vaiheistus	45
4.4	MES- ja APS-projektitiimin kokoaminen	46

4.5 Kohdeyrityksessä suoritettavan tuotannonohjausprosessien kartoituksen, MES- ja APS-järjestelmien vaatimusten kartoituksen sekä vertailuanalyysin prosessit	47
5. TUOTANNONOHJAUSPROSESSI- JA VAATIMUSKARTOITUKSEN SEKÄ VERTAILUANALYYSIN TULOKSET KOHDEYRITYKSESSÄ.....	50
5.1 Kohdeyrityksen tuotannonohjauksen ja siinä hyödynnettävien järjestelmien käytön nykytilan ja tavoitetilan kartoituksen tulokset	50
5.1.1 Tuotemäärityksen hallinta kohdeyrityksessä.....	52
5.1.2 Tuotannon resurssienhallinta kohdeyrityksessä.....	54
5.1.3 Tarkka tuotantoaikataulu kohdeyrityksessä	56
5.1.4 Tuotannon käskytyksessä.....	57
5.1.5 Tuotannon suorittamisen hallinta kohdeyrityksessä	58
5.1.6 Tuotantoinformaation keruu kohdeyrityksessä.....	60
5.1.7 Tuotannon seuranta kohdeyrityksessä	61
5.1.8 Tuotannon suorituskyvyn analyysi kohdeyrityksessä.....	61
5.2 Kohdeyrityksessä suoritettujen vaatimuskartoituksen tulokset.....	63
5.3 Kohdeyrityksessä suoritettujen vertailuanalyysin tulokset	64
6. TULOSTEN ANALYYSI.....	67
6.1 Vaatimuskartoituksen prosessi ja sen toteutuminen kohdeyrityksessä	67
6.2 Vertailuanalyysin prosessi ja sen toteutuminen kohdeyrityksessä.....	68
6.3 Järjestelmän valinta	69
7. YHTEENVETO	70
LÄHTEET.....	73
LIITE A: KOHDEYRITYKSEN MES- JA APS-JÄRJESTELMÄN OMINAISUUKSIEN VAATIMUSLISTAUS	76
LIITE B: KYSYMYS- JA HAASTATTELURUNKO JÄRJESTELMÄDEMOON.....	78
LIITE C: KYSYMYS- JA HAASTATTELURUNKO REFERENSSIKÄYNNILLE...	81
LIITE D: MES- JA APS-JÄRJESTELMIEN VERTAILUANALYYSIN TULOKSET	83

LYHENTEET JA MERKINNÄT

APS	Tuotannon hienokuormitus- ja ajoitusjärjestelmä (Advanced Planning and Scheduling)
ERP	Toiminnanohjausjärjestelmä (Enterprise Resource Planning)
KPI	Suorituskykymittari (Key Performance Indicator)
MES	Tuotannonohjausjärjestelmä (Manufacturing Execution System)
MOM	Tuotannon operaatioiden hallinta (Manufacturing Operations Management)
Marine	Koja Oy:n laivaliiketoiminnan nimitys
PDM	Tuotetiedonhallinta (Product Data Management)
PP	Koja Oy:n prosessipuhallinliiketoiminnan nimitys
RIR	Koja Oy:n rakennus- ja ilmankäsittelyratkaisujen liiketoiminnan nimitys

1. JOHDANTO

Nykyään puhutaan paljon digitalisaatiosta ja teollisesta internetistä, joilla tavoitellaan helpompaa tiedonkeruuta, -käyttöä ja päätöksiä. Tuotannonohjaukseen tarkoitettut MES- ja APS-järjestelmät (Advanced Planning and Scheduling) ovat kappaletavarateollisuuden tarpeisiin vastaavia järjestelmiä, joilla on mahdollista suorittaa tehokkaasti tuotannon hienokuormitusta ja ajoitusta. MES-järjestelmät (Manufacturing Execution System) ovat tuotannon ohjaukseen ja tuotannon lattiatasen tehtäviin tarkoitettuja järjestelmiä, joita käyttävät pääasiassa tuotannon työntekijät. (Günther, 2005; Fei, 2010)

Aalto-Yliopiston, Tampereen Teknillisen Yliopiston ja VTT:n vuonna 2014 tekemän tutkimuksen mukaan 84 % tutkimuksessa haastatelluista teollisuusyrityksistä vastasivat käyttävänsä tuotannonohjauksessa ERP-järjestelmän ja MS Excel-sovelluksen yhdistelmää. Varsinaisia tuotannonohjaukseen tarkoitettuja MES- ja APS-järjestelmiä käytti ainoastaan 8 % haastateltavista yrityksistä. (Järvenpää and Lanz, 2014)

MES- ja APS-järjestelmien hyötyjen on todettu olevan merkittäviä kappaletavarateollisuuden yrityksille. MES- ja APS-järjestelmän investoinnin keskimääräinen takaisinmaksuaika on 12 kk. Konkreettisia hyötyjä on todettu muun muassa manuaalisen tuotantodatan kirjaamisen vähenemisenä, reaaliaikaisen läpinäkyvyyden parantumisenä, tuotantoraporttien laadinnan viiveen lyhenemisenä ja tarkempaa tuotannon aikataulutuksena. MES- ja APS-järjestelmät antavat työkalut tuotannon kehittämiseen ja johtamiseen sekä tuotannonohjaajan ja työnjohtajan päivittäiseen työhön. (Swanton ja Smith, 2005; Kletti, 2007)

Tämän diplomityön kohdeyritys on Koja Oy. Yrityksen Jalasjärven tehtaalle on investoitu voimakkaasti viimeisten vuosien aikana tuotannon modernisoimiseksi. Kiinnostavaksi ja potentiaaliseksi investointikohteeksi Jalasjärven tehtaalla on nähty myös MES- ja APS-järjestelmän hankinta. Myöhemmin MES- ja APS-järjestelmä laajennettaisiin mahdollisesti toimimaan myös Tampereen tehtaalla. Tällä hetkellä Koja Oy:llä ei ole käytössään modernia tuotannonohjaukseen soveltuvaa järjestelmää, joka tukisi reaaliaikaista ja tehokasta tuotannonohjausta. Koja Oy on päättänyt suorittaa MES- ja APS-järjestelmien hankinta- ja kartoitusprojektin, jonka tavoitteena on ensimmäisessä vaiheessa tehdä esiselvitys markkinoilla olevista ja Koja Oy:n toimintaan soveltuvista MES- ja APS-järjestelmistä. Potentiaalisten MES- ja APS-järjestelmien löydyttyä, suoritetaan investointiehdotus järjestelmiin investoimisesta. Jos investointiehdotus hyväksytään, on tavoitteena implementoida MES- ja APS-järjestelmä kokonaisvaltaisesti Koja Oy:n Jalasjärven tehtaalle vuoden sisällä ja mahdollisesti Tampereen tehtaalle Jalasjärven tehtaalle implementoinnin jälkeen.

1.1 Tutkimustavoitteet ja -kysymykset

Tämän diplomityön tavoitteena on selvittää, miten MES- ja APS-järjestelmien vaatimusmäärittely ja eri järjestelmien keskinäinen vertailuanalyysi tulee suorittaa ja mitä vaatimusmäärittelyissä ja vertailuanalyyseissä on syytä ottaa huomioon. Lisäksi diplomityössä käsitellään järjestelmän vaatimusmäärittelyn ja järjestelmien vertailuanalyysin toteutusta kohdeyrityksessä Koja Oy:llä.

Työn päätutkimuskysymys on:

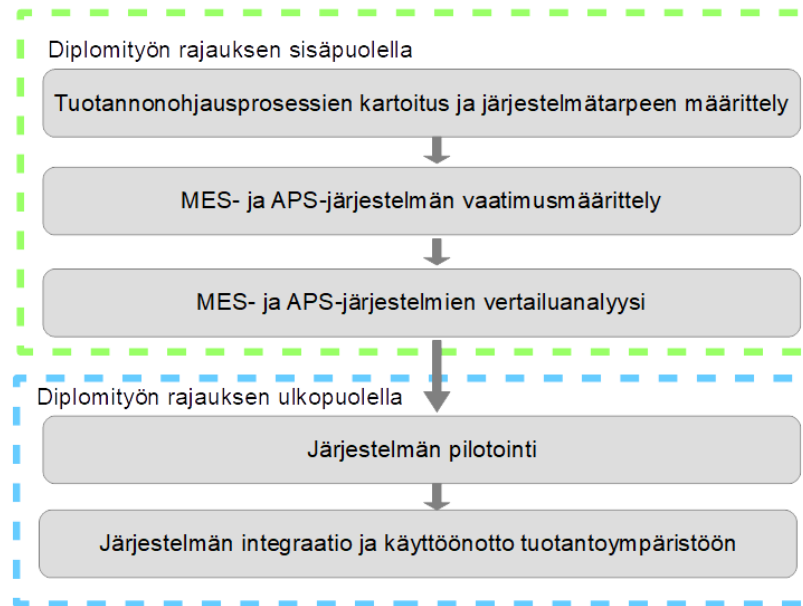
- Miten MES- ja APS-järjestelmien vaatimuskartoitukset ja vertailuanalyysit kannattaa suorittaa?

Päätutkimuskysymys jaetaan neljään alakysymykseen, joissa käsitellään päätutkimuskysymyksen aihealueita tarkemmin:

1. Miten MES- & APS-järjestelmävaatimukset kannattaa kartoittaa valmistavan teollisuuden yritykselle?
2. Miten ja millä menetelmällä eri MES- & APS-järjestelmien vertailuanalyysi kannattaa suorittaa?
3. Mitä vaatimuksia kohdeyrityksellä on MES- & APS-järjestelmälle ja mitä kannattaa ottaa huomioon vaatimusmäärittelyssä
4. Mitä MES- & APS-järjestelmien vertailuanalyysissä kannattaa ottaa huomioon?

1.2 Tutkimusrajaukset

Tutkimus rajataan keskittymään Jalasjärven tehtaan tuotannonohjausprosessien kartoitukseen ja järjestelmätarpeen määrittelyyn, MES- & APS-järjestelmän vaatimusmäärittelyyn ja järjestelmien vertailuanalyysiin. Tutkimuksesta rajataan pois järjestelmien pilotointi ja varsinainen käyttöönotto. Työn rajaus on esitetty seuraavassa kuvassa 1.



Kuva 1. Diplomityön rajaus kohdeyrityksen projektissa

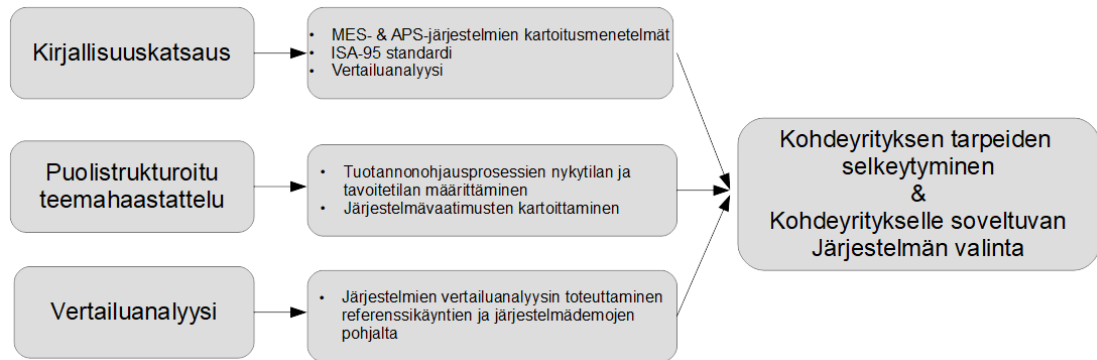
1.3 Tutkimusmenetelmät

Tämä diplomityö on luonteeltaan laadullinen tapaustutkimus. Tapaustutkimusstrategia on luonnollinen valinta yksittäisessä organisaatiossa suoritetulle empiiriselle tutkimukselle (Ghuri ja Grønhaug, 2005). Tapaustutkimuksen tarkoituksena on tutkia syvällisesti vain yhtä tai muutamaa kohdetta. Tapaustutkimuksessa pyritään tuottamaan valitusta tapauksesta tarkkaa ja yksityiskohtaista tietoa. Valitussa tutkimusmenetelmässä korostuu kohteen esiintymisympäristöön ja taustaan sekä kohteen tarkoitukseen ja merkitykseen liittyvät näkökulmat (Yin, 2009). Tässä työssä laadullista tapaustutkimusta hyödynnetään Koja Oy:n tuotannonohjausprosesseihin perehtymisessä sekä Koja Oy:n Jalasjärven tehtaalla suoritettavassa MES- ja APS-järjestelmäkartoituksessa. Diplomityön tutkimusmenetelmät ja selitykset, mitä niiden käytöllä tavoitellaan, on esitelty kuvassa 2.

Kirjallisuuskatsauksen avulla tässä työssä on perehdytty MES- ja APS-järjestelmien kartoituksen ja käyttöönoton aihealueeseen niihin liittyvien aikaisempien tutkimusten ja muun kirjallisuuden pohjalta. Kirjallisuuskatsauksen avulla työssä on haettu hyviä käytäntöjä, jotka olisivat sovellettavissa kohdeyrityksen MES- & APS-projektin toteutukseen. Kirjallisuuskatsauksessa perehdytään myös valmistuksenohjausstandardiin ISA-95 ja siihen, miten sitä voidaan hyödyntää järjestelmän hankinta- ja kartoitusprojektissa. Myös vertailuanalyysin teoriaa käsitellään kirjallisuuskatsauksessa.

Tuotannonohjauksen aktiviteettien nyky- ja tavoitetilan kartoitus ja järjestelmävaatimusten määrittely toteutettiin puolistrukturoiduilla teemahaastatteluilla. Tässä ISA-95 standardia käytettiin haastatteluiden rakenteen määrittelyssä.

Vertailuanalyysimenetelmällä työssä on perehdytty eri järjestelmätoimittajien tarjoamiin MES- & APS-järjestelmiin. Vertailuanalyysin pohjalta voidaan arvioida järjestelmän soveltuvuus kohdeyritykselle sekä suorittaa parhaiten kohdeyritykselle soveltuvan järjestelmän valinta.



Kuva 2. Diplomityössä käytettävät tutkimusmenetelmät

1.4 Työn rakenne

Työn rakenne koostuu aihe-aluetta käsittelevästä teorettisesta kirjallisuuskatsauksesta, empiirisestä tapaustutkimuksesta, tuloksista ja yhteenvedosta. Työn rakenne eri osa-alueeseen ja vaiheeseen on esitetty kuvassa 3.

Tutkimus aloitetaan perehtymällä aihealueeseen kirjallisuuskatsauksella. Tässä työssä kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on:

1. Perehtyä yleisesti tuotannonohjausprosesseihin ja niiden hallinnassa hyödynnettäviin järjestelmiin
2. Perehtyä vallitsevaan tietämykseen MES- ja APS-järjestelmien hankinta- ja käyttöönottoprosesseista
3. Perehtyä valmistuksenohjausstandardiin ISA-95
4. Perehtyä järjestelmän vaatimusmäärittely- ja järjestelmien vertailuanalyysimenetelmiin

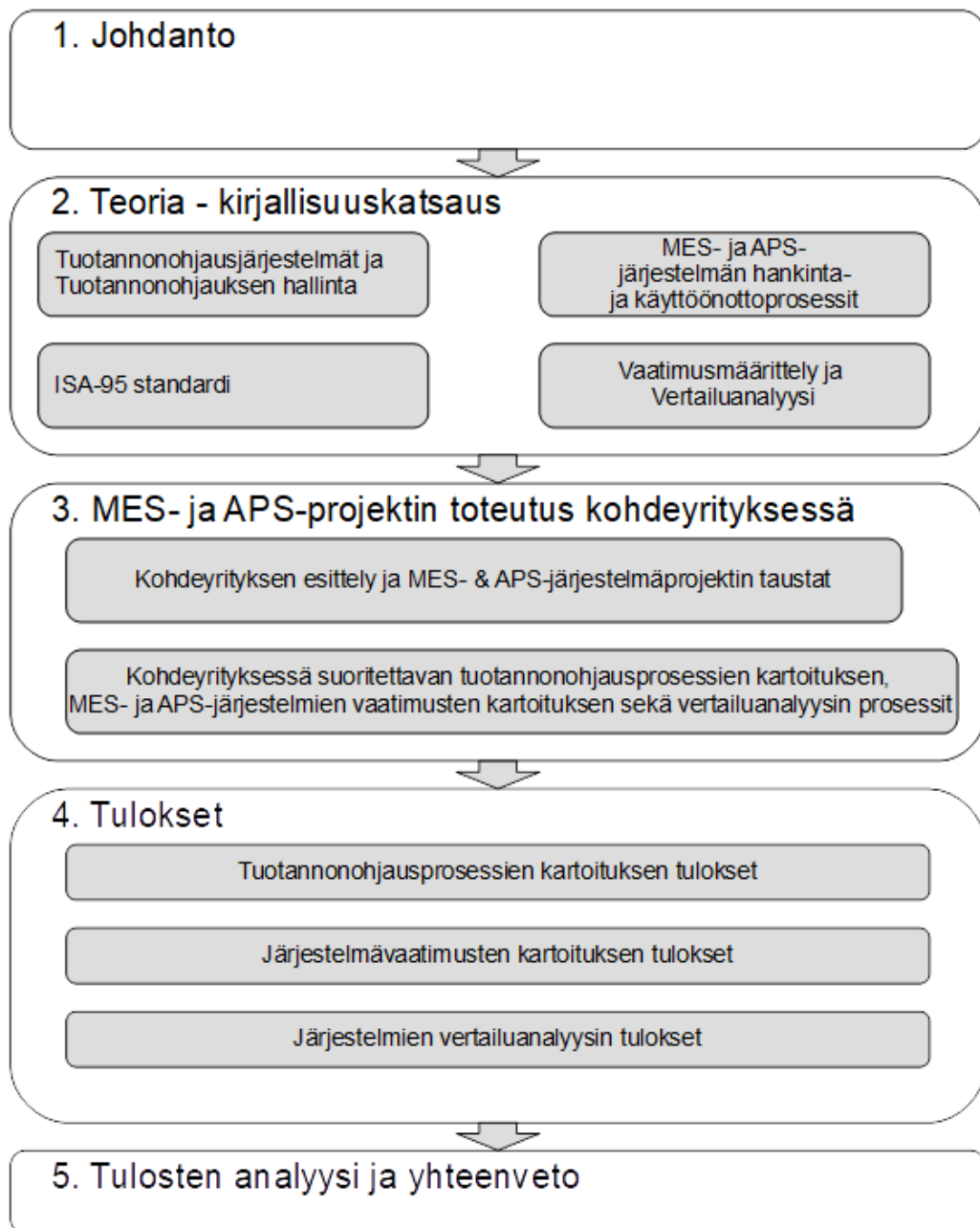
Kirjallisuuskatsauksen jälkeen seuraa empiirisen tapaustutkimuksen osio, jossa hyödynnetään teoriaosuudessa hyväksi havaittuja käytäntöjä. Empiirinen tapaustutkimus koostuu tässä työssä:

1. Tuotannonohjauksen prosessien ja niissä hyödynnettävien järjestelmien käytön nykytilanteen ja tavoitetilanteen määrittäminen
2. MES- & APS-järjestelmän vaatimuskartoitus
3. MES- & APS-järjestelmien vertailuanalyysit

Tuloksissa tarkastellaan teoriaosuuden ja empiirisen tapaustutkimuksen pohjalta tässä työssä syntyneitä tuotoksia:

1. Tuotannonohjausprosessien kartoituksen tulokset
2. Järjestelmävaatimusten kartoituksen tulokset
3. Järjestelmien vertailuanalyysin tulokset

Tulosten analyysissä ja yhteenvedossa tarkastellaan yleisesti työn toteutumista ja jatkotutkimusmahdollisuuksia aihealueeseen liittyen.

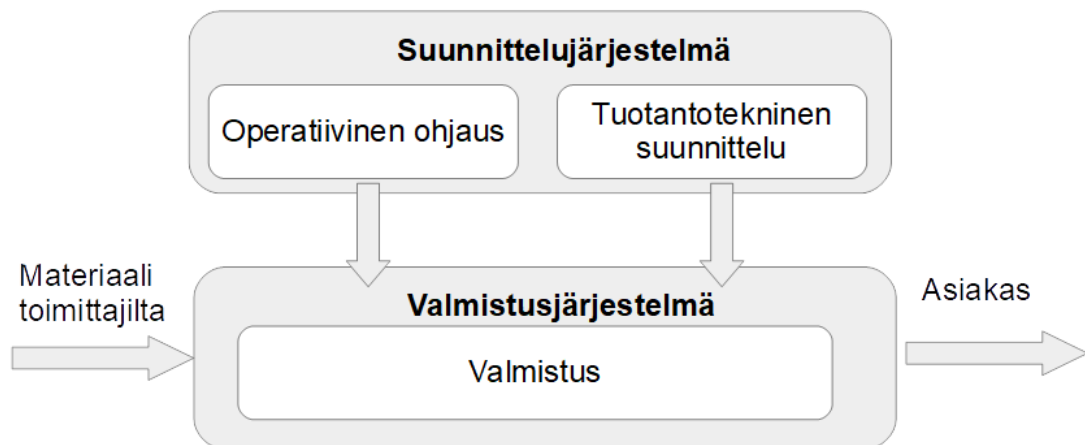


Kuva 3. Työn rakenne

2. TUOTANNONOHJAUSPROSESSIT JA -JÄRJESTELMÄT

Tässä luvussa käsitellään, mitä tuotannonohjaukseen tarkoitettuja järjestelmiä on olemassa, mitä ominaisuuksia niillä on sekä mikä hyöty ja merkitys niillä on nykyajan teollisuuden yrityksille. Tässä luvussa käsitellään myös tuotannonohjauksen prosessia ja sitä, miten eri tuotannonohjausjärjestelmiä käytetään eri vaiheissa tuotannonohjauksen prosesseja.

Teollisen yrityksen tuotantojärjestelmä koostuu kahdesta järjestelmästä; valmistusjärjestelmästä ja suunnittelujärjestelmästä kuvan 4 mukaisesti. Tuotannon arvoa tuottava toiminta tapahtuu valmistusjärjestelmässä. Tuotantotekninen suunnittelu ja siihen liittyvät toiminnot luovat valmistusvalmiudet tuotannolle. Tuotannon operatiivinen ohjaus ajoittaa tuotannon ja antaa tuotannolle toteutusimpulssit töiden suorittamiseksi. (Lapinleimu et al. 1997, s.15-16)



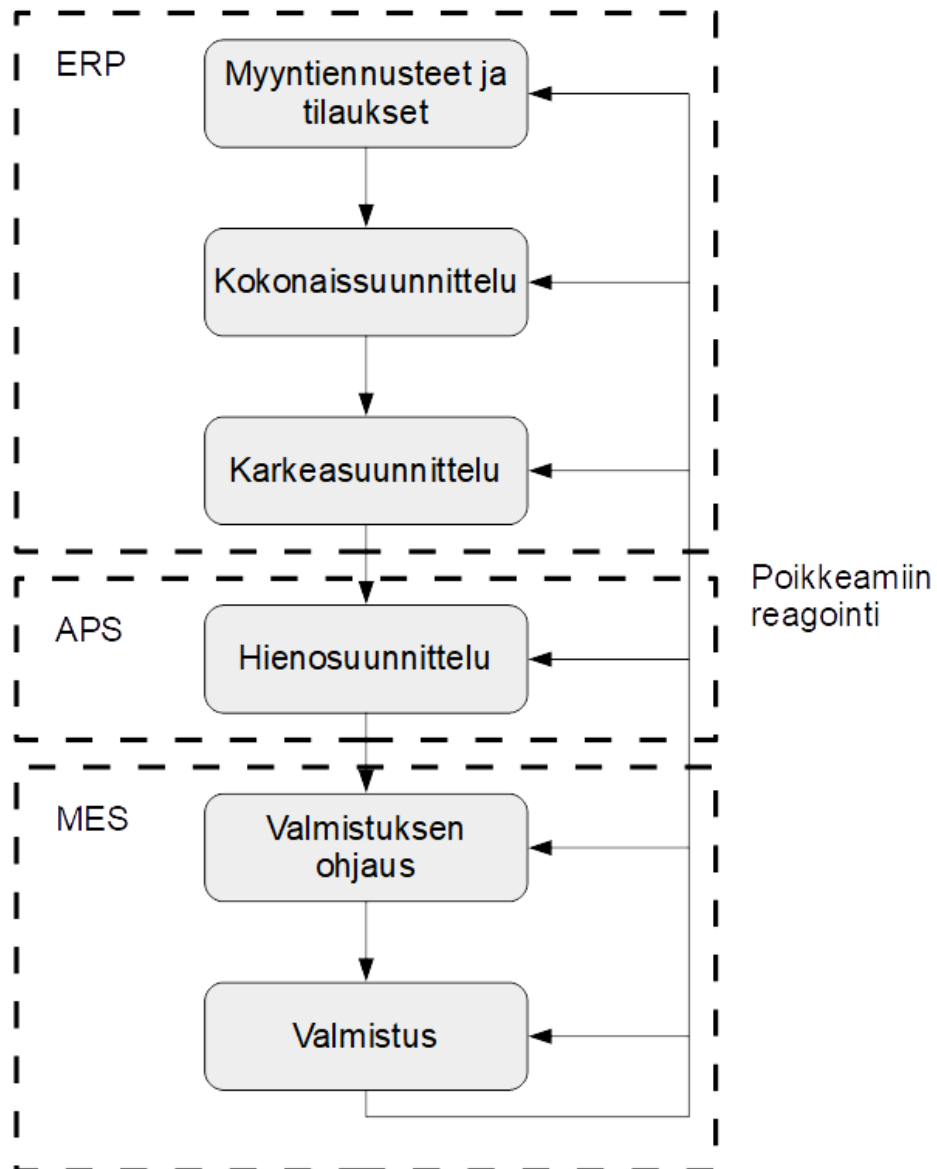
Kuva 4. Tuotantojärjestelmä (Lapinleimu et al. 1997, s.15)

2.1 Tuotannonohjausprosessi

Tuotannon operatiivisessa ohjauksessa ohjataan ja hallitaan henkilöstöä, valmistuslaitteistoa, materiaalia ja energiaa tuotteiden valmistamiseksi. Tuotannon operaatioiden hallinnan tehtäviin kuuluu tuotantoyksikön resurssien aikataulutusta-, käyttö-, kapasiteetti-, ja tilatietojen hallinta. (ISA-95.00.03-2005; Lapinleimu et al. 1997, s.15-16)

Tuotannonohjauksen suunnittelutehtävät ja päätökset jakautuvat organisaation eri tasoille. Ylimmällä tasolla huolehditaan yleisesti toimintojen koordinoinnista ja resurssien riittävydestä. Tuotannonohjaus tarkentuu aina siirryttäessä lähemmäksi valmistusajan-

kohtaa ja varsinaista valmistusta ohjaavaa tasoa. Kuvassa 5 on esitetty tuotannonohjausprosessin eri vaiheet ja niihin liittyvät tietojärjestelmät. Kokonaissuunnittelun, karkeasuunnittelun, hienosuunnittelun ja valmistuksen ohjauksen vaiheita on tarkemmin käsitelty alaluvuissa 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3 ja 2.1.4 (Haverila *et al.*, 2005, s.409; Kucharska *et al.*, 2015)

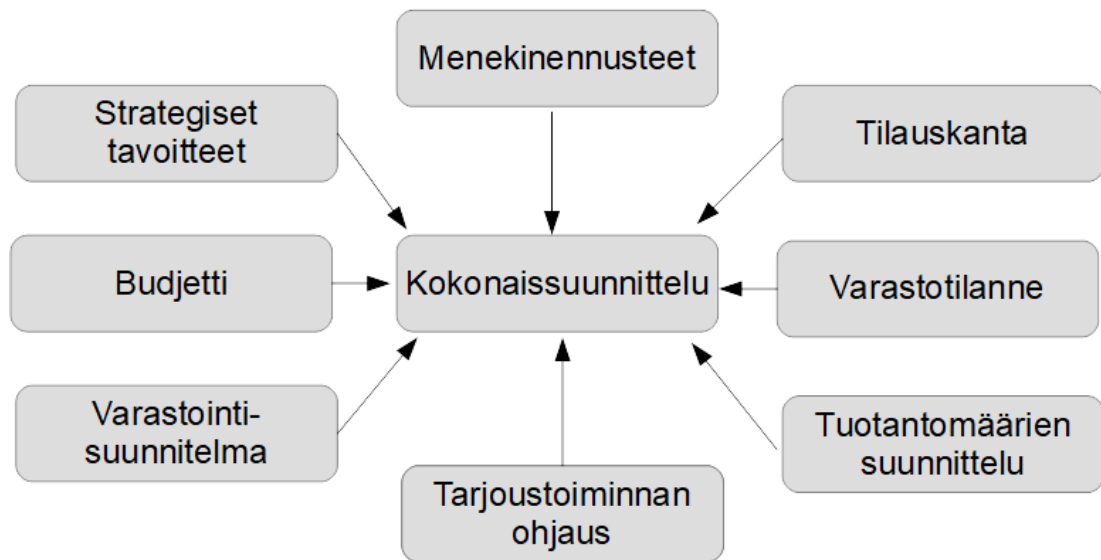


Kuva 5. Tuotannonohjausprosessin vaiheet ja niihin liittyvät tietojärjestelmät (mukailten Haverila *et al.*, 2005, s.409; Kucharska *et al.*, 2015)

2.1.1 Kokonaissuunnittelu

Kokonaissuunnittelulla tarkoitetaan ylimmän tason suunnittelua, jossa tehdään taloutta ja tuotannon kokonaisvolyymiä koskevat suunnitelmat. Suunnittelu voidaan tehdä osana

vuotuista budjettisuunnittelua. Kokonaissuunnittelun tehtäviä ovat muun muassa: toiminnan volyymien määrittely, eri resurssien ja kapasiteettien kokonaistarpeen määrittely sekä varastotasojen suunnittelu. Alla olevaan kuvassa 6 on esitetty kokonaissuunnittelun osaluaita.



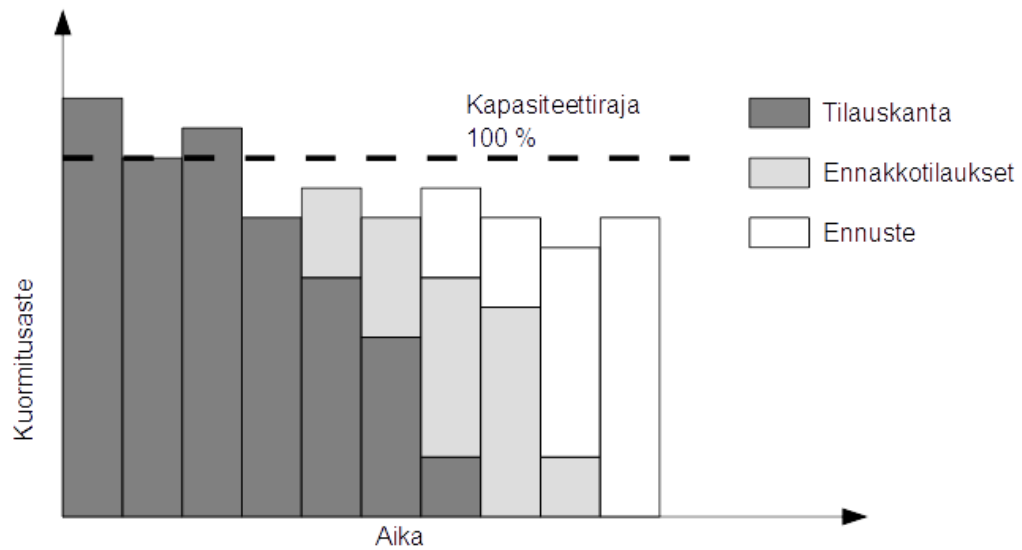
Kuva 6. Kokonaissuunnittelu (Haverila et al., 2005, s.412)

2.1.2 Karkeasuunnittelu

Tuotannon karkeasuunnittelun tarkoitus on muodostaa tuleville viikoille tai lähikuukausille karkea suunnitelma tuotannossa valmistettavista tuotteista. Karkeasuunnittelulla on seuraavat tehtävät (Haverila et al., 2005, s.415-416):

1. **Resurssien käytön yleissuunnittelu.** Karkeasuunnittelussa määritellään tuotannon vaatimat resurssit sekä määritellään henkilö- ja konekapasiteetti yleisellä tasolla. Karkeasuunnittelun päätarkoitus on määrittää karkea valmistuskapasiteetti päivä- / viikkotasolle. Karkeakuormituksessa ei ole tarkoitus ohjata tuotteiden valmistusjärjestystä tai tarkkaa ajoitusta.
2. **Toimituskyvyn määrittely.** Toinen karkeakuormituksen keskeinen tehtävä on yrityksen toimituskyvyn hallinta. Asiakasohjautuvassa tuotannossa asiakkaalle luvattavat toimitusajat perustuvat usein tuotannon karkeasuunnitteluun.

Karkeasuunnittelussa hyödynnetään usein kuormituspiirrosta. Kuormituspiirroksella kuvataan kuormitusastetta ajan funktiona. Kuormituspiirroksen voidaan yleensä asettaa tilauskantoja, ennakkotilauksia ja ennusteita kuormittamaan tuotantoa. Kuvassa 7 on esitetty karkeakuormitusta kuvaava kuormituspiirros.

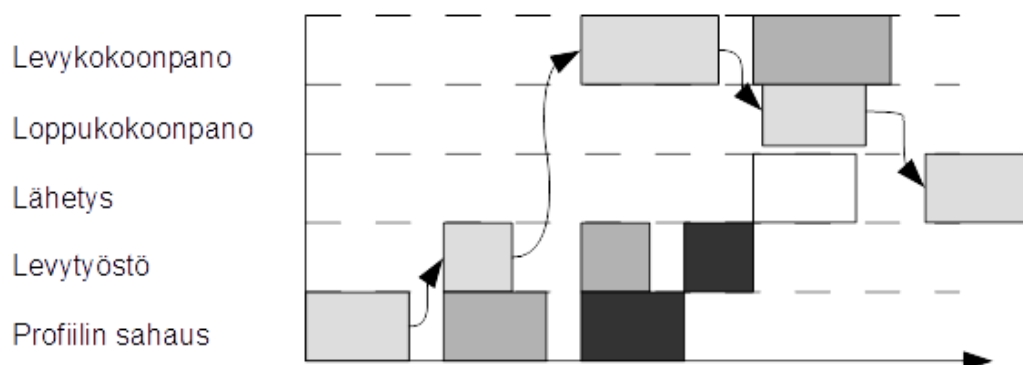


Kuva 7. Karkeakuormitusta kuvaava kuormituspiirros (mukaillen Haverila *et al.*, 2005, s.417)

2.1.3 Hienosuunnittelu

Hienosuunnittelun tehtävänä on valmistuksen tarkka suunnittelu. Sen tuloksena syntyy tarkka tuotantosuunnitelma, jonka perusteella tuotteet valmistetaan. Tuotannon työvaiheiden ajoitus edellyttää tuotteen eri työvaiheiden sekä vaiheaikojen tuntemista. Tietojen tarkkuus riippuu hienosuunnittelun tarkkuusvaatimuksesta. (Lapinleimu, Kauppinen ja Torvinen, 1997, s.191; Haverila *et al.*, 2005, s.417)

Tuotannon hienosuunnittelua varten on olemassa APS-järjestelmiä (Advanced Planning and Scheduling), joilla voidaan reaaliajassa suunnitella ja ajoittaa tuotantoa. Kuvassa 8 on esitetty APS-järjestelmissä hienokuormitusta visuaalisesti kuvaava Gantt-kaavio. (Haverila *et al.*, 2005, s.421)



Kuva 8. Hienokuormituksen Gantt-kaavio (mukaillen Haverila *et al.*, 2005, s.421)

2.1.4 Valmistuksen ohjaus

Valmistuksen ohjauksen tehtäviä ovat työn suorittamisen tarkka suunnittelu, työnjakelu, työtehtävien ohjaaminen, valvonta ja raportointi. Valmistuksen ohjauksen näkökulmasta haastavimpia ovat tilaustuotteet, joita valmistetaan yksittäin. (Haverila *et al.*, 2005, s.425)

Valmistuksen ohjaus perustuu useimmiten erilaisiin määräimiin. Yleisimpiä määräimiä ovat työ- ja materiaalmääräimet. Työmääräin määrittelee suoritettavan työvaiheen tai valmistettavan tuotteen. Työmääräimessä voi olla lisätietona esimerkiksi työhöjeita ja piirustusnumeroita. Materiaalmääräin määrittelee tarvittavat raaka-aineet ja komponentit. Usein yrityksissä, joissa valmistusprosessi on selkeä, käytetään pelkästään työmääräimiä, joihin on yhdistetty olennaiset suoritettavaan työhön liittyvät informaatiot. Tällaisella toimintatavalla valmistusjärjestystä hallitaan usein työmääräimien järjestämisellä tiettyyn järjestykseen. (Haverila *et al.*, 2005, s.425)

Yrityksen karkea- ja hienosuunnittelu edellyttävät toteutuneiden tapahtumien raportointia. Takaisinraportoinnin perusteella päivitetään kuormituskirjanpitoa sekä seurataan ajoituksen toteutumista. Raportointitietojen perusteella voidaan myös seurata erilaisia KPI-mittareita, kuten toiminnan tuottavuutta, läpäisyajoja sekä eri vaiheiden vaatimia työmääriä. (Haverila *et al.*, 2005)

2.2 ISA-95 standardi

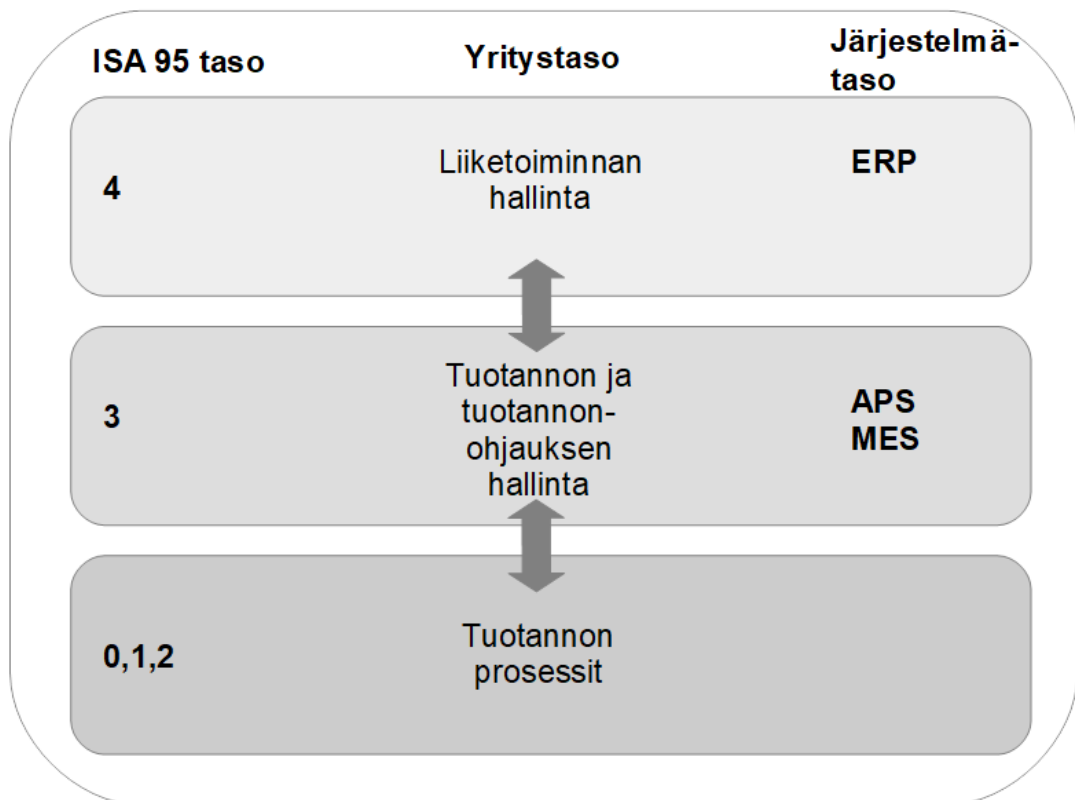
Tässä luvussa käsitellään kansainvälistä ISA-95 standardia. ISA-95 standardi on yksi tärkeimmistä standardeista liittyen tuotannonohjausjärjestelmiin ja niiden integrointiin muihin järjestelmiin. ISA-95 standardin tavoitteena on: (ISA-95.00.03-2005)

- Luoda johdonmukainen terminologia, joka on perusta järjestelmätoimittajan ja järjestelmän käyttäjän väliselle kommunikaatiolle
- Tarjota johdonmukaiset informaatiomallit liiketoiminnan hallinnan tason ja tuotantotason välille
- Tarjota johdonmukaiset operaatiomallit, jotka ovat perustana sille, miten informaatiota tulisi käyttää missäkin järjestelmässä

ISA-95 luokittelee järjestelmät viiteen eri tasoon kuvan 9 mukaisesti. Alla on esitetty esimerkkejä kunkin järjestelmätason tyypillisistä tehtävistä.

- a) Tason 4 tehtävät (ISA-95.00.01-2005, s.19):
 - Materiaalien ja komponenttien hallinta
 - Karkean tuotantosuunnitelman laadinta
 - Varaston tiedonhallinta
- b) Tason 3 tehtävät (ISA-95.00.01-2005, s.20):

- Tuotantoon, henkilöstöön, materiaaliin ja energiaan liittyvän datan hallintaa ja ylläpito.
 - Hienokuormituksen hallinta
 - Tilauskohtainen resurssienhallinta
 - Tuotantoprosessien seuranta (tuotannon seuranta, tuotteiden jäljitettävyys, jne.)
- c) Tasojen 0, 1 ja 2 tehtävät (ISA-95.00.03-2005, s.19)
- Tuotannon valmistusprosessien suorittaminen
 - Automatisoitujen tuotantojärjestelmien hallinta ja suorittaminen



Kuva 9. ISA-95 tasojen, yritystasojen ja järjestelmätasojen kuvaus (mukaillen lähteestä ISA-95.00.03-2005, s.20)

ISA-95 standardin kolmannessa osassa käsitellään tuotannonohjaustasoa (3 taso, vrt. kuva 9) ja siinä esitellään mallit ja terminologiat, joita voidaan hyödyntää tuotannonohjauksen aktiviteettien kuvauksessa ja analysoinnissa. ISA-95 standardin kolmas osa helpottaa järjestelmätoimittajien kehitystyötä, sillä siinä määritellään tarkasti, mitä osa-alueita tuotannonohjaustason järjestelmillä pitäisi (tai kannattaisi) kattaa. Standardin kolmas osa helpottaa myös loppukäyttäjiä kartoittamaan heidän järjestelmävaatimuksiinsa yksinkertaisella ja yleisellä viitekehysellä. (ISA-95.00.03-2005; Scholten and Schneider, 2010, s.39-40)

Seuraavissa alaluvuissa 2.3, 2.4, 2.5 ja 2.6 käsitellään tarkemmin kuvassa 9 esitettyjä ERP-järjestelmiä, APS-järjestelmiä ja MES-järjestelmiä ja niiden keskinäisiä integraatioita. Seuraavien alalukujen tavoitteena on selventää näiden eri järjestelmien ominaisuuksia ja käyttötarkoituksia.

2.3 Toiminnanohjausjärjestelmät

Toiminnanohjausjärjestelmät (ERP, Enterprise Resource Planning) ovat yritysten käyttöön tarkoitettuja laajoja tietojärjestelmiä, joilla voidaan yhdistää eri osastojen käyttämät työkalut ja järjestelmät samaan tietokantaan. Teollisuusyritysten toimintaa voidaan kuvata funktionaaliseksi, jossa keskenään samankaltaiset resurssit on koottu omiksi osastoikseen. Näitä osastoja ovat esimerkiksi myynti, ostos, suunnittelu, tuotanto ja logistiikka. Tieto virtaa vapaasti näiden osastojen sisällä, mutta eri osastojen väliseen tiedonkulkuun liittyy usein haasteita. ERP-järjestelmien avulla tietoja tarvitsee kirjata järjestelmään vain kerran, jonka jälkeen se on kaikkien osastojen käytettävissä. (Haverila *et al.*, 2005, s.430; Moon ja Phatak, 2005; Stevenson, Hojati ja Cao, 2011)

ERP-järjestelmillä on mahdollista hallita useita eri yrityksen toimintoja edellisessä kappaleessa mainituissa eri osastoissa. Seuraavaan taulukkoon on kirjattu yrityksen toimintoja, joita on mahdollista ohjata ERP-järjestelmällä.(Haverila *et al.*, 2005, s.373)

Taulukko 1. ERP-järjestelmällä ohjattavissa olevat yrityksen toiminnot (Haverila et al., 2005, s.373)

Tarjouslaskenta <ul style="list-style-type: none"> • Vanhojen tarjousten muokkaus • Hinnoittelu • Tarjouskanta • Siirto tilaukseksi 	Tilausten käsittely <ul style="list-style-type: none"> • Tilausten syöttö • Toimitusaikojen määrittely • Tilausvahvistukset 	Ostotoiminta <ul style="list-style-type: none"> • Hankintaehdotukset • Ostotilaukset • Saapumisten valvonta • Alihankintojen ohjaus • Vuosisopimukset
Tuotesuunnittelu, tuoterakenteiden käsittely <ul style="list-style-type: none"> • Materiaalit ja komponentit • Työvaiheet • Hinnoittelu rakenteiden mukaan 	Tuotannon suunnittelu <ul style="list-style-type: none"> • Työnumeroiden avaus • Materiaalivirtaukset • Kapasiteettivaraukset 	Raaka-aine ja komponenttivarasto <ul style="list-style-type: none"> • Saapumiset tilausten mukaan, investoinnit • Materiaaliotot ja –siirrot, keräily-dokumentit
Jälkilaskenta <ul style="list-style-type: none"> • Työkohtaisesti ja osastoittain • Materiaalit ja työtunnit • Vertailu suunnitelmiin 	Valmistuksen ohjaus <ul style="list-style-type: none"> • Töiden etenemisen valvonta • Töiden aloitus, työkortit • Valmistumisen kirjaus • Kustannuslaskentatiedot 	Lähetys <ul style="list-style-type: none"> • Toimituspaperit • Lähetyksen kirjaus • Kuljetussuunnittelu
Hallintorutiinit <ul style="list-style-type: none"> • Laskutus, tilastot • Myynti- ja ostoireskontra • Kirjanpito 	Johto <ul style="list-style-type: none"> • Yhteenvetoraportit 	Perustiedot <ul style="list-style-type: none"> • Asiakasrekisteri • Toimittajarekisteri • Ohjaustiedot

ERP-järjestelmän käyttöönotto ja ylläpito on erittäin korkeakustanteista, jonka vuoksi ERP-järjestelmän käyttöönottoprojekti on yksi suurimmista yksittäisistä projekteista, joita yritys suorittaa elinkaarensa aikana (Mabert, Soni ja Venkataramanan, 2000; Weston Jr, 2001; Olhager ja Selldin, 2003; Okrent ja Vokurka, 2004). Nämä monimutkaiset, kalliit ja tehokkaat järjestelmät vaativat usein laajasti asiantuntijoiden työpanosta käyttöönotettavan yrityksen järjestelmävaatimusten kartoittamiseen ja käyttöönottoon liittyen. Usein yritysten tulee muuttaa liiketoimintaprosessejaan, jotta tulevan ERP-järjestelmän toiminnot saadaan otettua käyttöön kattavasti. Huolimatta ERP-järjestelmien suurista käyttöönottokustannuksista, on niistä tullut ns. vakioratkaisu teollisuuden toimialalla. (Bendoly ja Jacobs, 2005, s.56; Moon ja Phatak, 2005, s.1206-1207)

Vaikka ERP-järjestelmiin sisältyy tehokkaita ja luotettavia työkaluja yrityksen eri toimintojen ohjaamiseen ja hallintaan, ovat niiden toimintamahdollisuudet usein puutteellisia tuotannon suunnittelun ja ohjaamisen kannalta. Nykyajan ERP-järjestelmät on pääasiassa suunniteltu transaktiopohjaisiksi mm. kirjanpitoon hyvin soveltuviksi, mutta niitä ei ole

tarkoitettu nykyaikaisen ja monimutkaisen tuotannon hienokuormittamiseen ja ohjaamiseen. Vaikka ERP-järjestelmällä on kyvykkyys kerätä reaaliaikaista dataa tuotantoympäristöstä, tarvitsee ERP rinnalleen erillisiä järjestelmiä, kuten MES (Manufacturing Execution System) ja SCM (Supply Chain Management), joilla prosesseja on mahdollista valvoa ja reaaliaikaisen datan kerääminen on tehokasta. (Moon ja Phatak, 2005, s.1207)

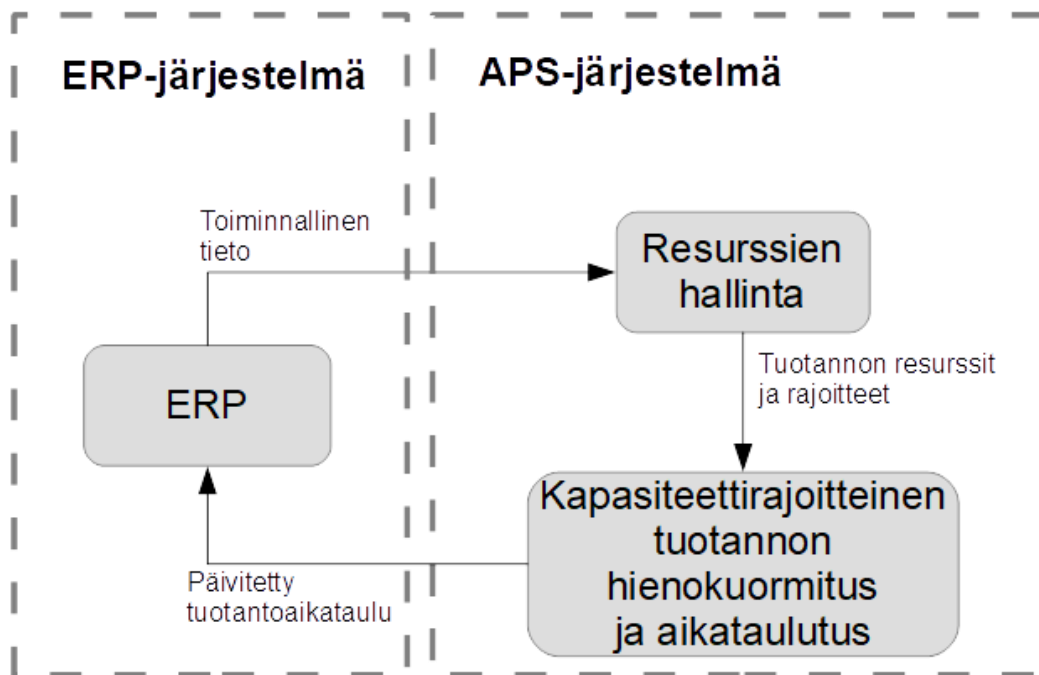
Seuraavissa alaluvuissa 2.4 ja 2.5 on käsitelty ERP-järjestelmään integroitavia tuotannosuunnittelu- ja ohjausjärjestelmiä ja niiden ominaisuuksia. Tässä työssä tuotannosuunnittelujärjestelmällä tarkoitetaan yksinomaan APS-järjestelmiä (Advanced Planning and Scheduling) ja tuotannonohjausjärjestelmällä tarkoitetaan yksinomaan MES-järjestelmiä (Manufacturing Execution System). Puhemielessä saatetaan sekä MES- että APS-järjestelmästä puhua pelkästään ”MES-järjestelmänä” tai ”tuotannonohjausjärjestelmästä”, mikä saattaa aiheuttaa sekaannusta. Useat APS-järjestelmätoimittajat tarjoavat APS-järjestelmän toimintojen lisäksi MES-järjestelmän toimintoja. Tämän vuoksi termien käyttö on hyvin monimuotoista.

2.4 Tuotannosuunnittelujärjestelmät

Pelkän ERP-järjestelmän kyvykkyydestä valmistavan yrityksen tarpeisiin ilman erillistä tuotannonohjausjärjestelmää on tutkittu ja väitely vahvasti viime vuosina. Erityisesti tuotannon suunnittelun ja ajoittamisen hallinta pelkällä ERP-järjestelmällä on ollut tutkimuksen aiheena viime vuosina. Teollisuuden yritykset vaativat tänä päivänä tarkoituksenmukaisemman järjestelmän tuotannon suunnitteluun ja ajoittamiseen optimoidakseen tehokkaasti materiaali- ja henkilöresursseja, vähentääkseen tuotantokustannuksia ja kehittämällä toimitusvarmuuttaan. (Stadtler, 2005; Vidoni ja Vecchiatti, 2015)

Tuotannosuunnittelujärjestelmät eli APS-järjestelmät (Advanced Planning and Scheduling) toimivat ratkaisuna kappalevalmistusyritysten vaatimuksiin tarkoituksenmukaisemmasta tuotannosuunnittelun järjestelmästä. APS-järjestelmät ovat informaatiojärjestelmiä, jotka soveltuvat monimutkaisten ja toisiinsa vaikuttavien työtehtävien aikatauluttamiseen ja priorisointiin (Günther, 2005).

APS-järjestelmä laajentaa ERP-järjestelmän toimintaa moduuleilla, jotka mahdollistavat resurssien hallinnan ja kapasiteettirajoitteen tuotannon hienokuormituksen ja aikataulutuksen. Kuvassa 10 on esitetty APS-järjestelmän toimintaa ERP-järjestelmän ohella. ERP-järjestelmän ja APS-järjestelmän toiminnot on eroteltu katkoviivoilla. (Kucharska *et al.*, 2015, s.8; Lai ja Cheng, 2016, s.95)



Kuva 10. APS-järjestelmän toiminta ERP-järjestelmän ohella (Kucharska et al., 2015, s.8; Lai ja Cheng, 2016, s.95)

Osa kehittyneemmistä ERP-järjestelmistä tarjoaa lisämoduuleja täyttääkseen APS-järjestelmän ominaisuusvaatimuksia, kuten esimerkiksi SAP tarjoaa APO (Advanced Planning and Optimization) järjestelmää, joka kykenee tuotannon suunnitteluun ja optimointiin. APO-moduulin kaltaiset järjestelmät SAP-integraatioineen ovat usein hyvin monimutkaisia implementaatioita, jotka soveltuvat vain suurempien yritysten käyttöön. Tämä on ohjannut pieniä ja keskisuuria yrityksiä kehittämään ad-hoc-järjestelmiä, joilla on APS-järjestelmän kaltaisia ominaisuuksia, mutta jotka vaativat pienempää järjestelmäinvestointia. (Vidoni ja Vecchiatti, 2015)

APS-järjestelmän käyttöönotossa on huomioitava ERP-järjestelmän ja APS-järjestelmän toiminnallisuuksien jako järjestelmien kesken. Wiers (2002) esittää tutkimuksessaan kolme karkeaa näkökulmaa ERP:n ja APS:n integrointiin sekä toimintojen hallintaan kussakin järjestelmässä. Ensimmäinen näkökulma on ”APS-orientoitunut”, eli toimintatapa, jossa pääosa tuotannon toiminnoista suoritetaan APS-järjestelmässä. Toinen toimintatapa on päinvastainen ensimmäisestä, eli ”ERP-orientoinut”, jossa pääosa tuotannon toiminnoista suoritetaan ERP-järjestelmässä. Kolmas toimintatapa on aikaisemmin mainittujen välillä eli tasainen jako ERP- ja APS-järjestelmien välillä. (Wiers, 2002)

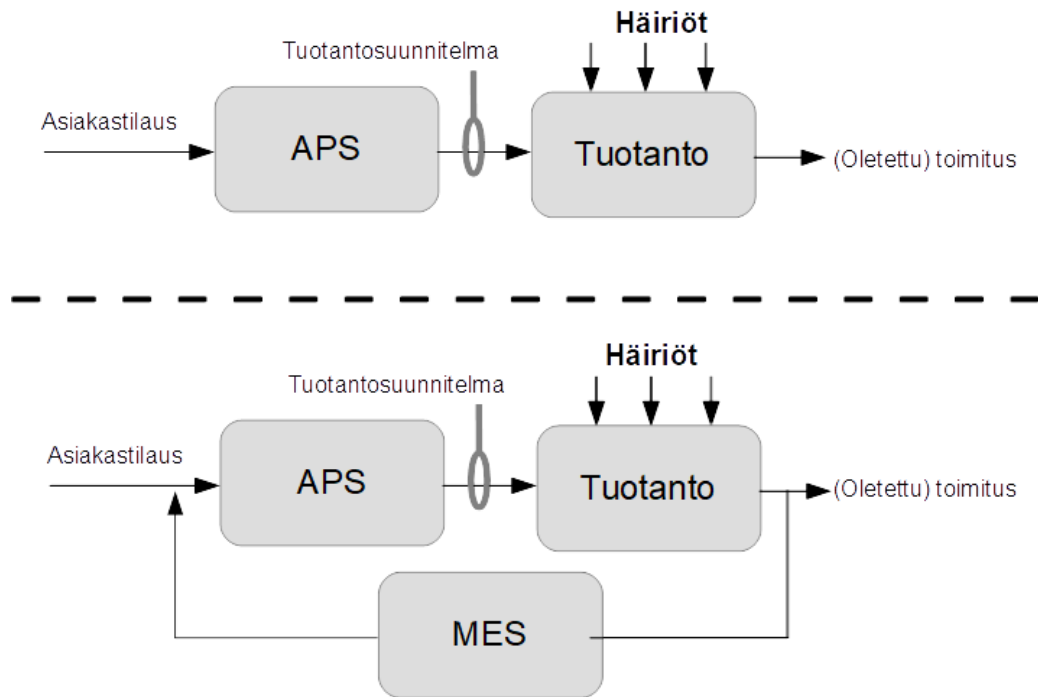
2.5 Tuotannonohjausjärjestelmät

Manufacturing Execution System (MES) on tietojärjestelmä, joka välittää tietoa ylemmän tason tietojärjestelmien, esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmän (ERP) ja alemman tason järjestelmien, esimerkiksi tuotannon automaatiojärjestelmän välillä (Govindaraju ja Putra, 2016). Tiedon välittämisen lisäksi MES-järjestelmä myös hyödyntää ylemmästä ja alemmasta tietotason järjestelmistä saatavaa tietoa esimerkiksi tuotannon aikataulutuksessa ja työjonojen hallinnassa. MES-järjestelmän tarkoitus on kerätä suuri määrä reaaliaikaista tietoa tuotantoprosessista, samaan aikaan prosessoida reaaliaikaisia tapahtumia sekä ylläpitää kaksisuuntainen tiedonkulku liiketoimintatason (ISA-95 taso 4) ja tuotannonhallinnan (ISA-95 tasot 2-0) tasojen välillä (Fei, 2010).

MES-järjestelmäkonseptin voidaan nähdä alkaneen 1980-luvun alkupuolella, jolloin useille eri yrityksenhallinnan osa-kokonaisuuksille, kuten esimerkiksi tuotannosuunnittelulle ja laadunvarmistukselle, alettiin kehittää tiedonkeruujärjestelmiä. Cottyn et al. mukaan (2011) tuotantoyksiköt ovat aina suosineet tuotannon tarpeita vastaavien kustomoitujen järjestelmien kehittämistä ja käyttöönottoa. Haasteena useissa kustomoiduissa yksittäisissä järjestelmissä on niiden integrointi ylemmän tason järjestelmiin. Näiden haasteiden pohjalta järjestelmäkehittäjät ovat keskittyneet kehittämään ISA-95 standardiin perustuvia MES-ratkaisuja, jotka tarjoavat yhtenäisen rajapinnan muihin järjestelmiin (ERP ja alemman tason järjestelmät). (Saenz de Ugarte, Artiba ja Pellerin, 2009; Cottyn *et al.*, 2011)

MES-järjestelmän avulla tuotanto saa ajankohtaista ja monipuolista tietoa, joka helpottaa tuotantoa ylläpitämään tuoteinformaation laatua tuotantoajan lyhentyessä ja tuotantokustannusten laskiessa. MES-järjestelmän helppokäyttöisyys tuotannon lattiatasolla helpottaa tuotantodatan kirjaamista ja reaaliaikaisen tuotantotilanteen ylläpitämistä tietojärjestelmissä. (Govindaraju ja Putra, 2016)

MES-järjestelmä yhdessä APS-järjestelmän kanssa mahdollistaa kytköksen tuotannosuunnittelun ja tuotannonhallinnan (nykytilanteen) välille. Pelkkä APS-järjestelmä mahdollistaa kehittyneen tuotannosuunnittelun, mutta esteiden, hidasteiden ja ongelmien esiintyessä tuotannossa, vanhenee tuotantoaikataulun paikkansapitävyys. MES-järjestelmä mahdollistaa takaisinkytkennän APS-järjestelmään tai suoraan ERP-järjestelmään, jolloin tuotannosuunnittelun ja -hallinnan silmukka saadaan suljettua. Informaation takaisinkytkennän ansiosta tuotannosuunnittelulle saadaan tietoa todellisista toteutuneista työvaiheajoista, joiden perusteella tulevaisuudessa tehtävät tuotantoaikataulut voidaan ajoittaa entistä tarkemmin. Kuvassa 11 on esitetty ylempänä avoin tuotannosuunnittelun informaatiotilanne ja alempana suljettu tuotannosuunnittelun informaatiotilanne. (Lambregts, Van Wilgen ja Chakraborty, 2006)



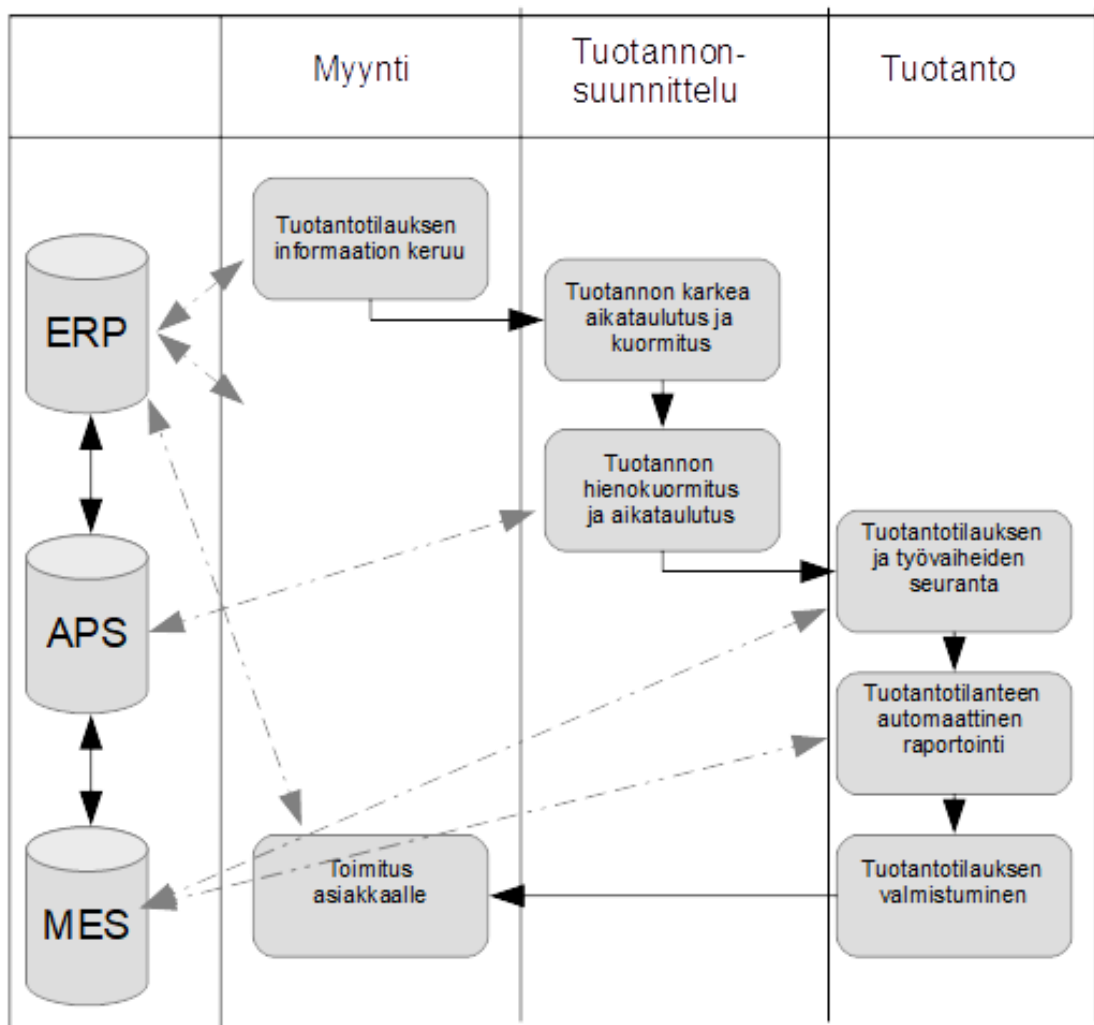
Kuva 11. Avoin ja suljettu tuotannosuunnittelun informaatioilmukka (suomennettuna Lambregts, Van Wilgen ja Chakraborty, 2006)

2.6 Järjestelmien integraatio

ERP-, APS- ja MES-järjestelmien hyvin toteutetulla integraatiolla on suuri vaikutus tuotantodatan laadukkuuteen ja tuotannonohjauksen selkeyteen. Kun ERP- ja APS-järjestelmät ovat integroituina keskenään, pystytään APS-järjestelmällä suunnittelemaan ja aikatauluttamaan tuotanto reaaliaikaisen tilaustiedon mukaan. Tuotantoa suunniteltaessa APS-järjestelmällä pystytään aikatauluttamaan tarkasti tuotanto, koska MES-järjestelmästä saadaan tuotannon nykytilan todellinen tilanne. Jos tuotanto on myöhässä aikataulusta, niin MES-järjestelmästä APS-järjestelmään siirrettävän informaation ansiosta APS-järjestelmällä voidaan ottaa myöhäinen tuotantotilanne huomioon uusia tilauksia aikatauluttaessa. MES-järjestelmästä on mahdollista siirtää ERP-järjestelmään myös reaaliaikaista tietoa tuotantokustannuksista (esimerkiksi materiaali-, hukka- ja henkilökustannukset). (Kucharska *et al.*, 2015)

Näiden kolmen järjestelmän yhtenäisellä integroinnilla on suuri vaikutus myös liiketoimintatiedon hallintaan. Kun tuotantotiedot kerätään suoraan helppokäyttöiseen MES-järjestelmään, voidaan operatiivisella tasolla suorittaa tuotannon nykytilan analyysiä suoraan MES- ja APS-järjestelmän omilla liiketoimintatiedon hallintaan tarkoitetuilla työkaluilla. Toisekseen, tuotantohenkilöstön suoraan MES-järjestelmään kirjaama data on luotettavampaa, kuin esimerkiksi paperiseen muotoon kirjattuna, jonka joku toinen henkilö käy myöhemmin kirjaamassa järjestelmään. Tuotantoanalyysit ovat myös tarkempia, kun tuotantodata on luotettavampaa. (Kucharska *et al.*, 2015)

Järjestelmien käyttöä myynnin, suunnittelun ja tuotannon osastoissa esittää alla oleva esimerkkitaapaus kuvassa 12. Kuvassa on esitetty tuotteen elinkaari tuotantotilauksen tietojen keruusta tuotteen toimittamiseen asiakkaalle. Kuvassa on viivoilla kuvattu prosessin vaiheiden etenemissuuntaa ja katkoviivoilla on kuvattu kussakin vaiheessa käytettävää järjestelmää. Alla olevan kuvan mukaisesti myynti kirjaa aluksi tuotantotilauksen ERP-järjestelmään, jossa suoritetaan tuotannon karkea aikataulutus myyntiviikolle. Tämän jälkeen tuotannosuunnittelu hienokuormittaa ja aikatauluttaa tuotantotilauksen, jonka jälkeen seuraa tuotantovaihe. Tuotantovaiheessa MES-järjestelmä kerää tietoa tuotantotilanteesta. Lopuksi tuotteen valmistuttua, toimitetaan tuote asiakkaalle, josta kirjataan tiedot ERP-järjestelmään. (Kucharska *et al.*, 2015)



Kuva 12. Tuote- ja tilaustiedon hallinta ERP-, APS- ja MES-järjestelmässä (mukaillen Kucharska *et al.*, 2015)

3. MES- JA APS-JÄRJESTELMÄN HANKINTA

Tässä luvussa käsitellään MES- ja APS-järjestelmän hankinta- ja käyttöönottoprosessia, tuotannonohjauksen nykytilan ja tavoitetilan kartoitusmenetelmiä, MES- ja APS-järjestelmän vaatimusmäärittelyä sekä MES- ja APS-järjestelmän vertailuanalyysiä. Tässä luvussa etsitään vastauksia tämän työn tutkimuskysymyksiin 1 ja 2.

3.1 MES- ja APS-järjestelmän hankinta- ja käyttöönottoprosessi

MES- ja APS-järjestelmän hankinta ja käyttöönotto yritykselle on monivaiheinen prosessi. MES- ja APS-järjestelmän käyttöönottoprosessi tulee olla hyvin suunniteltuna etukäteen, sillä prosessi sisältää useita eri vaiheita, joiden laiminlyönti tai heikko läpikäynti heikentää järjestelmän käyttöönoton onnistumistodennäköisyyttä. (Govindaraju ja Putra, 2016)

Tässä alaluvussa perehdytään kahteen erilliseen lähteeseen, joissa käsitellään MES- ja APS-järjestelmän käyttöönottoprosessia ja siihen liittyviä vaiheita. Tämän alaluvun päätteeksi tarkastellaan, mitä yhteneväisyyksiä ja eroavaisuuksia kahdessa läpikäydyssä käyttöönottoprosessissa on. Molemmista pyritään tunnistamaan oleellimmat ja tärkeimmät käyttöönottovaiheet, joita voitaisiin hyödyntää kohdeyrityksen MES- ja APS-projektissa.

MES-järjestelmän implementointi vastaa paljon APS-järjestelmän implementointia, sillä sekä MES- että APS-järjestelmä ovat tuotannonohjauksen funktionaalisen hierarkian kolmannella tasolla, kuten on esitetty kuvassa 9. King (2002) kuvaa esityksessään, kuinka MES- ja APS-järjestelmien toiminnot ovat hyvin lähellä toisiaan. APS-järjestelmä soveltuu tuotannon aikataulutukseen ja hienokuormitukseen, kun taas MES-järjestelmä soveltuu tuotannon lattiataason hallintaan. Tämän alaluvun seuraavissa kappaleissa esitetyissä käyttöönottomenetelmissä käydään läpi joko MES-järjestelmän tai APS-järjestelmän käyttöönottoa. Molempien järjestelmien käyttöönottomenetelmiä ja -vaiheita voidaan kuitenkin hyödyntää toisiinsa, sillä molemmat järjestelmät liittyvät vahvasti toisiinsa ja toimivat samalla valmistusoperaatioiden hallinnan tasolla. (King, 2002)

Knight ja Lamb (2006) kuvaa MES-järjestelmän käyttöönoton koostuvan neljästä eri vaiheesta. Ne on esitetty kuvassa 13 ja listattuna alla.

1. Tarpeen kartoitus
2. Järjestelmän valinta
3. Käyttöönotto
4. Tulosten tarkastelu

Tämän tutkimuksen kannalta kaksi ensimmäistä vaihetta ovat olennaisimpia, sillä niissä käsitellään MES-järjestelmän tarpeiden kartoitusta sekä järjestelmän valintaa. Ensimmäisessä vaiheessa on tärkeää havaita tarpeet MES-järjestelmälle sekä saavuttaa hyväksyntä organisaation johdolta MES-järjestelmän käyttöönotolle. Ensimmäisessä vaiheessa tulee myös laatia eri sidosryhmien kanssa yhteistyössä vaatimukset ja niiden painoarvot MES-järjestelmältä vaadittaville ominaisuuksille. Myös tavoitteiden määrittäminen on erittäin tärkeässä osassa tarpeiden kartoitusvaiheessa. Tavoitetilanteen kartoittaminen ja määrittäminen kiteyttää olennaisimmat vaatimukset MES-järjestelmälle, jonka perusteella yrityksen tarpeisiin soveltuvan MES-järjestelmän valinta selkeytyy. Tavoitetilanteen määrittely on tärkeä osa-alue projektin onnistumisen kannalta. Tavoitetilanteen määrittelyn jälkeen organisaatiolle selkeytyy nykyiset haasteet ja tavoitetilanne, johon halutaan päästä pitkällä aikavälillä. Tavoitetilanteen puuttuminen muodostuu usein ongelmaksi, kun projekti pitkittyy ja organisaation jäsenten usko MES-järjestelmästä saataviin hyötyihin heikkenee. (Knight ja Lamb, 2006; Cottyn *et al.*, 2011)

Toisessa vaiheessa pitäisi Knight ja Lamb (2006) mukaan tutkia eri järjestelmätoimittajien tarjoamia MES-järjestelmiä sekä pyytää järjestelmätoimittajilta esityksiä järjestelmän toiminnasta. Myös referenssien läpikäynti on erittäin tärkeää, sillä referenssiasiakailta saa tiedon järjestelmän todellisesta toiminnasta sekä sen käytön hyödyistä ja haasteista. Kattavan analyysin pohjalta valitaan järjestelmätoimittaja ja sovitaan MES-järjestelmän käyttöönoton laajuus. (Knight ja Lamb, 2006)

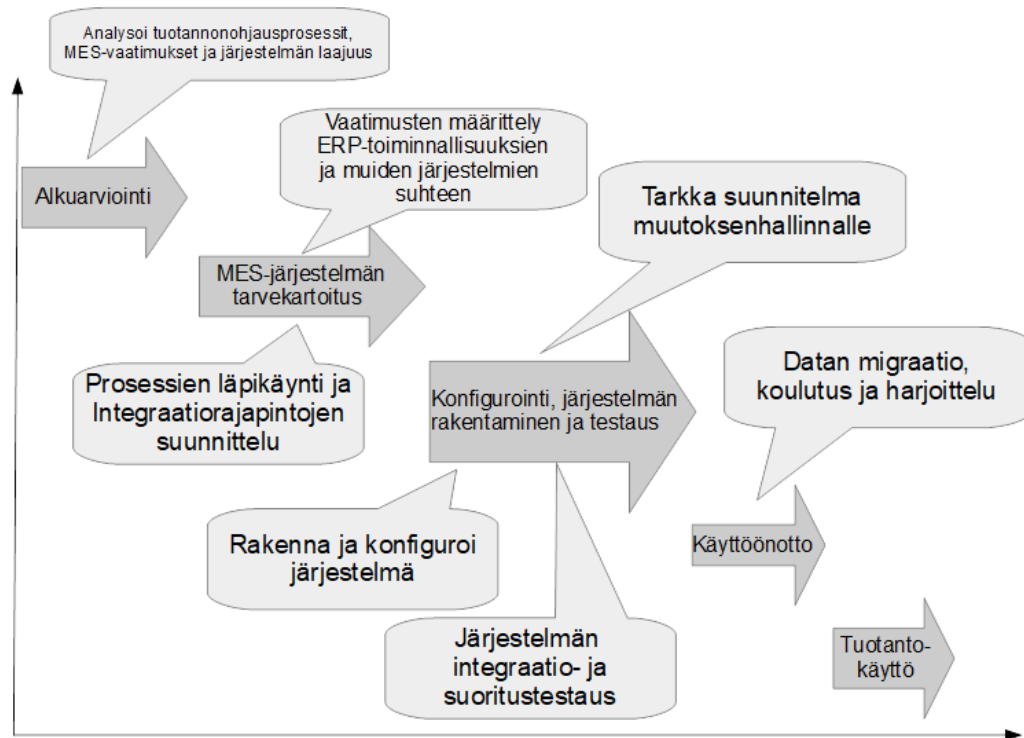
Kolmannessa vaiheessa toteutetaan aikaisemmassa vaiheessa sovittua käyttöönottosuunnitelmaa ja otetaan järjestelmä käyttöön kohdeyrityksessä. Käyttäjien mukaan ottaminen käyttöönottovaiheessa on tärkeää onnistumisen kannalta. Järjestelmän toiminta tulee validoida pilottivaiheella ennen täysimittaista järjestelmän käyttöönottoa. (Knight ja Lamb, 2006)

Neljännessä vaiheessa tarkastellaan MES-järjestelmästä saatuja hyötyjä. Tässä vaiheessa voidaan konkreettisesti myös todentaa MES-järjestelmästä saatavia taloudellisia hyötyjä. (Knight ja Lamb, 2006)



Kuva 13. MES-järjestelmän käyttöönoton vaiheet (suomennettuna Knight ja Lamb, 2006)

Govindaraju ja Putra (2016) esittää tutkimuksessaan MES-järjestelmän hankinta- ja käyttöönottoprojektin jakautuvan viiteen eri vaiheeseen kuvan 14 mukaisesti. Tämän tutkimuksen kannalta kaksi ensimmäistä vaihetta ovat olennaisimpia, sillä niissä käsitellään MES-järjestelmän arvioinnin kannalta tärkeitä järjestelmän laajuuteen ja teknisiin integraatorajapintoihin syventymistä ennen varsinaista konfigurointia ja integrointityötä.



Kuva 14. MES-järjestelmän käyttöönoton vaiheet Govindaraju ja Putra (2016) mukaan

MES-järjestelmän käyttöönoton viisi vaihetta Govindaraju ja Putra (2016) mukaan ovat:

1. Alkuarviointi
2. MES-järjestelmän tarvekartoitus
3. Konfigurointi, järjestelmän rakentaminen ja testaus
4. Käyttöönotto
5. Tuotantokäyttö

Ensimmäinen vaihe keskittyy täysin omien prosessien kartoitukseen, MES-järjestelmän vaatimusten kartoittamiseen ja MES-järjestelmän laajuuden määrittämiseen. Ensimmäisessä vaiheessa keskitytään ongelmakohtien löytämiseen. Tässä vaiheessa ei vielä pyritä löytämään ratkaisua ongelmakohtiin. MES-implemентаation ensimmäisessä vaiheessa on tärkeää osallistuttaa monipuolisesti yrityksen henkilöstä mukaan projektiin. Erityisesti ylimmän ja keskitason johdon osallistaminen projektiin on avainasemassa projektin onnistumisen kannalta. (Anisimov ja Reshetnikov, 2011; Govindaraju ja Putra, 2016)

Toisessa vaiheessa keskitytään ensimmäisessä vaiheessa saatujen tuotosten pohjalta vaatimusten kartoitukseen ERP-järjestelmien ja muiden järjestelmien suhteen. Erityisesti integraatorajapintoihin on syytä paneutua tässä vaiheessa, jotta yllätyksiä ei ilmene toimimattomien integraatioiden kanssa. (Govindaraju ja Putra, 2016)

Kolmas vaihe keskittyy konfigurointiin, järjestelmän rakentamiseen ja testaukseen. Tässä vaiheessa suoritetaan pääasiassa järjestelmän tekninen toteutus integraatioineen ja mahdollisine räätälöimisineen. (Govindaraju ja Putra, 2016)

Neljännessä vaiheessa siirretään toimintatapoja nykyisestä uuteen, MES-järjestelmää hyödyntävään toimintatapaan. Tässä vaiheessa suoritetaan muun muassa datan migraatiota, henkilöstön koulutusta ja järjestelmän käytön harjoittelua. (Govindaraju ja Putra, 2016)

Viimeisessä vaiheessa siirretään toiminta lopullisesti ja kokonaisvaltaisesti uuteen toimintatapaan, jolloin tavoitteena on vakiinnuttaa uusi MES-järjestelmää hyödyntävä toimintatapa. (Govindaraju ja Putra, 2016)

Edellä käsiteltiin Knightin ja Lambin (2006) sekä Govindarajun ja Putran (2016) lähteisiin perustuvia MES- ja APS-järjestelmien hankinta- ja käyttöönottoprosesseja. Molemmissa lähteissä korostettiin vahvasti henkilöstön laajaa mukaan ottamista hankinta- ja käyttöönottoprosessiin, sillä tällöin järjestelmän käyttöönotolle muodostuu sisäinen hyväksyntä yrityksen sisällä. Myös kattava järjestelmän tarvekartoitus ja vaatimuskartoitus korostuivat molemmissa lähteissä. Näiden lisäksi Govindaraju ja Putra korostivat järjestelmän määrittelyvaiheessa erityisesti integraatorajapintojen määrittelyä ja järjestelmien toimintojen jaottelua ERP-, MES- APS, ja muiden järjestelmien välillä. Knight ja Lamb korostavat valintavaiheen merkitystä esittämällä toimintatapoja järjestelmien vertailuun, kuten esimerkiksi referenssikäynnit ja järjestelmädemot. (Knight ja Lamb, 2006; Govindaraju ja Putra, 2016)

3.2 Tuotannonohjauksen nykytilan, tavoitetilan ja järjestelmävaatimusten kartoittaminen ISA-95 standardin mallin mukaisesti

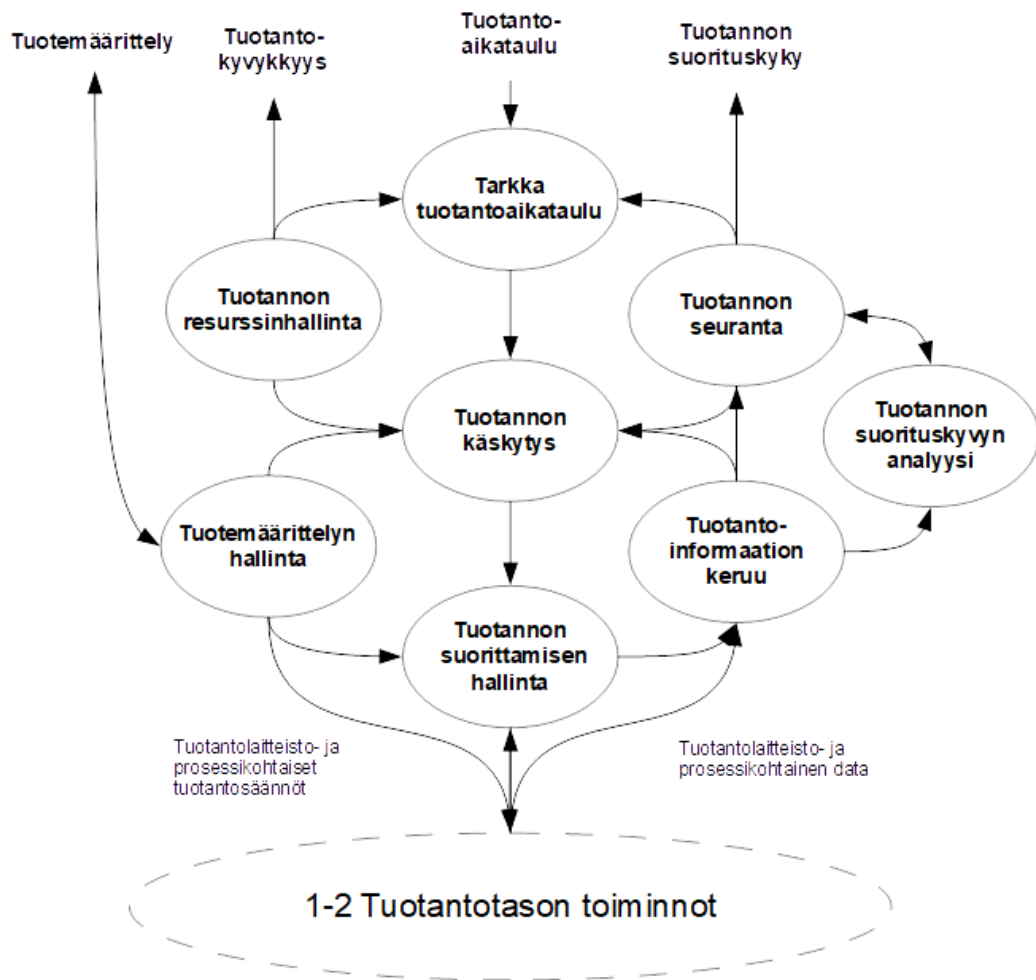
Teollisuusyritysten valmistusoperaatioiden prosessien nykytilan ja tavoitetilan kartoittamiseksi hyödynnetään geneeristä mallia, jolla määritellään tuotanto-, kunnossapito-, laatu- ja varasto-operaatioiden hallintojen mallit.(ISA-95.00.03-2005)

ISA-95.00.03 standardi sisältää geneerisen aktiviteettimallin, joka määrittää yleisen pyyntö-vaste syklin, joka alkaa pyynnöllä tai aikataulutuksella, muuttaa ne tarkennetuiksi aikatauluiksi, toimeenpanee työn tarkennetun aikataulun mukaan, hallitsee työn suoritusta, kerää dataa ja muuntaa kerätyn datan takaisin vasteeksi. Tätä pyyntö-vaste sykliä tukee: (ISA-95.00.03-2005)

- Suoritetun työn analysointi kehitysten ja korjausten saamiseksi
- Suoritetun työn resurssienhallinta
- Suoritetun työn määrittelyjen hallinta

Geneeristä aktiviteettimallia ja yksityiskohtaisia malleja ei ole tarkoitettu kuvaamaan todellista tuotannonohjausjärjestelmän toteutusta. Malli tarjoaa kuitenkin viitekehysten järjestelmän toteutukselle. Täten ISA-95.00.03 standardin geneerisen aktiviteettimallin avulla voidaan suorittaa myös järjestelmävaatimusten kartoitusta. (ISA-95.00.03-2005)

ISA-95 standardiin perustuva valmistusoperaatioiden hallinnan geneerinen aktiviteettimalli on esitetty kuvassa 15. Valmistusoperaatioiden hallinnan geneerinen aktiviteettimalli jakautuu kahdeksaan eri alakokonaisuuteen, joista jokainen on käsitelty erikseen seuraavissa ala-luvuissa 3.2.1 - 3.2.8.

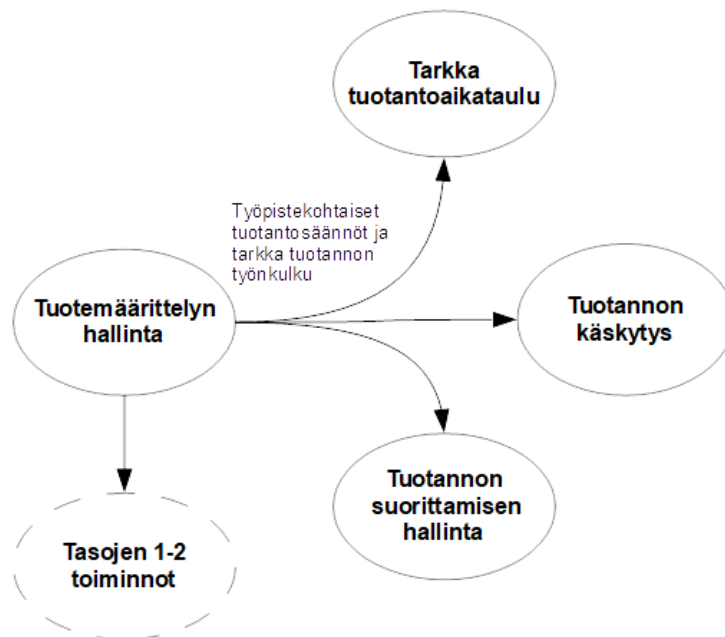


Kuva 15. Valmistusoperaatioidenhallinnan aktiviteettimalli (suomennettuna ISA-95.00.03-2005)

3.2.1 Tuotemäärittelyn hallinta

Tuotemäärittelyn hallinta voidaan määritellä kokoelmana aktiviteetteja, jotka hallitsevat kaikkea tasolla kolme olevaa informaatiota tuotteesta, mitkä vaaditaan tuotteen valmistamiseksi. Tuotemäärittelyn hallinnan visuaalinen kuvaus standardin ISA-95.00.03 mukaisesti on esitetty kuvassa 16. Tuotemäärittely kuvastaa tuoteinformaatiota ja sen välitystä tuotekehityksen, suunnittelun ja tuotannon välillä, joka mahdollistaa tuotteen valmistamisen. Tuotemäärittelyn hallinnan aktiviteetit ovat yhteydessä tarkan tuotantoaikatauluksen, tuotannon käskytyksen ja tuotannon suorittamisen hallinnan kanssa, jotta tuote voidaan valmistaa tuotetiedon perusteella. (ISA-95.00.03-2005, s.31-32)

Tuotemäärittelyn hallinnan tehtäviin sisältyy: dokumenttien hallinta (työohjeet, tuoterakennetiedot ja tuotevarianttien määrittelyt), uusien tuotemäärittelyjen hallinta sekä tuotantoon ja tuotteisiin liittyvien suorituskykykymittarien hallinta. (ISA-95.00.03-2005, s.31-32)



Kuva 16. Tuotemäärittelyn hallinnan aktiviteettimallin rajapinnat (suomennettuna ISA-95.00.03-2005, s.32)

3.2.2 Tuotannon resurssienhallinta

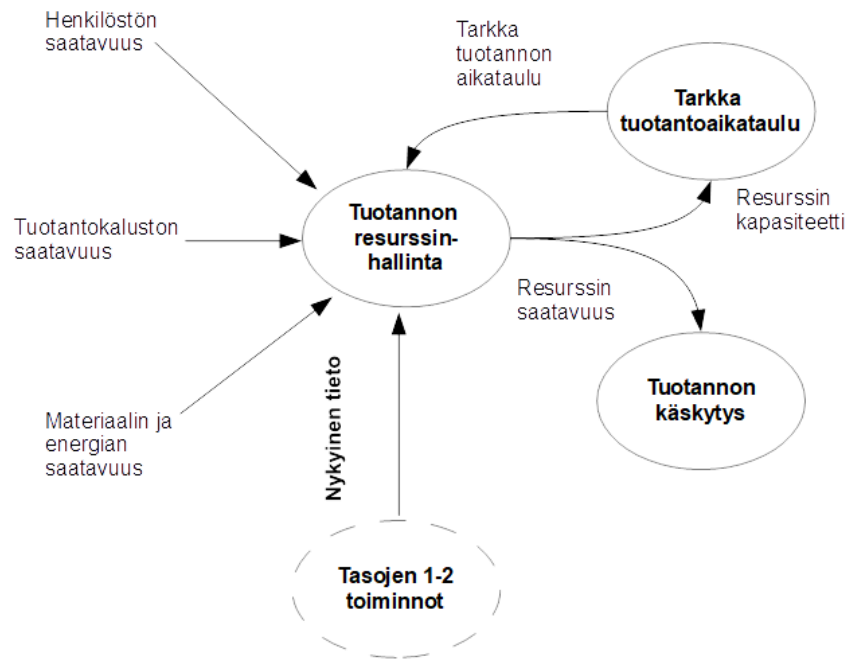
Tuotannon resurssienhallinta voidaan kuvata kokoelmana aktiviteetteja, jotka hallitsevat informaatiota kaikista tuotannon toimiseen vaadittavista resursseista. Näitä resursseja ovat henkilöstö, valmistuslaitteet, työkalut, materiaalit ja energia. Näiden resurssien suora ohjaus tapahtuu muissa aktiviteeteissa, kuten tuotannon käskytyksessä ja tuotannon suorittamisen hallinnassa. Alla olevissa seuraavissa kappaleissa on käsitelty tarkemmin henkilöstöresurssien, valmistuslaitteistoresurssien, ja materiaali-resurssien hallintaa. (ISA-95.00.03-2005, s.33-34)

Henkilöstöresurssienhallinnassa käsitellään työvoiman saatavuutta, työajanseuranta tiettyjen vaiheiden osalta sekä osaamissertifikaattien ja osaamistasojen hallintaa. Työvoiman saatavuusinformaatiolla voidaan tarkasti kuormittaa tuotantoa, sillä esimerkiksi pidemmät sairauslomat ja lomat voidaan ottaa huomioon tuotantoa suunniteltaessa. Joissain tapauksissa työntekijöiden osaamistaitoja ja suoritettuja sertifikaatteja on hyvä hyödyntää, jotta voidaan allokoida tarkasti työtehtäviä henkilöstölle, jolla on pätevyys ja osaaminen kyseiseen työtehtävään / työvaiheeseen. (ISA-95.00.03-2005, s.36)

Valmistuslaitteiston resurssienhallinnassa käsitellään informaatiota liittyen valmistuslaitteiston resursseihin ja niiden käytettävyyteen. Erityisesti valmistuslaitteiston huolloilla on suuri vaikutus resurssien käytettävyyteen. Tuotannon kuormitusta voidaan hallita tarkemmin, kun valmistuslaitteiston resurssienhallinta toimii ja huomioon otetaan muun muassa tulevaisuuden ennakoitavat huoltotarpeet. (ISA-95.00.03-2005, s.36)

Materiaali-resurssienhallinta keskittyy materiaalin- ja energianhallintaan ja niiden saatavuuteen. Materiaali-resurssienhallinnan tehtäviin kuuluu muun muassa materiaalisatavuuden hallinta, joka on usein tärkeä tieto valmistusvaiheita aloitettaessa tuotannossa. (ISA-95.00.03-2005, s.37)

Tuotannon resurssienhallinnan visuaalinen kuvaus standardin ISA-95.00.03 mukaisesti on esitetty kuvassa 17. Tuotannon resurssienhallinnan tehtäviin sisältyy: henkilöstö-, materiaali- ja laitteistoresurssien määrittelyt sekä resurssien saatavuuden ja käytettävyyden hallinta. Resurssien saatavuuden ja allokoinnin hallintaa ajan funktiona voidaan kuvata aiemmin tässä työssä esitetyn kuvan 8 avulla. Kyseisessä kuvassa hallittiin yleisesti tuotannon resurssia ja sen kuormittamista, mutta resurssienhallintaa voidaan suorittaa myös yksittäisten henkilöiden tai valmistuslaitteiston kohdalla. (ISA-95.00.03-2005, s.33-34)

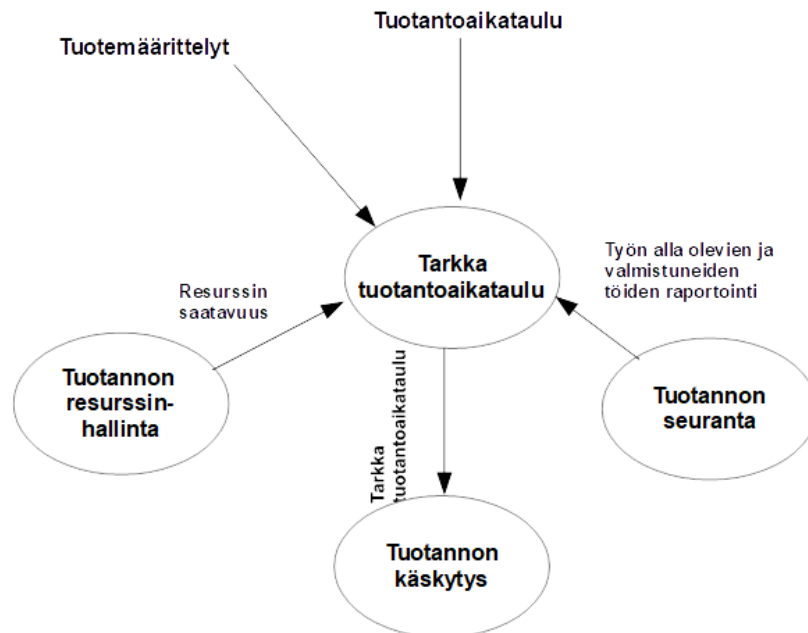


Kuva 17. Tuotannon resurssienhallinnan aktiviteettimallin rajapinnat (suomennettuna ISA-95.00.03-2005, s.34)

3.2.3 Tarkka tuotantoaikataulu

Tarkka tuotannon aikataulutus voidaan kuvata kokoelmana aktiviteetteja, jotka hallitsevat tuotantoaikataulua ja optimoivat paikallisten resurssien käyttöä saavuttaakseen valmistusaikataululliset tavoitteet. Tarkka tuotannon aikataulutus ottaa huomioon resurssien saatavuuden, joka saadaan tietona tuotannon resurssienhallinnan aktiviteeteista (käsitelty luvussa 3.2.2.).

Tarkan tuotannon aikataulutuksen tehtäviin sisältyy: tarkan tuotantoaikataulun luominen ja ylläpito, todellisen tuotannon ja suunnitellun tuotannon vertailu sekä eri tuotantoaikataulujen yhdistäminen. Tarkan tuotannon aikataulutuksen aktiviteeteissa laaditaan yksityiskohtaiset valmistusaikataulut, joissa on parhaimmassa tapauksessa allokoituna tehtävät työt henkilötasolla. Tarkan tuotannon aikataulutuksen visuaalinen kuvaus standardin ISA-95.00.03 mukaisesti on esitetty kuvassa 18. (ISA-95.00.03-2005)



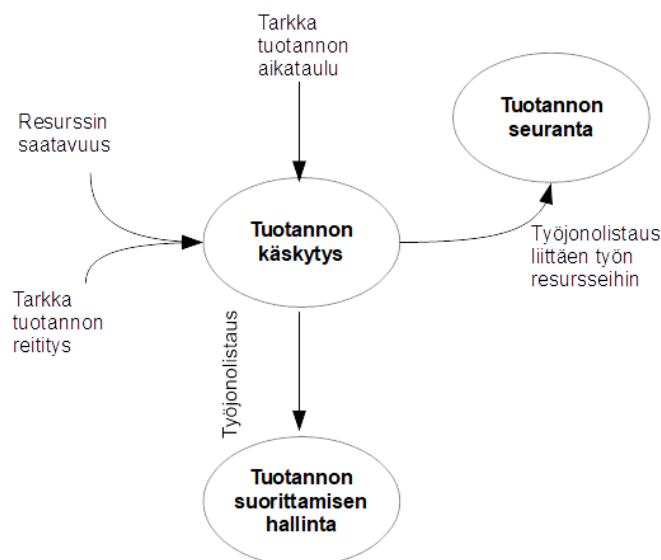
Kuva 18. Tarkan tuotannon aikataulutuksen aktiviteettimallin rajapinnat (suomennettuna ISA-95.00.03-2005, s.37)

3.2.4 Tuotannon käskytyks

Tuotannon käskytyks voidaan kuvata kokoelmana aktiviteetteja, jotka hallitsevat tuotannon etenemistä käskyttämällä työtehtäviä laitteistolle ja henkilöstölle. Tuotannon käskytyksen tehtäviin voi sisältyä (ISA-95.00.03-2005, s.40-41):

- Työtehtävien jako työkeskuksille ja henkilöstölle aikataulutuksen mukaisesti
- Työtehtävien tilan hallinta (aloituskelpoinen, aloitettu, keskeytetty, valmis)
- Informointi tuotannon aikataulutukselle mahdollisista viivästyksistä / aikataulumuutoksista tuotannossa
- Työjonon muuttaminen tuotannossa tapahtuvien odottamattomien tilanteiden takia (esimerkiksi valmistuslaiterikot)
- Tuotantoerien aikatauluttaminen ja aloittaminen erätuotannossa
- Tuotantoajojen aikatauluttaminen ja aloittaminen

Työjonon hallinta on tärkeä osa-alue tuotannon käskytyksessä. Työjono voidaan määrittellä kokoelmana työtehtäviä, jotka ovat seuraavia tietyllä työpisteellä aloitettavia työtehtäviä. Työjonon avulla tuotantohenkilöstö pystyy varautumaan ja valmistautumaan tuleviin työtehtäviin. Mahdolliset epäselvyydet voidaan tarpeen mukaan selvittää jo etukäteen, jolloin työvaiheen aloitus ei viivästy, siinä vaiheessa, kun sen pitäisi alkaa. Tuotannon käskytyksen visuaalinen kuvaus standardin ISA-95.03 mukaisesti on esitetty kuvassa 19. (ISA-95.00.03-2005, s.42)



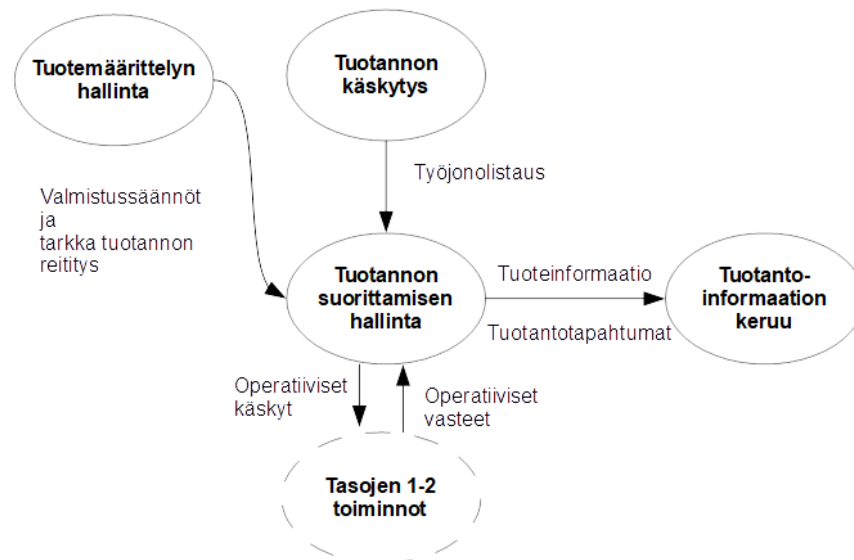
Kuva 19. Tuotannon käskyttämisen aktiviteettimallin rajapinnat (suomennettuna ISA-95.00.03-2005, s.41)

3.2.5 Tuotannon suorittamisen hallinta

Tuotannon suorittamisen hallinnan aktiviteetit koostuvat manuaalisten ja automatisoitujen prosessien koordinoinnista tuotannossa. Tämä vaatii usein hyvin määriteltyjä viestintäkanavia automatisoidulle hallintalaitteistolle. Tuotannon suorittamisen hallinnan tehtäviä ovat muun muassa (ISA-95.00.03-2005, s.44-45)

- Informointi muille tuotannon aktiviteeteille, kun odottamaton tapahtuma vaikuttaa tuotannon aikatauluihin, materiaalipuutteisiin, ym.
- Informointi muille tuotannon aktiviteeteille suoritetuista työvaiheista, käytetyistä materiaaleista ja käytetyistä henkilöresursseista.
- Oikeiden resurssien (materiaalit, henkilöstö, valmistuslaitteisto) käytön varmistaminen. Esimerkiksi henkilöstöllä on pätevyys työn suorittamiseen tai materiaali on valittu oikein kyseisen tilauksen mukaisesti.
- Laatustandardien mukaisen valmistuksen varmistaminen

Tuotannon suorittamisen hallinnan visuaalinen kuvaus standardin ISA-95.00.03 mukaisesti on esitetty kuvassa 20.



Kuva 20. Tuotannon suorittamisen hallinnan aktiviteettimallin rajapinnat (suomennettuna ISA-95.00.03-2005, s.44)

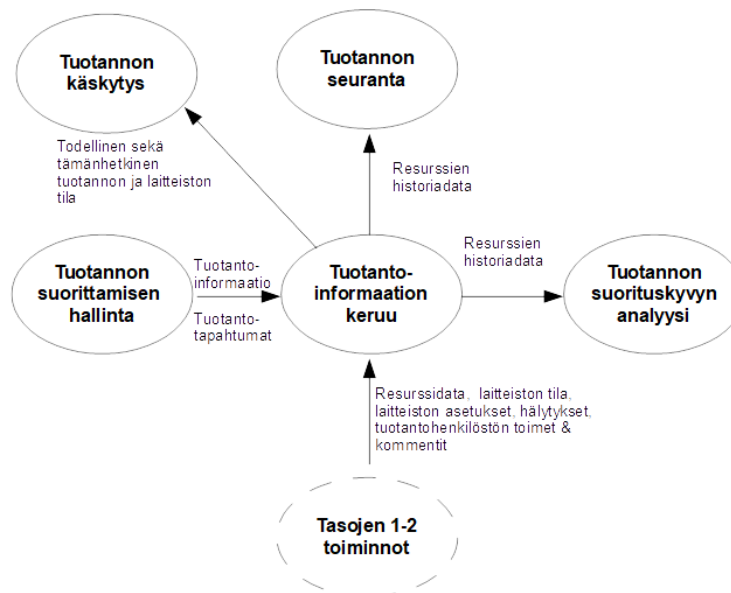
3.2.6 Tuotantoinformaation keruu

Tuotantoinformaation keruu voidaan määritellä kokoelmana aktiviteetteja, jotka keräävät, ja hallitsevat tuotantodataa. Tuotannonhallintajärjestelmät käsittelevät yleensä tuotantoprosessissa valmistettujen tuotteiden paino-, pituus- ja määrätietoja. Valmistusprosessissa tulee myös mahdollisesti seurata ja mitata valmistusprosessin suureita (lämpötila, nopeus, tilavuusvirta, jne.). Tuotantodatan keruu on aika- tai tapahtumapohjaista, joka liitetään kerätyn datan yhteyteen antaakseen datalle kontekstin. Esimerkiksi tuotantoprosessista voidaan kerätä valmistusmäärätietoja (esim. 10 kpl), jolloin siihen on hyvä lisätä aikamääre (esimerkiksi päivä). Näin saadaan kerättyä tietoa tuotantoprosessin tehokkuudesta (esimerkiksi 10 kpl / päivä). Tapahtumapohjaisessa tuotantodatan keruussa voidaan kerätä mittaustietoja esimerkiksi tietyltä työvaiheelta. (ISA-95.00.03-2005, s.45-46)

Tuotantoinformaation keruun tehtäviin sisältyy: (ISA-95.00.03-2005, s.46)

- Tuotantotehtäviin liittyvän laitteistosta saatavan tiedon ja henkilöstön syöttämän tiedon keruu ja arkistointi. Esimerkiksi:
 - Prosessin nykytilatieto
 - Laitteiston tilatieto
 - Tehtyjen töiden kirjaaminen
- Tuotantodataan perustuvien raporttien tarjonta
- Tuote- ja eräjäljitettävyystiedon hallinta

Tuotantoinformaation keruun visuaalinen kuvaus standardin ISA-95.00.03 mukaisesti on esitetty kuvassa 21.



Kuva 21. Tuotantoinformaation keruun aktiviteettimallin rajapinnat (suomennettuna ISA-95.00.03-2005, s.46)

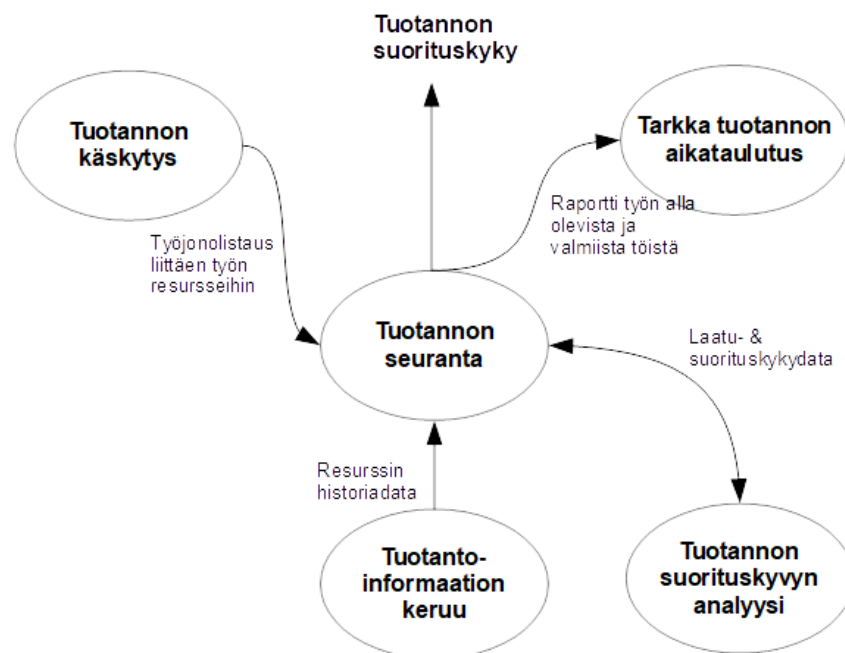
3.2.7 Tuotannon seuranta

Tuotannon seuranta voidaan määritellä kokoelmana aktiviteetteja, jotka valmistelevat tuotantotiedon lähetystä ja takaisinkytkentää takaisin ylemmälle neljännelle tasolle (ERP-taso). Tuotannon seurannassa kootaan yhteen henkilöstön ja valmistuslaitteiston kirjaama data ja lähetetään se kootusti ISA-95 standardin neljännen tason järjestelmiin. Tuotannon seuranta tuottaa informaatiota myös tuotannon tarkan aikataulutuksen aktiviteettiin, jotta tuotantoaikatauluja voidaan tarvittaessa päivittää nykytilan perusteella. (ISA-95.00.03-2005, s.47-48)

Tuotannon seurannan tehtäviin sisältyy muun muassa:(ISA-95.00.03-2005, s.47-48)

- Informaation tarjoaminen tuotannon tapahtumien seurantaan (kirjaaminen) ja jäljittämiseen (analyysi)
- Tuotantoympäristössä olevan materiaalin seuranta. Materiaalien käytön seuranta valmistusvaihe- ja tilauskohtaisesti.
- Tuotantotapahtumien siirto tason 4 järjestelmiin

Tuotannon seurannan visuaalinen kuvaus standardin ISA-95.00.03 mukaisesti on esitetty kuvassa 22.



Kuva 22. Tuotannon seurannan aktiviteettimallien rajapinnat (suomennettuna ISA-95.00.03-2005, s.47)

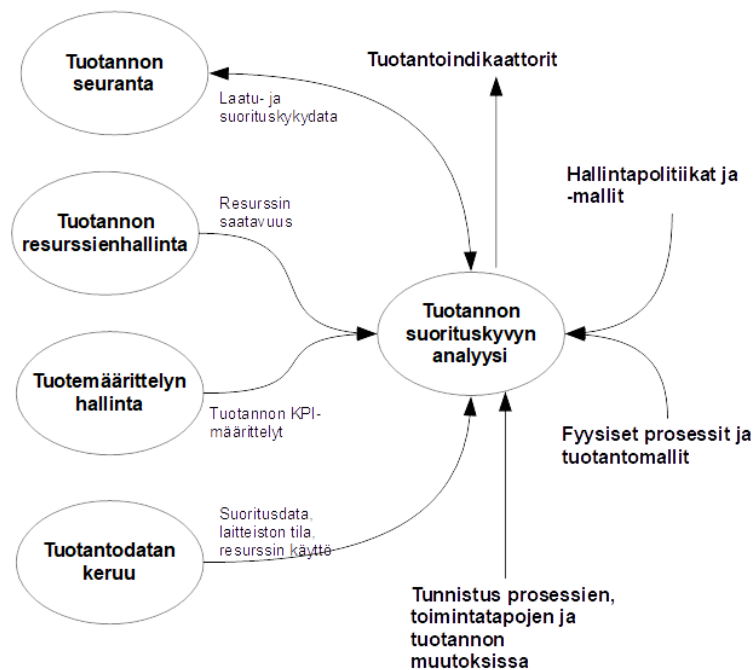
3.2.8 Tuotannon suorituskyvyn analyysi

Tuotannon suorituskyvyn analyysi voidaan kuvata kokoelmana aktiviteetteja, jotka analysoivat ja luovat raportteja tuotannon suorituskyvystä ja lähettävät ne liiketoimintajärjestelmiin. Tuotannon suorituskyvyn analyysin pohjalta voidaan luoda myös KPI-raportteja. KPI-raporttien tarjoaman informaation perusteella voidaan optimoida tuotantoa ja resurssien käyttöä. (ISA-95.00.03-2005, s.49-53)

Tuotannon suorituskyvyn analyysin tehtäviä ovat muun muassa: (ISA-95.00.03-2005, s.49-53)

- Raporttien luominen tuotannon suorituskyvystä ja tuotantokustannuksista
- Kapasiteetin ja laadun rajoitteiden arviointi
- Suorituskykytestien suorittaminen
- Muutosten mahdollistaminen tuotantoprosesseihin tarjoamalla tietoa tuotannon suorituskyvystä ja sen muutoksesta
- KPI-raporttien laadinta

Tuotannon suorituskyvyn visuaalinen kuvaus standardin ISA-95.00.03 mukaisesti on esitetty kuvassa 23.



Kuva 23. Tuotannon suorituskyvyn analyysin aktiviteettimallin rajapinnat (suomennettuna ISA-95.00.03-2005, s.49)

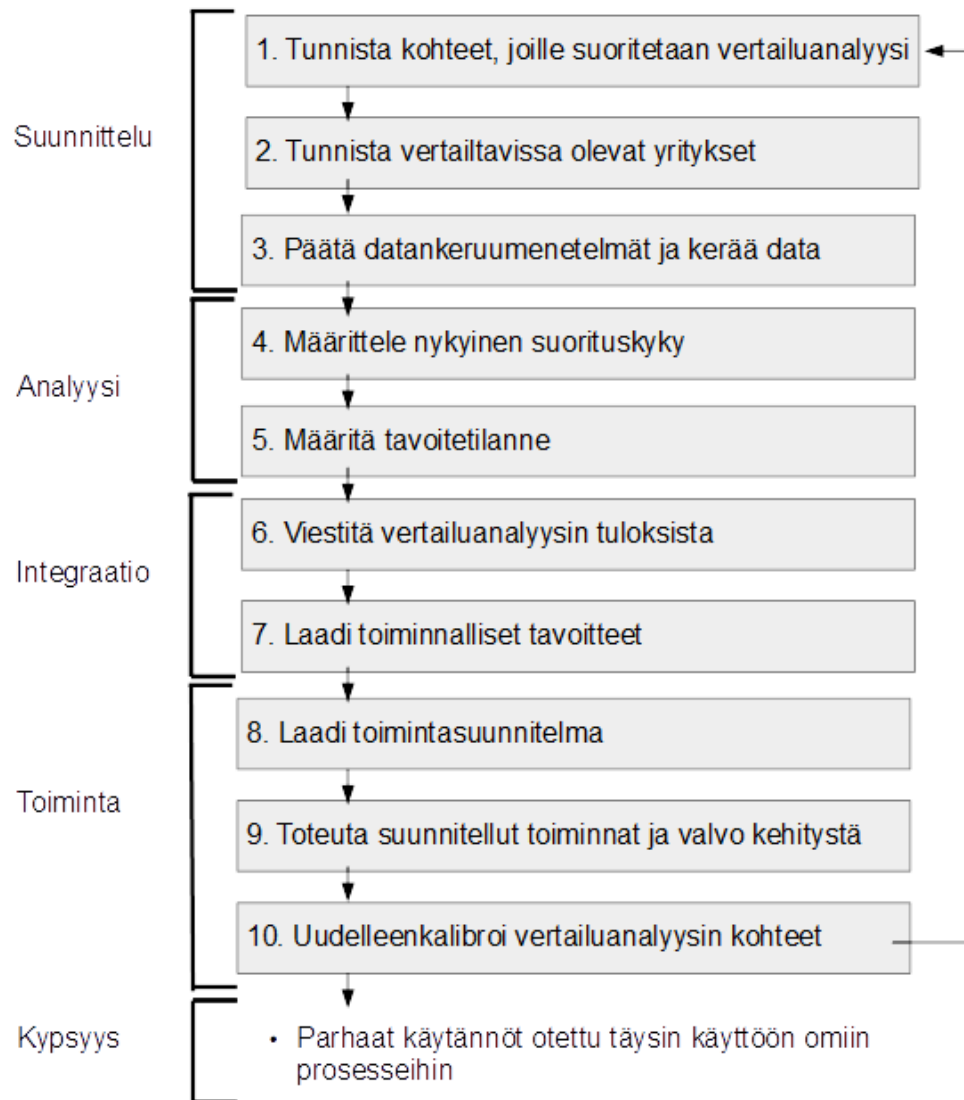
3.3 MES- ja APS-järjestelmien vertailuanalyysi

Tässä luvussa käsitellään teoriaa vertailuanalyysistä ja sen toteuttamisesta. Tässä luvussa tarkastellaan menetelmiä vertailuanalyysin toteuttamiseen MES- ja APS-järjestelmille. Tämän luvun alaluvut pyrkivät vastaamaan tämän työn 2. tutkimuskysymykseen ”Miten ja millä menetelmillä eri MES- ja APS-järjestelmien vertailuanalyysi kannattaa suorittaa?”

3.3.1 Vertailuanalyysi

Vertailuanalyysi (benchmarking) on yleisesti käytetty menetelmä teollisuudessa (Ahmed ja Rafiq, 1998; Kyrö, 2004). Vertailuanalyysi määritellään jatkuvaksi kehitysprosessiksi ja oppimismenetelmäksi, jossa yritykset ja organisaatiot pyrkivät löytämään parhaita käytäntöjä ja menetelmiä liittyen tuotteisiin, prosesseihin, palveluihin tai muihin aihealueisiin. Vertailuanalyysissä suoritetaan vertailua nykytilan ja parhaan mahdollisen käytännön (tavoitetilan) välillä. Vertailuanalyysin tavoitteena on löytää parhaimmat käytännöt tiettyyn ennalta valikoituun aihealueeseen ja löytöjen jälkeen ottaa käyttöön kyseisiä käytäntöjä. (C. Camp, 1989)

Yksi eniten käytetyistä vertailuanalyysin prosessimalleista on 10 vaiheinen vertailuanalyysin prosessi (C. Camp, 1989). Se koostuu viidestä vaiheesta, joita ovat suunnittelu, analyysi, integraatio, toiminta ja kypsyyden saavuttaminen. Kuvassa 24 on kuvattu vertailuanalyysin viisi vaihetta jaoteltuna tarkempiin tehtäviin yhdestä kymmeneen. (C. Camp, 1989)



Kuva 24. Vertailuanalyysiprosessin vaiheet suomennettuna lähteestä (C. Camp, 1989)

Vertailuanalyysistä on olemassa useita eri variaatioita. Alla on listattu muutamia yleisimpiä vertailuanalyysin variaatioita (Ahmed ja Rafiq, 1998):

- Sisäinen vertailuanalyysi: Organisaation sisäisten aktiviteettien, toimintojen ja prosessien mittaaminen ja vertaaminen.
- Ulkoinen vertailuanalyysi: Ulkopuolisten organisaatioiden operaatioiden, järjestelmien ja prosessien vertaaminen omiin vastaaviin.
- Suorituskyvyn vertailuanalyysi: Organisaation eri aihealueiden, esim. hinnan, lämpimenoajan ja toimitusvarmuuden suorituskyvyn mittaaminen ja vertailu.

3.3.2 Vertailuanalyysin toteuttaminen MES- ja APS-järjestelmille

Tässä luvussa haetaan 2. tutkimuskysymykseen vastausta ja käsitellään, miten MES- ja APS-järjestelmien vertailuanalyysi kannattaa suorittaa järjestelmän kartoitusvaiheessa. Tässä luvussa yhdistetään aiemmissa luvuissa läpikäytyjä teorioita tuotannonohjauksen kartoituksesta, vaatimusmäärittelystä ja vertailuanalyysistä ja sovelletaan niitä tarkalleen MES- ja APS-järjestelmän vertailuanalyysin suorittamiseen.

MES- & APS-järjestelmän valinta ja vertailuanalyysi järjestelmien kesken tulee suorittaa laajan analyttisen esiselvityksen pohjalta. Jos MES- ja APS-järjestelmä käsitetään yksinkertaisena ostona ja sijoituksena ilman kattavaa esiselvitystä, on projektin epäonnistumisen todennäköisyys erittäin suuri. Heikosti suoritettussa MES- ja APS-järjestelmän valinnassa järjestelmätoimittajan valinta suoritetaan järjestelmän alkudemonstraatioesityksen jälkeen saaden suuret lupaukset järjestelmästä. Pahimmassa tapauksessa tietty johtaja tai muu henkilö osoittaa henkilökohtaisen kiinnostuksen johonkin järjestelmään ilman loogista tai analyttistä perustelua, mikä saattaa johtaa tarpeisiin soveltumattoman järjestelmän valintaan. (Anisimov ja Reshetnikov, 2011)

Lehtimäki, Simula ja Salo mukaan (2009) teknologian- ja järjestelmänsiirrosprojekteissa hyödynnetään kartoitus- ja hankintavaiheessa järjestelmän soveltuvuuden arvioinnissa referenssikäyntejä ja järjestelmän demotilaisuuksia, joissa saadaan alustavasti hahmotelma järjestelmän toimivuudesta ja sen ominaisuuksista. Referenssivierailut järjestelmää jo käyttävien järjestelmätoimittajien asiakkaiden luona ovat hyödyllisiä, sillä tällöin järjestelmän toiminnasta saadaan konkreettista tietoa. Järjestelmätoimittajan pitääkin systemaattisesti hallita ja kerätä referenssiasiakkaita, jotta järjestelmän toimivuus voidaan todentaa, koska vahvojen ja lukuisten referenssien avulla ostajaosapuolen luottamus järjestelmätoimittajaan vahvistuu. (Salminen, 2001; Lehtimäki, Simula ja Salo, 2009)

Järjestelmän demotilaisuudessa myyjäosapuoli esittelee kattavasti järjestelmänsä toimintaa ilmaiseksi. Demotilaisuudesta kattavampi tapa on antaa asiakkaalle testikäyttöön järjestelmä alhaisin kustannuksin. Konfigurointia vaativissa järjestelmissä tämä voidaan suorittaa myöhemmässä vaiheessa erillisenä PoC- (Proof Of Concept) tai pilottivaiheena. PoCin ja pilotin tarkoituksena on selvittää järjestelmän suurimmat hyvät ja huonot yllätykset, mutta myös tarkentaa järjestelmää hankkivan osapuolen vaatimuksia järjestelmätoimittajalle. Usein vasta järjestelmän pilotointivaiheessa huomataan puutteita järjestelmän ominaisuuksissa, jotka siinä tulisi olla, jotta järjestelmästä saataisiin mahdollisimman suuri hyöty asiakkaalle. (Umble, Haft ja Umble, 2003; Lehtimäki, Simula ja Salo, 2009)

MES- ja APS-järjestelmien vertailuanalyysissä on hyvä mahdollisuus hyödyntää edellä mainittua kolmea toimenpidettä; referenssivierailua, demoesitystä ja pilottia. Kaikkien toimenpiteiden avulla vertailua voidaan suorittaa kattavasti. Referenssivierailuilla voi-

daan todentaa järjestelmän toiminta ja selvittää myös mahdolliset ongelmatilanteet järjestelmän käyttöönotossa ja käytössä. Demotilaisuudessa järjestelmätoimittajilta pystytään kysymään tarkkoja järjestelmän toimintaan liittyviä kysymyksiä ominaisuuksista ja muista asioista. Pilottivaiheessa puolestaan määritetään tarkemmin vaatimukset järjestelmälle ja selvitetään järjestelmän toimivuus asiakkaan ympäristössä. (Umble, Haft ja Umble, 2003; Lehtimäki, Simula ja Salo, 2009)

Laadullisen tutkimuksen, tässä tapauksessa vertailuanalyysitutkimuksen tiedonkeruu voidaan toteuttaa haastatteluilla ja kyselyillä. Wallen (2015, s.58-59) mukaan haastattelut ja kyselyt voidaan suorittaa joko strukturoituna tai strukturoimattomana. MES- APS-järjestelmien vertailuanalyysissä on hyvä hyödyntää molempia haastattelutyyppejä. Strukturoitua ja suljettua haastattelutyyppejä voidaan hyödyntää demoesityksissä, joissa järjestelmätoimittajat voivat suoraan vastata spesifeihin kysymyksiin järjestelmistä ja parhaimmassa tapauksessa todentaa vastauksensa esittämällä se järjestelmällä. Strukturoimatonta ja avointa haastattelutyyppejä voidaan hyödyntää referenssikäynneillä, joissa referenssi-asiakkaat voivat avoimesti omin sanoin kertoa järjestelmästä, sen ominaisuuksista ja käyttöönottoprojektin sujuvuudesta. Strukturoidun ja strukturoimattoman haastattelun ja kyselyn ominaispiirteet on esitetty seuraavassa taulukossa. (Walle, 2015, s.58-59)

Taulukko 2. *Strukturoitu ja strukturoimaton haastattelu- ja kyselymuoto* (mukaillen Walle, 2015, s.59)

Haastattelutyyppi	Kuvaus
Strukturoitu haastattelu	Haastattelut ja kyselyt ovat strukturoituja ja suljettuja. Kysymyksiin on yleisesti valmiita vastausvaihtoehtoja.
Strukturoimaton haastattelu	Haastattelut ja kyselyt ovat strukturoimattomia ja avoimia. Kysymyksiin voidaan vastata avoimesti ja täten vastausten laajuus voi vaihdella paljonkin.

4. MES- JA APS-PROJEKTIN TOTEUTUS KOHDEYRITYKSESSÄ

4.1 Kohdeyrityksen esittely

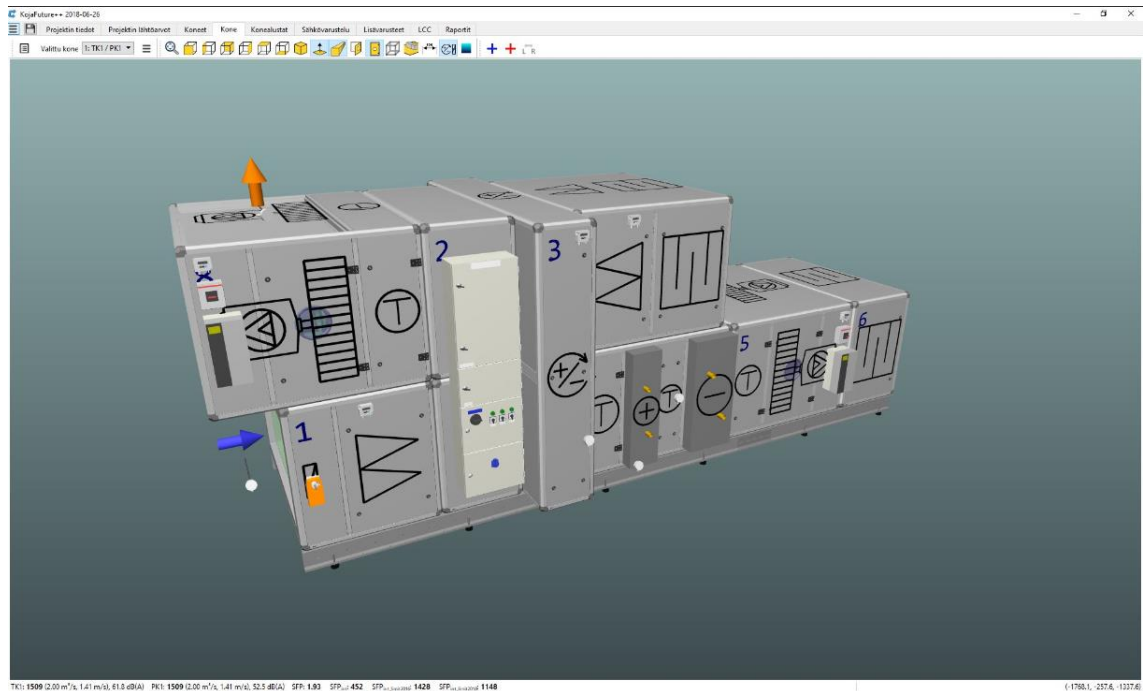
Tämän diplomityön kohdeyritys on suomalainen ilmankäsittely- ja ilmastointilaitteita valmistava Koja Oy. Yritys jakautuu neljään liiketoiminta-alueeseen. (*Koja Oy*)

Koja Marine on erikoistunut laivailmastointiratkaisuihin. Kyseinen yksikkö vastaa tehokkaan ilmastointiratkaisun kokonaistoimituksesta. Kokonaistoimitukseen sisältyy järjestelmän suunnittelu, automaatio, laitoimitus ja käyttöönotto. Toimitettavien marine-laitteiden valmistus tapahtuu Jalasjärven tehtaalla Kurikassa. Kuvassa 25 on esitetty yrityksen valmistama Future-ilmankäsittelykone. (*Koja Oy*)



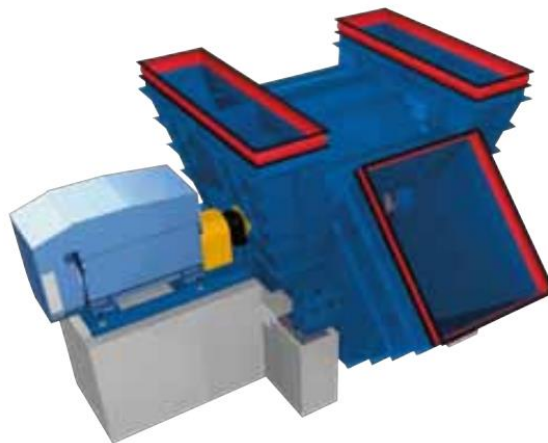
Kuva 25. Laivailmanvaihtoratkaisun tuote Future-ilmankäsittelykone

Rakennus- ja ilmankäsittelyratkaisun liiketoiminta myy, mitoittaa ja valmistaa kokonaisvaltaisia ilmankäsittelykoneita laajoihin rakennusprojekteihin. Yritys kykenee tarjoamaan joustavia toimituksia asiakkailleen edistyneen suunnittelun, tuotekehityksen ja tuotannon avulla. Toimitettavien rakennusten ilmankäsittelylaitteiden valmistus tapahtuu Jalasjärven tehtaalla Kurikassa. Kuvassa 26 on esitetty Koja Oy:n edistynyt myynti- ja suunnitteluvaiheen mitoitus- ja valintaohjelma, jota hyödynnetään niin Marine- kuin myös rakennusliiketoiminnassa. (*Koja Oy*)



Kuva 26. *Koja Oy:n myynti- ja suunnitteluvaiheen mitoitus- ja valintaohjelma*

Koja Prosessipuhaltimet tarjoaa luotettavia ja tehokkaita ratkaisuja raskaalle teollisuudelle, jossa vaaditaan erittäin suurta puhallustehoä. Yksilöllisesti optimoidut puhallinratkaisut varmistavat tuotannon toimivuuden muun muassa sellu-, paperi-, energia-, metalli ja petrokemianteollisuudessa. Koja Prosessipuhaltimien valmistus tapahtuu Tampereen tehtaalla. Kuvassa 27 on esitetty Koja Prosessipuhaltimien tuote Ecofan®-keskipakopuhallin. (Koja Oy)



Kuva 27. *Koja Prosessipuhaltimien tuote Ecofan®-keskipakopuhallin*

Koja Elinkaariratkaisut huolehtivat ratkaisujen toimivuudesta koko niiden elinkaaren ajan niin rakennusten, teollisuuden kuin laivailmastoinnin osalta. Koja Elinkaariratkaisut tarjoaa asiakkaalle valmiita taloteknisiä ratkaisuja yhdeltä kokonaistoimittajalta. Koja elinkaariratkaisut toteuttavat myös modernisaatioita vanhoihin kohteisiin, jolloin vanhan järjestelmän suorituskykyä on mahdollista parantaa. Koja Elinkaariliiketoiminnan toimipisteet sijaitsevat Tampereella, Vantaalla ja Miamiissa Yhdysvalloissa. (Koja Oy)

4.2 Kohdeyrityksen MES- ja APS-järjestelmäprojektin taustat

Tässä luvussa esitellään kohdeyrityksen MES- ja APS-järjestelmän kartoitus- ja hankintaprojektin taustaa, tuotannonohjauksen nykytilaa, nykytilan haasteita ja tavoitteita, jotka pyritään saavuttamaan MES- ja APS-järjestelmän käytön myötä. Kohdeyrityksen tuotannonohjausta suoritetaan nykyään järjestelmänäkökulmasta ERP-järjestelmällä ja MS Excel -työkalulla. ERP-järjestelmä toimii tuotantojärjestelmien master data -järjestelmänä, josta tietoa valutetaan erillisiä tarkoituksia varten tehtyihin MS Exceleihin, joissa suoritetaan muun muassa tuotannon aikataulutusta. MS Excel-työkalulla pyritään korvaamaan ERP-järjestelmästä puuttuvia aikataulutusta ja seurantaominaisuuksia. MS Excelien käyttö johtaa tiedon hajanaiseen ylläpitoon, sillä eri osa-alueita, kuten hankintoja ja aikatauluk- sia hallitaan eri MS Excel -taulukoissa. Seuraavissa kahdessa alaluvussa 4.2.1 ja 4.2.2 käydään läpi erikseen Koja Oy:n rakennusliiketoiminnan ja marine-liiketoiminnan tuotannonohjauksen yleiskuvaukset, sillä niiden toimintatavat eroavat osittain toisistaan ja koska niillä on erilliset tuotannonohjaustavat ja MS Excel -taulukot tuotantojen hallintaan.

4.2.1 Rakennusliiketoiminnan tuotannonohjauksen yleiskuvaus

Valmistettavien laitteiden karkea ajoitus toimitusviikkotasolla suoritetaan myyntivaiheessa. Myyjä tarkastaa myyntiviikon ERP-järjestelmästä, jolloin myytävän laitteen toimitus voidaan luvata asiakkaalle ja asettaa tällöin varauksen valmistukselle kyseiselle viikolle. Alustavan toimitusaikataulun sovittua, on valmistuksen tarvitsemien ostokomponenttien osto seuraavana vaiheena, jotta valmistus voidaan aloittaa sovittua toimitusaikaa ennen.

Varsinainen tuotannonohjausvaihe alkaa tämän jälkeen tuotantoaikataulun järjestämisellä MS Excel-sovelluksella. Valmistettavan laitteen valmistus kuormitetaan päiväkohtaisella tasolla aloitettavaksi ja lopetettavaksi. Kuormittaminen suoritetaan vain tuotannon loppukokoonpanolle, joka toimii tuotannon ohjauspisteenä. Levymateriaalin valmistus ajoitetaan tehtäväksi tuotantoon riittävän ajoissa ennen loppukokoonpanon aloitusajankoh- ta. Yksi valmistettava laite koostuu yleensä 3-8 kappaleesta moduuleja. Moduulikohtai- sella kuormituksella päästään tällä hetkellä riittävän tarkalle tasolle tuotannon kuormitta- misessa.

Kun tietyn tilauksen valmistusaikataulu päivätarkkuudella on kirjattu MS Excel-sovelluksella ja tilatun tuotteen valmistuksen on määrä alkaa muutamien päivien päästä, ajaa työnjohtaja ERP-järjestelmässä tarvelaskennan kyseisestä tietystä tilauksesta ja muista seuraavien päivien aikana valmistettavista laitteista ja tulostaa valmistettavien laitteiden työkortit. Tämän jälkeen työnjohto tarkastaa tulostettujen työkorttien ja projektitietolomakkeen yhteneväisyydet. Jos tiedot täsmäävät, tulostetaan M-Files dokumenttienhallintajärjestelmästä työkorttien ohelle mittakuvat. Seuraavaksi työnjohto asettaa valmistettavat laitteet valmistusjärjestykseen eli muodostaa työjonon paperisilla työkortteilla. Tämän jälkeen tuotanto aloittaa laitteiden valmistamisen paperisten työkorttien ja mittakuvien perusteella.

Kun valmistettavan laitteen tuotanto aloitetaan kussakin työvaiheessa, valmistetaan laite työkorttien ja erillisten dokumenttien pohjalta. Kun työvaihe on saatu valmiiksi, kirjataan suoritettu vaihe valmiiksi ERP-järjestelmässä. Kirjausvaiheessa osalle työvaiheista kirjaataan käytetty työaika, osalle ei riippuen työvaiheesta ja siihen käytetyn työajan arvioinnin helppoudesta.

Tuotannonohjauksessa suoritettavaa muutostenhallintaa ja tuotannon seurantaä käsitellään tarkemmin alaluvussa 4.2.3, jossa käsitellään nykyisiä tuotannonohjauksen haasteita. Nämä ovat hyvin yhtenäisiä ongelmia sekä marine- että rakennusliiketoiminnassa.

4.2.2 Marineliiketoiminnan tuotannonohjauksen yleiskuvaus

Marine-liiketoiminnassa myyntitoiminta eroaa huomattavasti rakennusliiketoiminnasta, sillä marine-liiketoiminnassa tehdään sopimus laivakohtaisesti ilmanvaihtolaitteiden toimittamisesta laivaprojektiin. Tämä tarkoittaa sitä, että myyntiä suoritetaan harvemmin, mutta samalla sovitaan suuremmasta ilmanvaihtolaitteiden toimitusmääristä asiakkaiden kanssa. Marine-liiketoiminnan valmistamat ja toimittamat ilmanvaihtokoneet vaativat myös yksityiskohtaista suunnittelua, mikä lisää tuotannon ja tuotannonohjauksen monimutkaisuutta verrattuna rakennusliiketoiminnan toimittamiin ilmanvaihtolaitteisiin.

Marine-liiketoiminnassa hyödynnetään erillistä MS Excel-sovelluksella laadittua taulukkoa, johon on kirjattu marine-liiketoiminnan projektien laitekohtaiset tuotannon valmistuksen aloituspäivämäärät, toimituspäivämäärät sekä ostokomponenttien tila (tilattu, vahvistettu, toimitettu)

Laivaprojektin sopimuksen varmistuttua suoritetaan ensin kriittisten ostokomponenttien osto, joilla on suuri arvo ja pitkä toimitusaika. Tuotantoajankohdan lähestyessä suoritetaan myös muidenkin ostokomponenttien tilaaminen. Ostojen tiedot kirjataan ERP-järjestelmään, mutta tämän lisäksi myös edellisessä kappaleessa mainittuun tuotantoaikataulu- taulukkoon.

Alustavan valmistuspäivän lähestyessä tarkennetaan valmistuksen aloittamisen ajankoh-
taa viikoittaisilla tuotantopalavereilla, joissa käydään myös yleisesti tuotannon nykytilaa
ja kuormitusta läpi. Kun tarkempi valmistusaikataulu on tiedossa, laatii työjohto tuotan-
non henkilöstölle tarkemman tuotantoaikataulun MS Excel-sovelluksella, joka toimii tuo-
tannon työjonona. Lähellä valmistusajankohtaa tulostetaan tuotannolle ERP-järjestel-
mästä työkortit ja M-Files dokumenttijärjestelmästä sähkökuvat.

Kun valmistettavan laitteen tuotanto aloitetaan kussakin työvaiheessa, valmistetaan laite
työkorttien ja erillisten dokumenttien pohjalta. Kun työvaihe on saatu valmiiksi, kirjataan
suoritettu vaihe valmiiksi ERP-järjestelmässä. Kirjausvaiheessa osalle työvaiheista kirja-
taan käytetty työaika, osalle ei riippuen työvaiheesta ja siihen käytetyn työajan arvioinnin
helppoudesta.

Tuotannonohjauksessa suoritettavaa muutostenhallintaa ja tuotannon seurantaä käsitel-
lään tarkemmin alaluvussa 4.2.3, jossa käydään läpi nykyisiä tuotannonohjauksen haas-
teita. Nämä ovat hyvin yhtenäisiä ongelmia sekä marine- että rakennusliiketoiminnassa.

4.2.3 Tuotannonohjauksen nykytilan haasteet

Tiedon sirpaloituminen useihin eri MS Excel -taulukoihin ja kohdeyrityksessä käytössä
olevan ERP-järjestelmän kankeus tuotannonohjauksen hallintaan aiheuttavat useita haas-
teita Jalasjärven tehtaan tuotannossa, joita on esitetty kuvassa 28 ja käsitelty tässä alalu-
vussa. Haasteet jakautuvat sekä tuotannon aikataulutuksen ja resursoinnin hallintaan että
lattiatasolla suoritettavien tuotantotapahtumien hallintaan.



Kuva 28. Tuotannonohjauksen ja -hallinnan haasteet ja ongelmakohdat Kojä Oy:llä

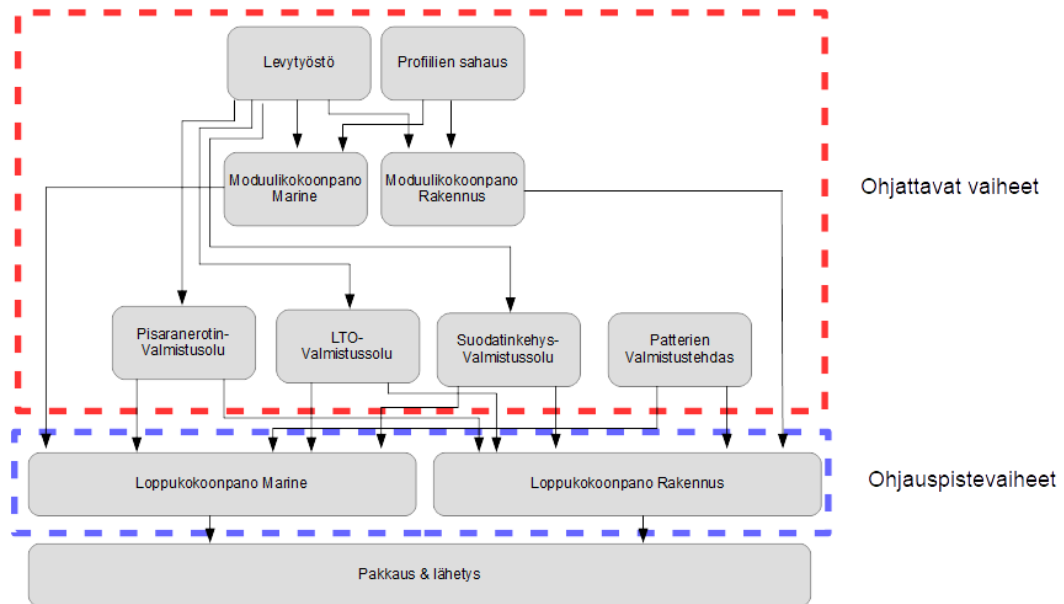
Tuotannon resurssienhallinta, erityisesti henkilöstöresurssienhallinta on Kojän Jalasjär-
ven tehtaalla yksi suurista kehityskohteista. Henkilöstön käytettävyydestä (lomat, sairas-

lomat, muut poissaolot) ei ole kirjattuna tarkkaa tietoa, jota tuotantoa suunniteltaessa voitaisiin hyödyntää. Kun tarkkaa tietoa henkilöstöresursseista ei ole saatavilla, ei todellista tuotantokapasiteettia voida ennustaa tarkasti. Valmistuslaitteiden ja materiaalien resursienhallinta ei ole suurena haasteena tällä hetkellä. Suurin yksittäinen laiteresurssi on levytyöstökeskus, joka kykenee tuottamaan tarvittavat levyosat kokoonpanolle riittävän tehokkaasti ja ajoissa, joten levytyöstökeskus ei muodostu pullonkaulaksi.

Tuotantoaikataulun ja tuotespesifikaatioiden muutostenhallinta lähellä tuotantoajankohtaa tai tuotteen valmistuksen aloituksen jälkeen aiheuttavat tuotannon tehokkuuden laskua ja tuotteiden korjaustöitä. Myöhäisten muutosten tekeminen on myös työlästä ja vaatii paljon kommunikaatiota eri työvaiheiden välillä. Jalasjärven tuotannossa suoritetaan useita muutoksia lähellä tuotantoajankohtaa, sillä tuotespesifikaatiot muuttuvat ajoittain asiakkaan toimesta hyvinkin lähellä toimitusajankohtaa. Tuotespesifikaatioiden muutosten lisäksi myös pelkkää toimitusaikaa siirretään hyvin usein lähellä valmistuksen aloitusajankohtaa. Kun Jalasjärven tehtaan tuotannossa valmistettavien laitteiden työkortit ovat tulostettuina ja jaettuna tuotannon lattiatasolle, niin muuttuneiden tuotespesifikaatioiden takia muutoksia ei enää välttämättä päivitetä ERP-järjestelmään ja sieltä tulosteta uusia työkortteja vaan tehdyt muutokset kirjataan käsin jo tulostetuille paperisille työkortteille. Tällöin hetkellisesti eri järjestelmissä ja dokumenteissa on ristiriitaista tuotespesifikaatiotietoa, mikä aiheuttaa riskin tuotteen valmistuksessa ja jäljitettävyydessä.

Valmistusaikataulumuutosten vuoksi erillisissä valmistussoluissa, kuten esimerkiksi LTO-solussa ja patterivalmistuksessa esiintyy haasteita aikatauluttaa oma tuotanto vastaamaan kokoonpanon tarpeita. Tuotannossa tapahtuvien muutosten hallinta havaittiin yhtensä suurena haasteena myös vuonna 2015 TTY:n kanssa yhteistyössä tehdyssä tuotannon kartoituksessa (Halonen, Lehtonen ja Lanz, 2015).

Seuraavassa kuvassa 29 on kuvattu tuotannon resurssienhallinnan ja aikataulutusten haastetta, kun yritetään yhtenäistää sekä Marine-liiketoiminnan että rakennusliiketoiminnan tuotantotilausten valmistusaikataulut ja –resursoinnit. Jalasjärven tuotannon pullonkaulana ja tuotannonohjauksen ohjauspisteenä toimii loppukokoonpano, jossa on käytännössä jaoteltu marine-liiketoiminnan tuotannon loppukokoonpanon työntekijät ja rakennusliiketoiminnan loppukokoonpanotyöntekijät. Loppukokoonpanon hallinta eri liiketoimintojen tuotantoaikataulujen yhdistämisessä ei siis ole haaste. Haasteeksi muodostuvat loppukokoonpanovaihetta edeltävät levytyöstö-, solu ja patterinvalmistusvaiheet, joiden täytyy priorisoida ja suorittaa töitä ja toimittaa puolivalmisteita optimaalisen tarpeen mukaan sekä marine- että rakennusliiketoiminnan tuotantojen loppukokoonpanopisteille. Esimerkiksi patteritehtaan työnjohdon tulee seurata kolmea eri tuotannon aikataulutustaulukkoa, jonka perusteella patteritehtaan patterivalmistus muodostaa oman valmistusaikataulun ja –järjestyksen.



Kuva 29. Koja Oy:n tuotannonohjaukselliset ohjauspistevaiheet ja ohjattavat vaiheet

Tuotannon läpinäkyvyyden puuttuminen on tällä hetkellä yhtenä suurena haasteena. Usein muuttuvien toimitusaikataulujen ja tuotespesifikaatioiden johdosta tuotannon ulkopuolella ei tiedetä valmistettavien laitteiden etenemisestä tuotannossa. Tämä heikentää tuotannon läpinäkyvyyttä ja tuotannon seurantaa, jonka seurauksena muun muassa myynti ei kykene tarjoamaan ajantasaista tietoa ja varmistusta toimitusajankohdista asiakkailleen.

Haasteita on myös tuotannon sisäisessä läpinäkyvydessä. Valmistettavien laitteiden tuotanto- ja työvaihetilanteesta saa tietoa vain läpikävelemällä tuotannossa ja kyselemällä etenemisestä. ERP-järjestelmästä muodostettavien raporttien käyttö nähdään liian kankeaksi ja tehottomaksi, sillä usealle eri vaiheelle täytyy laatia eri raportit, jotta saadaan kokonaiskuva kartoitettua. Kokonaisuuden hahmottaminen yhdellä silmäyksellä ei siis ole tällä hetkellä mahdollista.

Tuotantoinformaatiotietojen keruun tarkkuus, helppous ja reaaliaikaisuus ovat tällä hetkellä heikohkolla tasolla. Tällä hetkellä työvaiheista ja niiden toteutusajoista kerätään tietoa syöttämällä vaiheen päätteeksi työvaihetiedot ERP-järjestelmään. Osasta vaiheista kirjataan työvaiheajat ja osasta ei. Työvaiheajien tarkkuus on ajoittain heikolla tasolla, koska työvaihetiedot kirjataan vain työvaiheen päätteeksi ja välillä useampi eri työvaihe kerrallaan. Tällöin toteutuneen työvaiheajan tarkka kirjaaminen on haastavaa. Laatuun liittyvää informaatiota kerätään tällä hetkellä laatutauluihin kirjattavilla laatuvirheillä. Laatutaulut kerätään tasaisin väliajoin ja niistä laaditaan raportit, joiden avulla voidaan kohdentaa laadunkehitystä laatuherkimpiin työvaiheisiin ja kohteisiin.

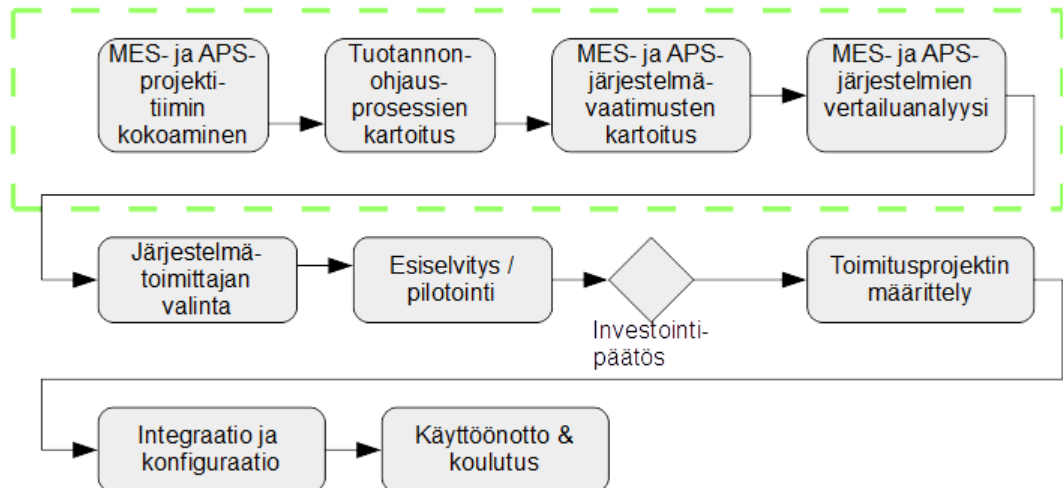
4.2.4 Tavoitteet MES- ja APS-järjestelmäprojektille

Koja Oy on asettanut tavoitteekseen saavuttaa parempi tuotannon läpinäkyvyys ja hallittavuus sekä tehokkaampi tuotannonohjaus ja -aikataulut. Tämän tavoitteen saavuttaakseen, on kohdeyritys päättänyt kehittää tuotannonohjaustaan, -aikataulutustaan ja tuotannon läpinäkyvyyttä aloittamalla kyseisiin toimintoihin soveltuvien MES- ja APS-järjestelmien kartoituksen. Koja Oy:n nykyisellä ERP-järjestelmällä ei kyetä suorittamaan tehokkaasti tuotannonohjausta, -aikataulutusta ja saavuttamaan riittävää läpinäkyvyyttä, joten ERP-järjestelmän rinnalle tuotannonohjaukseen tarkoitettun MES- ja APS-järjestelmän kartoitus- ja hankinta on osoittautunut merkitykselliseksi suoritettavaksi projektiksi Koja Oy:llä.

MES- ja APS-järjestelmän kartoitusprojektin tavoitteena on selvittää, miten MES- ja APS-järjestelmillä voidaan tehostaa ja helpottaa Koja Oy:n Jalasjärven tehtaan tuotannonohjausprosessien toimintaa sekä lisätä tuotannon prosessien läpinäkyvyyttä. Kun omat tuotannonohjausprosessit on analysoitu, tavoitteena on suorittaa MES- ja APS-järjestelmävaatimuskartoitus. Vaatimuskartoituksen jälkeen suoritetaan markkinoilla olevien potentiaalisten MES- ja APS-järjestelmien vertailuanalyysiä. Vertailuanalyysin pohjalta tavoitteena on short-listata ja valita kaksi järjestelmätoimittajaa, joiden kanssa jatketaan esiselvitys / pilottivaiheeseen.

4.3 MES- ja APS-projektin vaiheistus

MES- APS-järjestelmän kartoitus- ja hankintaprojekti sisältää useita eri vaiheita tehtäviin ja päätöksineen. Luvussa 3 käsitellyn teorian pohjalta MES- ja APS-projekti toteutetaan Koja Oy:llä kuvan 30 mukaisesti. Diplomityön aiheajaus projektin suhteen on merkittävä kuvan vihreällä katkoviivalla.



Kuva 30. MES- ja APS-projektin vaiheistus Koja Oy:llä

Luvussa 4.4 käsitellään lyhyesti MES- ja APS-projektin projektitiimin kokoamista ja projektin aloittamiseen liittyviä asioita. Luvussa 4.5 esitellään kohdeyrityksessä suoritettavien tuotannonohjausprosessien kartoituksen, MES- ja APS-järjestelmävaatimusten kartoituksen sekä vertailuanalyysin prosessit. Luvussa 5.1 Käsitellään tuotannonohjausprosessien kartoitusta ja tuotantoinformaation hallintaa ISA-95 standardin mukaisesti. Luvussa 5.2 käsitellään MES- ja APS-järjestelmävaatimusten kartoittamista kohdeyrityksessä ja luvussa 5.3 käsitellään MES- ja APS-järjestelmien vertailuanalyysia ja järjestelmien short-listausta esiselvitys- / pilottivaiheeseen.

4.4 MES- ja APS-projektitiimin kokoaminen

MES- ja APS-projektin ensimmäisenä vaiheena on projektitiimin kokoaminen. Projektitiimiin otettiin mukaan henkilöitä usealta eri organisaation hierarkiatasolta, kuin myös eri tehtäväalueilta saman hierarkiataason sisältä. MES- ja APS-projektitiimi muodostettiin ydintiimistä ja laajemmasta tiimistä. Syynä kaksijakoiseen tiiminmuodostukseen on osittain parempi kommunikaation tehokkuus, jolloin olennaisimmat ja tärkeimmät päätökset ja aiheet käsiteltiin ydintiimissä.

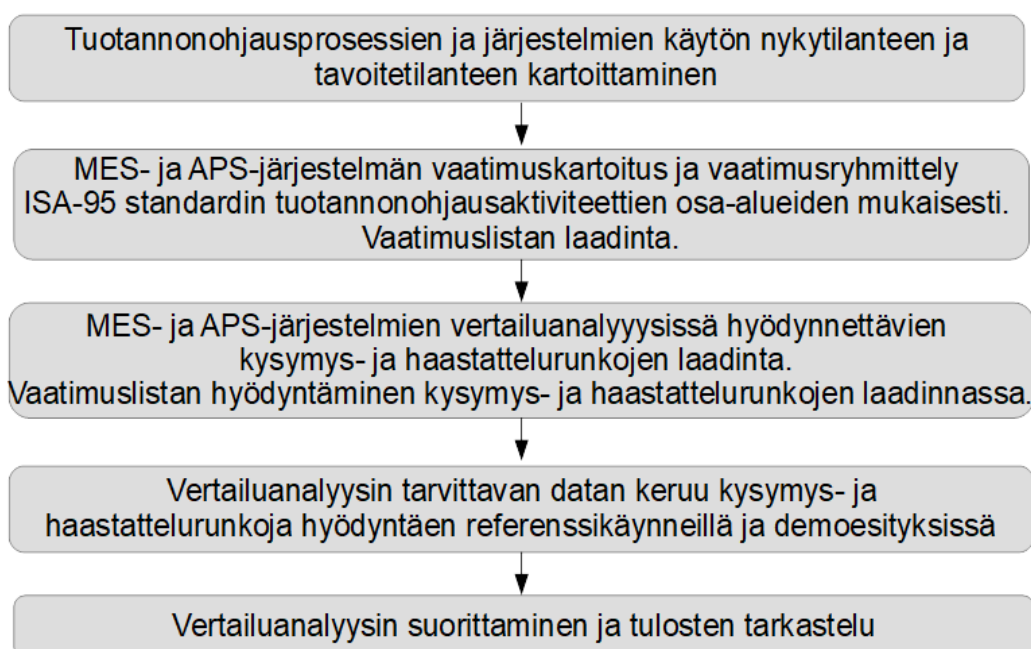
Projektin ydintiimi koostuu projektipäällikön lisäksi organisaation tuotanto- ja hankinta-johtajasta, laatu- ja kehitysjohtajasta, Jalasjärven tehtaan tehdaspäälliköstä sekä tuotannon kehitysinsinööristä. Erityisesti projektin alkuvaiheita käsiteltiin tiiviissä yhteistyössä projektin ydintiimissä, jolloin asioiden käsitteleminen ja kommunikointi oli tehokasta. Ydintiimin työpanos keskittyi enemmän alkukartoitukseen, MES- ja APS-järjestelmä-kandidaattien vertailuun ja investointiehdotuksen muodostamiseen.

Projektin laajempi tiimi koostuu ydintiimin lisäksi marine- ja rakennusliiketoiminnan tuotannon työnjohtajista, hankinnasta ja järjestelmäpuolen kehitysinsinööristä. Projektin laajemmassa tiimissä käsiteltiin tuotannon kartoitusvaiheessa nykyisiä toimintatapoja ja

käytäntöjä. Erityisesti tuotannon hallinnan ja tuotannonohjauksen kipupisteitä ja vaukuksia pyrittiin havaitsemaan tuotannon kartoitusvaiheessa.

4.5 Kohdeyrityksessä suoritettavan tuotannonohjausprosessien kartoituksen, MES- ja APS-järjestelmien vaatimusten kartoituksen sekä vertailuanalyysin prosessit

Tässä alaluvussa esitellään kohdeyrityksessä suoritettavan tuotannonohjausprosessien kartoituksen, MES- ja APS-järjestelmien vaatimusten kartoituksen sekä vertailuanalyysin prosessit. Tässä alaluvussa esitellyt prosessit perustuvat tämän työn luvuissa 2 ja 3 läpikäytyyn teoriaan. Seuraavassa kuvassa 31 on esitettynä kohdeyrityksessä suoritettavan tuotannonohjausprosessien kartoituksen, MES- ja APS-järjestelmien vaatimuskartoituksen sekä vertailuanalyysin prosessit.



Kuva 31. Kohdeyrityksessä suoritettavan tuotannonohjausprosessien ja järjestelmien käytön nykytilanteen ja tavoitetilanteen kartoituksen, MES- ja APS-järjestelmän vaatimuskartoituksen sekä vertailuanalyysin prosessi

Kohdeyrityksessä suoritettujen tuotannonohjausprosessien ja järjestelmien käytön nyky- ja tavoitetilanteen kartoittaminen suoritettiin ensimmäiseksi projektitiimin kokoamisen jälkeen. Tuotannonohjausprosesseja ja järjestelmien käyttöä läpikäytiin useilla palavereilla laajan projektitiimin jäsenten kesken ISA-95 standardin kolmannessa osiossa esitetyn mallin mukaisesti. Läpikäynneissä käsiteltiin kaikki tuotantoinformaation välityksen osa-alueet, jotka ovat esiteltynä teoriatasolla luvussa 3.2. Alaluvuissa 5.1.1–5.1.8 on läpikäyty tarkemmin tuotannonohjausprosessien ja järjestelmien käytön nyky- ja tavoitetilanteen kartoittamisen tulokset kohdeyrityksessä.

Tuotannonohjausprosessien ja järjestelmien käytön nyky- ja tavoitetilanteen kartoittamisen jälkeen suoritettiin kohdeyrityksessä MES- ja APS-järjestelmän vaatimuskartoitus. Vaatimuskartoitusvaiheessa hyödynnettiin myös ISA-95 standardin kolmannessa osiossa esitettyä mallia, jonka perusteella MES- ja APS-järjestelmien vaatimusryhmittely ja vaatimuskartoitus suoritettiin ISA-95 standardin tuotannonohjausaktiviteettien osa-alueiden mukaisesti. Vaatimukset ryhmiteltiin seitsemään eri ryhmään standardin mallin mukaisesti:

- Tuotemäärittelyn hallinta
- Tuotannon resurssienhallinta
- Tarkka tuotannon aikataulutus
- Tuotannon käskytyks ja suorittamisen hallinta (yhdistettiin kaksi osa-aluetta samaan ryhmään)
- Tuotantoinformaation keruu
- Tuotannon seuranta
- Tuotannon suorituskyvyn analyysi

Jokaiseen vaatimusryhmään kirjattiin laajalla projektiryhmällä järjestetyissä läpikäyneissä vaatimuksia, jotka MES- ja APS-järjestelmän tulisi täyttää. Kun kaikki vaatimukset saatiin kirjattua kuhunkin vaatimusryhmään, arvioitiin kunkin vaatimuksen tärkeys kohdeyritykselle. Vaatimusten tärkeys kirjattiin kolmitasoisesti:

- 1 piste: (hyödyllinen, mutta ei kriittinen ominaisuus)
- 2 pistettä: (ominaisuus, jota tarvitaan)
- 3 pistettä: (kriittinen ja pakollinen ominaisuus)

Vaatimuskartoituksessa listattujen vaatimusten toteutumisen selvittämiseksi laadittiin seuraavassa vaiheessa kysymys- ja haastattelurungot, joita hyödynnettiin MES- ja APS-järjestelmien vertailuanalyysivaiheessa. Vertailuanalyysiä varten laadittiin kysymys- ja haastattelurungot erikseen järjestelmädemoja ja referenssikäyntejä varten, kuten on esitetty myös tämän työn teoriaosuudessa luvussa 3.3.2. Yhtenäisellä kysymysten ja asioiden selvittämisellä kunkin järjestelmätoimittajan ja niiden referenssiasiakkaiden kanssa saatiin selvitettyä monipuolisesti ja tasaisesti kunkin järjestelmän kyvykkyys ja soveltuvuus kohdeyrityksen tarpeisiin. Kaikilla laadituilla kysymyksillä ja vaatimuksilla ei ole suoraa vastaavuutta, vaan kysymyksillä on selvitetty järjestelmän toimintaa myös niiltä osin, mitä vaatimuksissa ei ole erikseen määritelty. Järjestelmädemoissa ja referenssikäynneillä esitettyjen kysymysten ja niistä saatujen vastausten painoarvo vertailuanalyysissä oli tasavertainen. Osat järjestelmädemolle ja referenssikäynnille laadituista kysymyksistä olivat samoja ja kohdistuvat samoihin kohdeyrityksessä asetettuihin vaatimuksiin. Näillä kysymyksillä oli erityisen suuri painoarvo niissä tapauksissa, missä järjestelmätoimittajan ja järjestelmää käyttävien vastaukset eriytyivät. Näissä tapauksissa

järjestelmätoimittajalta pyydettiin tarkempaa selvitystä kyseisen toiminnon / ominaisuuden toimivuudesta.

Syitä siihen, miksi laadittiin kahdet erilliset kysymys- ja haastattelurungot referenssikäynneille ja järjestelmädemoille on kaksi. Ensinnäkin, järjestelmädemoissa keskitytään pääasiassa MES- ja APS-järjestelmän ominaisuuksien selvittämiseen. Referenssikäynneillä keskitytään ominaisuuksien selvittämisen lisäksi myös käyttöönottoprojektin sujumisen, mahdollisten ongelmien ja kehityskohteiden havaitsemiseen, sillä näitä asioita ei järjestelmädemotilaisuuksissa todennäköisesti saada selvitettyä. Jos niitä saadaankin selvitettyä myös järjestelmädemossa, niiden luotettavuus on vain järjestelmätoimittajan kertomusten varassa. Toisekseen, kysymys- ja haastattelurungot laadittiin järjestelmädemoja varten strukturoiduiksi ja referenssikäyntejä varten strukturoimattomiksi. Syynä tähän oli se, että avointen kysymysten esittäminen järjestelmädemoissa esim. ominaisuuksista tai toteutustavoista johtaisi liian usein ”on toteutettavissa kehitystyöllä” ym. vastaavanlaisiin vastauksiin. Sen sijaan järjestelmädemoissa haluttiin konkreettisesti nähdä ja todentaa tarvittavien ominaisuuksien toiminta käytännössä yksinkertaisiin suljettuihin kysymyksiin vastaamisilla. Suljetut kysymykset tulee olla tarkoin määriteltyjä ja yksityiskohtaisia, jotta ne olisivat hyödyllisiä järjestelmien vertailuanalyysissä. Tämä on huomioitava kysymysrunkoja laadittaessa erityisesti järjestelmätoimittajan kanssa käytäviin järjestelmädemoihin ja keskusteluihin. Suljettujen kysymysten avulla saatiin selvitettyä järjestelmäominaisuuksien tilanne kunkin järjestelmän kohdalla. Strukturoimattomien eli avointen kysymysten esittäminen referenssikäynneillä sen sijaan oli luontevampaa, sillä tällöin käytiin avoimemmin keskustelua järjestelmän ominaisuuksista, sen hyvistä puolista ja kehityskohteista, ilman erityistä puolueellisuutta järjestelmän suhteen.

Vertailuanalyysissä kirjattiin kunkin vaatimuksen kohdalta, pystytäänkö järjestelmällä toteuttamaan vaatimus. Vaatimuksen toteutuskelpoisuus kirjattiin kolmitasoisesti:

- 1 piste: (Ei täytä vaatimusta, eikä toteutettavissa lyhyellä aikavälillä)
- 2 pistettä: (Ei täytä suoraan vaatimusta, mutta toteutettavissa kehitystyöllä lyhyen aikavälin sisällä)
- 3 pistettä: (Täyttää vaatimuksen)

Edellä mainitun pisteytyksen lisäksi vertailuanalyysissä laskettiin painotetut pisteet kunkin vaatimuksen kohdalta kertoen pistemäärä sillä painokertoimella, mitä vaatimusmäärittelyssä määritettiin tärkeysasteeksi (asteikolla 1-3). Minimissään järjestelmä voi saada vaatimuskohtaisesti siis yhden (1*1) pisteen ja maksimissaan yhdeksän (3*3) pistettä.

5. TUOTANNONOHJAUSPROSESSI- JA VAATIMUSKARTOITUKSEN SEKÄ VERTAILUANALYYSIN TULOKSET KOHDEYRITYKSESSÄ

Tässä luvussa käsitellään Koja Oy:llä suoritetun tuotannonohjausprosessien ja siinä hyödynnettävien järjestelmien käytön nykytilan ja tavoitetilan kartoituksen, MES- ja APS-järjestelmien vaatimuskartoituksen sekä vertailuanalyysin tuloksia. Luvussa 5.1 käsitellään kohdeyrityksen tuotannonohjausprosesseja ja niissä hyödynnettävien järjestelmien käytön nykytilan ja tavoitetilan kartoituksen tuloksia. Luvussa 5.2 perehdytään Koja Oy:llä suoritetun vaatimuskartoituksen tuloksiin. Luvussa 5.3 perehdytään eri MES- ja APS-järjestelmien vertailuanalyysin tuloksiin.

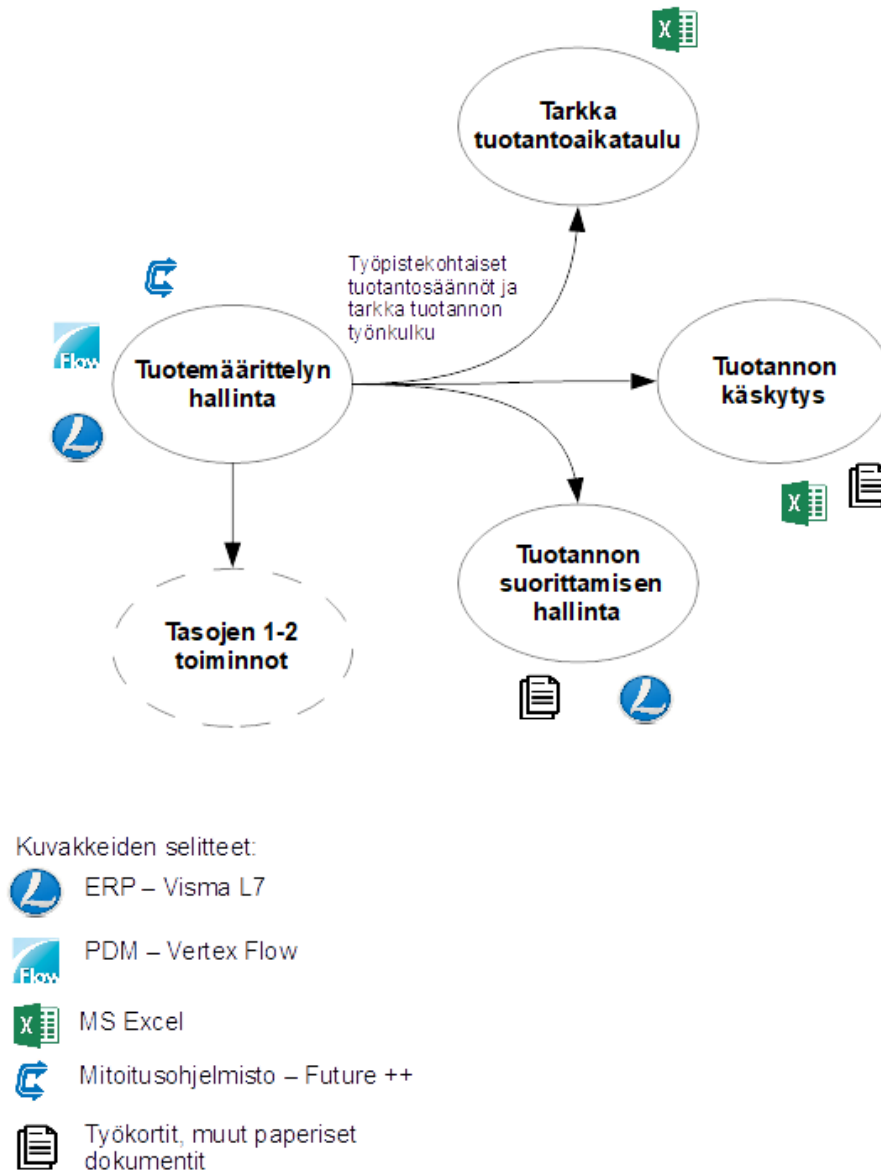
5.1 Kohdeyrityksen tuotannonohjauksen ja siinä hyödynnettävien järjestelmien käytön nykytilan ja tavoitetilan kartoituksen tulokset

Tämän luvun alaluvuissa käsitellään kohdeyrityksen tuotannonohjausprosessien ja niissä hyödynnettävien järjestelmien käytön nykytilan ja tavoitetilanteen kartoituksen tuloksia. Prosessit ja järjestelmien käytöt on kartoitettu kahdeksassa osassa ISA-95 standardien valmistusoperaatioiden hallinnan aktiviteettien mukaisesti, kuten on esitetty aiemmin luvussa 4.5. Seuraavissa alaluvuissa 5.1.1–5.1.8 esitellään tulokset läpikäynneissä havaituista asioista. Seuraavaan kuvaan 32 on koottu, mitä järjestelmiä missäkin kohdeyrityksen tuotannonohjausprosessin vaiheessa käytetään nykyhetkellä.

5.1.1 Tuotemäärittelyn hallinta kohdeyrityksessä

Koja Oy:n tuotemäärittelyn hallinta on jakautunut kahteen osaan marine-liiketoiminnan ja rakennusliiketoiminnan eriytyvien toimintatapojen takia. Marine-liiketoiminnassa tuotedata muodostuu alustavasti moduuli- ja toimintotasolla mitoitusohjelmalla. Mitoitusohjelman ajon jälkeen tarkka tuoterakenne mallinetaan PDM-järjestelmällä, josta tuote ja sen rakenne siirtyy automaattisiirrolla ERP-järjestelmään. ERP-järjestelmään siirretyn tiedon perusteella ilmanvaihtolaitteet voidaan valmistaa tuotannossa. ERP-järjestelmän tietojen lisäksi mitoitusohjelmalla laaditut mittakuvat ja mittatiedot ovat myös hyödyllisiä ja tarpeellisia, joten tuotanto tulostaa myös ne valmistuksen tueksi. Mittakuvat ja mittatiedot on tallennettuna M-Files dokumenttienhallintajärjestelmään, josta ne ovat tulostettavissa. Sama mittakuvien ja mittatietojen tarve valmistuksessa on myös rakennusliiketoiminnan tuotannolla.

Rakennusliiketoiminnassa valmistettavan laitteen tiedot saadaan sekä mitoitusohjelmasta että ERP-järjestelmästä. ERP:ssä on kirjattuna ostokomponentit, mitoitusohjelmasta saadaan tarkat ja yksityiskohtaiset valmistettavan laitteen tiedot. Mitoitusohjelmasta ladataan myös koneen piirustukset valmistukselle. Rakennusliiketoiminnassa valmistettavat ilmanvaihtolaitteet ovat hyvin konfiguraatiopohjaisia, eivätkä ne vaadi pääosassa erillistä suunnittelua, kuten marine-liiketoiminnassa. Tämä on myös yksi syy sille, miksi tuotemäärittelyä toteutetaan eri tavalla marine- ja rakennusliiketoimintojen välillä. Kojan tuotemäärittelyinformaation hallinta on esitetty seuraavassa kuvassa 33.



Kuva 33. Tuotemäärittelyinformaation hallinta Koja Oy:llä

Marineliiketoiminnan ja rakennusliiketoiminnan eriävistä tuotemäärittelyyn liittyvistä toimintatavoista pyritään pääsemään eroon ottamalla jatkossa myös rakennusliiketoiminnassa käyttöön PDM-järjestelmän hyödyntäminen tarkkojen tuoterakenteiden saamiseksi. Yhtenäinen tuotetiedonhallinta mahdollistaa myös MES- ja APS-järjestelmän helpomman käyttöönoton, sillä eriäville tuotetiedonhallintatavoille ei tarvitse luoda eriäviä räätälöityjä järjestelmäratkaisuja.

Paperisista työkorteista on pyritty pääsemään eroon hyödyntämällä työkorttien talletusta M-Files dokumenttienhallintajärjestelmään, josta tuotannon henkilöstö voisi hakea työkortit suoraan päätelaitteella (PC:llä tai tabletilla). Hetken aikaa tuotantoa pyrittiin ohjaamaan paperittomilla työkorteilla, mutta haasteeksi muodostui silloinen vähäinen digitaalisten päätelaitteiden määrä tuotannossa ja pienet tekniset haasteet järjestelmien toi-

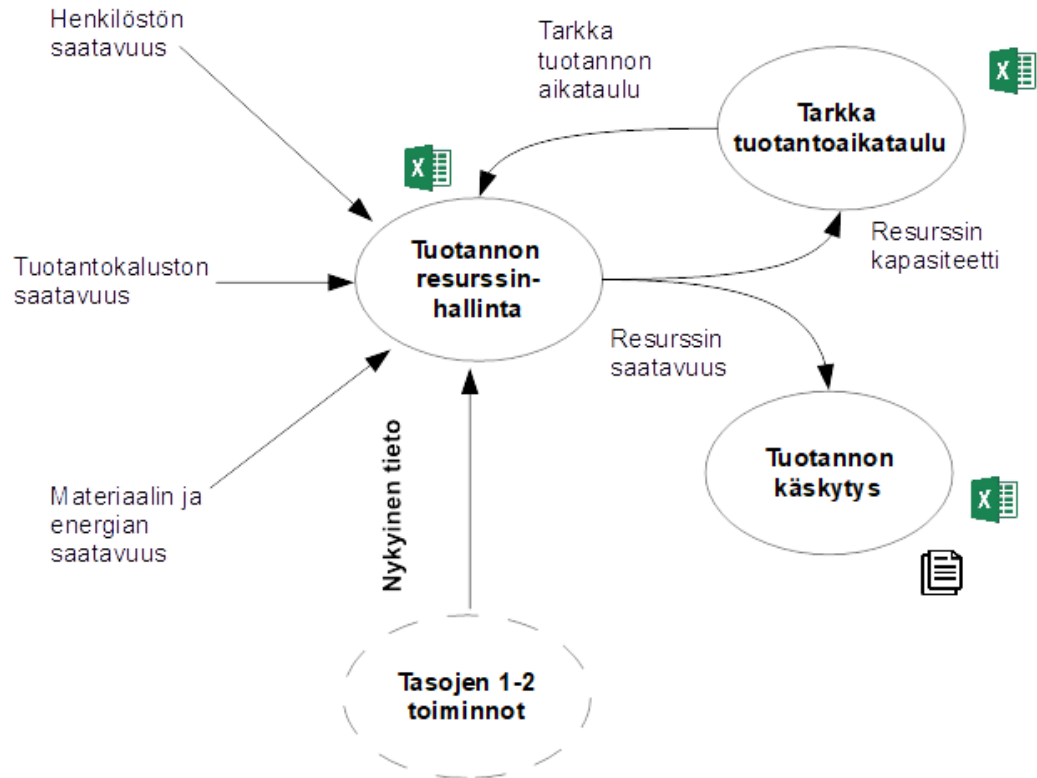
mivuudessa ja käytössä. Tavoitteena on, että tulevalla implementoitavalla MES-järjestelmällä hallittaisiin työkortteja ja niiden hyödyntämistä, jolloin paperisista työkorkeista voitaisiin luopua tuotannossa.

5.1.2 Tuotannon resurssienhallinta kohdeyrityksessä

Tuotannon resurssienhallintaa suoritetaan tällä hetkellä eri MS Excel –sovelluksen taulukoiden avulla. Suurimpana haasteena on rakennusliiketoiminnan suuren ilmanvaihtolaitteiden toimitusmäärän hallinta tuotannossa. Tuotantoresurssien karkea hallinta toteutetaan MS Excel -taulukolla, jossa on merkittynä henkilöstöresurssin ja siitä johdettavissa oleva tuotantokapasiteetin karkea määrä viikoittain. Haasteena rakennusliiketoiminnan valmistuksella on usein muuttuvat laitteiden toimituspäivämäärät, jonka johdosta MS Excel –taulukoiden käyttöön on päädytty. Taulukossa toimituspäivämäärien muuttaminen on helppoa ja nopeaa verrattuna ERP-järjestelmässä tehtäviin muutoksiin. Tämän lisäksi MS Excel –taulukossa suoritetaan samalla tuotannon karkeakuormitus. Haasteena on, että MS Excel –taulukoiden tiedot eivät ole reaaliajassa kaikkien käytettävissä, vaan toimituspäivämäärien muutostiedot tulevat pienellä viiveellä työnjohdon tietoon.

RIR-liiketoiminnassa myynti suorittaa myynnin tekohetkellä toimitusviikon varauksen suorittamalleen myynnilleen, jonka perusteella viikoittainen ilmanvaihtolaitteiden toimitusmäärä on tiedossa ennen hienokuormitusta. Tuotannon resursointi tasapainotetaan viikoittaisen toimitettavien ilmanvaihtolaitteiden moduulien sekä käytettävissä olevan tuotannon työntekijöiden määrän mukaan.

Marine-liiketoiminnassa ilmanvaihtolaitteiden toimitukset sovitaan laivakohtaisesti kerrallaan, jolloin marine-liiketoiminnan ilmanvaihtolaitteiden alustavat toimitusaikataulut ovat tiedossa jo kuukausia etukäteen. Tarkkaa valmistettavien ilmanvaihtolaitteiden tuotespesifikaatioita ja mittatietoja ei sen sijaan ole tässä vaiheessa tiedossa vaan ne tarkentuvat valmistuspäivämäärän lähestyessä. Haasteena marine-liiketoiminnassa ovat valmistettavien ilmanvaihtolaitteiden usein muuttuvat tuotespesifikaatiot ja mitoitustiedot. Edellä mainittuja muutoksia ilmenee usein hyvinkin lähellä valmistusajankohtaa. Kojan tuotannon resurssienhallintainformaation hallinnan nykytila on esitetty seuraavassa kuvassa 34.



Kuvakkeiden selitteet:



ERP – Visma L7



PDM – Vertex Flow



MS Excel



Mitoitusohjelmisto – Future ++



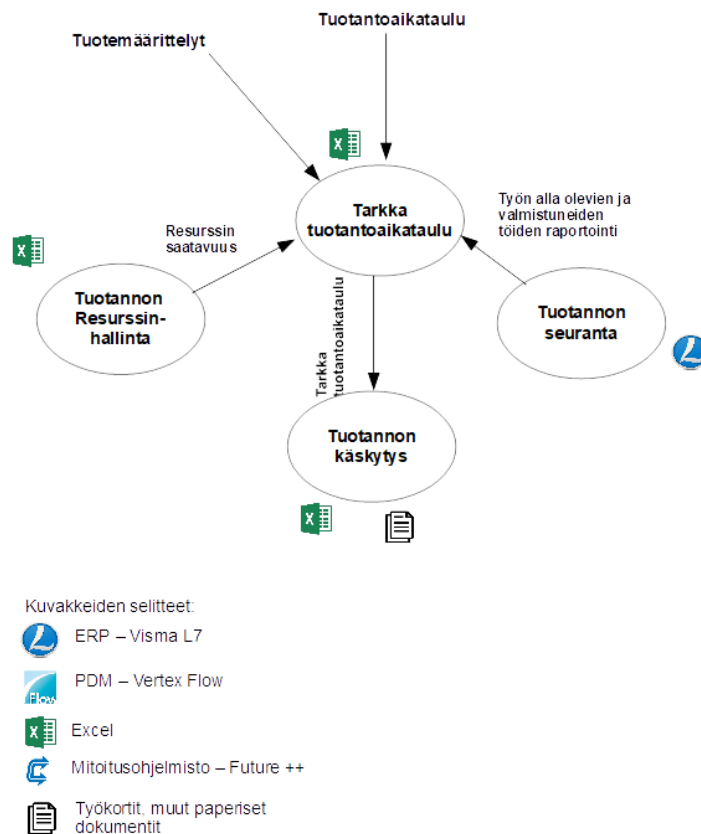
Työkortit, muut paperiset dokumentit

Kuva 34. Kojan tuotannon resurssienhallintainformaation hallinnan nykytila

Tavoitetilanteena on MES- APS-järjestelmäimplementaation myötä, että tuotannon henkilöstö- ja työvaihekohtainen resurssienhallinta suoritettaisiin APS-järjestelmässä. Reaaliaikaisella ja helpolla resurssienhallinnalla tuotannon työkuormaa on helpompi ja tarkempi jakaa tuleville päville ja viikoille, kun tarkka henkilöstökapasiteetti on tiedossa. Tämä johtaa tarkempiin ja realistisempiin tuotannon valmistusaikatauluihin. Valmistuslaitteiden resurssienhallintaa voitaisiin myös mahdollisesti suorittaa APS-järjestelmällä integroimalla valmistuslaitteiden tietojärjestelmiä APS-järjestelmään. Kojalla erityisesti levytyöstökeskuksen integraatio mahdollisen käyttöönotettavan APS-järjestelmän kanssa on yksi potentiaalinen kohde.

5.1.3 Tarkka tuotantoaikataulu kohdeyrityksessä

Tarkka tuotannon aikataulutus suoritetaan tällä hetkellä Kojalla päivän tarkkuudella. Marine- ja rakennusliiketoiminnalla on erilliset tuotannon aikataulusta varten tehdyt MS Excel –taulukot, jotka toimivat myös resurssienhallinnan työkaluina, joista on mainittu luvussa 5.1.2. Sekä marine- että rakennusliiketoiminnan valmistuksella molemmilla tuotannon ohjauspisteenä ja samalla pullonkaulana toimii loppukokoonpano. Tämän vuoksi loppukokoonpanoa aikaisemmat valmistusvaiheet eivät varsinaisesti vaadi tarkkaa tuotantoaikataulua, joissa on sekä marine- että rakennusliiketoiminnan valmistusaikataulut synkronoituna. Sen sijaan tärkeintä on, että loppukokoonpanoa edeltävillä valmistusosuilla ja Kojan sisäisellä patteritehtaalla on ajantasainen tieto lähitulevaisuudessa valmistettavista töistä, jotta loppukokoonpanoille voidaan valmistaa ajoissa niiden tarvitsemat puolivalmisteet. Seuraavassa kuvassa 35 on esitetty Koja Oy:n tarkkan tuotannon aikataulutusinformaation hallinnan nykytila.



Kuva 35. Koja Oy:n tarkkan tuotannon aikataulutusinformaation hallinnan nykytila

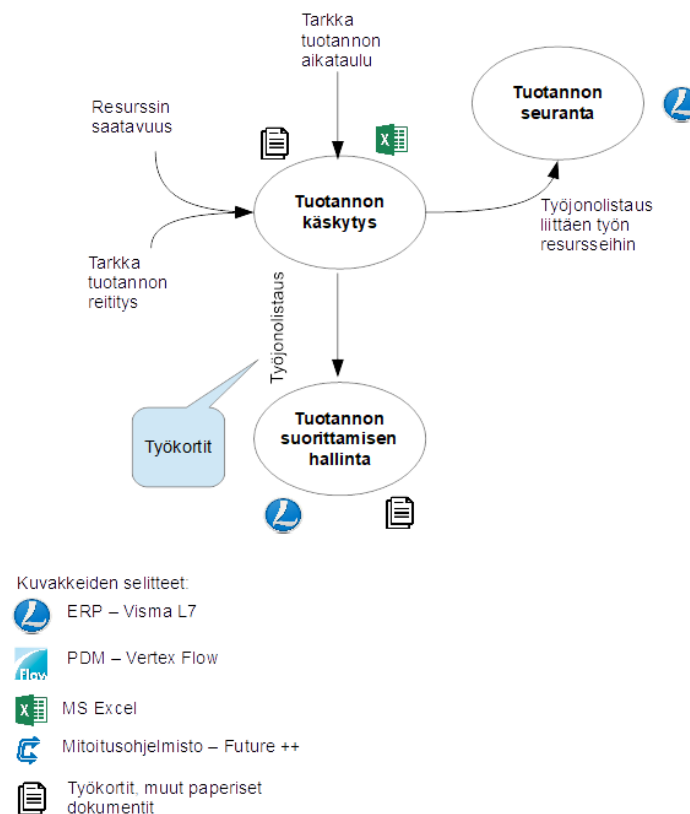
Tavoitteena on, että MES- ja APS-järjestelmäimplementaation myötä tuotannon aikataulutus suoritettaisiin keskitetysti niin marine-liiketoiminnan kuin myös rakennusliiketoiminnan osalta APS-järjestelmässä. Tällöin tuotantoaikataulut sijaitsisivat samassa järjes-

telmässä kaikkien sitä tarvitsevien nähtävillä reaaliajassa. Tällöin tuotannon loppukokoonpanoon puolivalmisteita tuottavien valmistussolujen ja patteritehtaan tuotantoaikataulujen synkronointi loppukokoonpanon kanssa olisi hallitumpaa.

5.1.4 Tuotannon käskytyksessä kohdeyrityksessä

Tuotannon käskytyksessä suoritetaan sekä marine-liiketoiminnan että rakennusliiketoiminnan valmistuksessa paperisten työkorttien kautta. Tuotannon työntekijät saavat paperisilla työkorteilla valmistustietoa valmistettavasta laitteesta. Työkorteista nähdään ainakin oleelliset ostokomponentit, joita valmistettavaan laitteeseen tulee asentaa. Marine-liiketoiminnassa on paperisten työkorttien lisäksi työpisteiden lähettyvillä lähiaikana valmistettavien laitteiden valmistusaikataulu ja -järjestys. Marine valmistuksessa pidetään myös säännöllisesti aamuisin tuotantoinfo, josta selviää viimeisin tieto valmistettavista laitteista.

Työjonoa eli valmistusjärjestystä hallitaan joko työnjohtajan antaman työnolistausten mukaisesti tai asettamalla töitä fyysisesti valmistusjärjestykseen tuotannon lattiatasolle. Näin toimitaan esimerkiksi, kun levytyöstökeskuksesta valmistuneet levyt kootaan paneeleiksi. Paneelikokoonpanon jälkeen paneelit siirretään tuotannon lattialle tiettyyn järjestykseen välivarastoon odottamaan moduulikokoonpanoa. Seuraavassa kuvassa 36 on esitetty Koja Oy:n tuotannon käskytyksinformaation hallinnan nykytila.



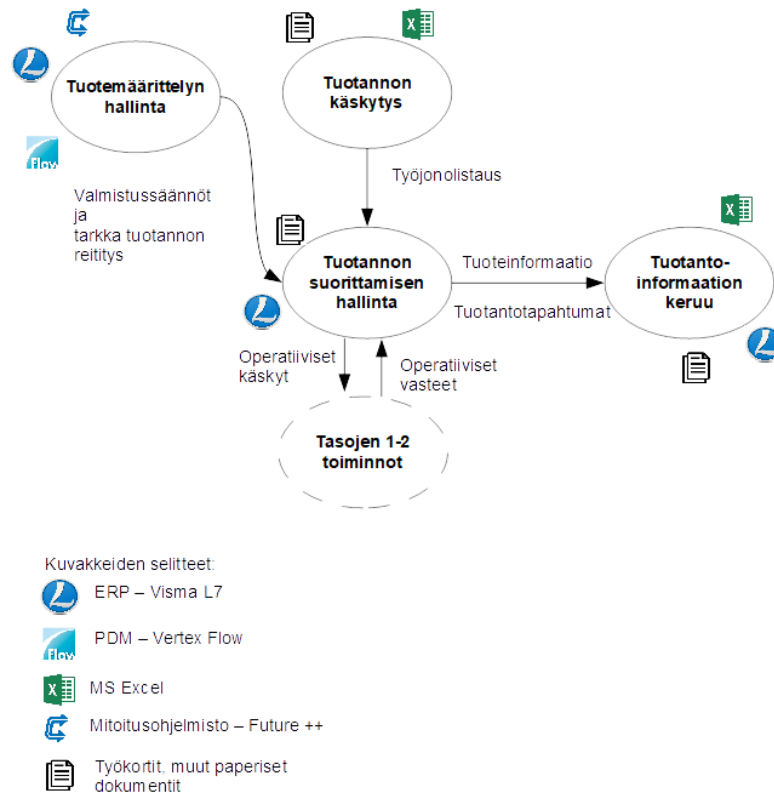
Kuva 36. Koja Oy:n tuotannon käskytyksinformaation hallinnan nykytilanne

Kojan tavoitteena on, että MES- ja APS-järjestelmäimplementaation myötä Jalasjärven tehtaalla pystyttäisiin reaaliaikaisesti hallitsemaan työjonoja ja muuttamaan tarpeen vaatiessa työjärjestystä. Tällöin aikaa kuluttava työjärjestyksen tehon selvittäminen ja muuttaminen lattiatasolla saataisiin poistettua. Sama pätee myös tilauskohtaisiin tai tilauksen vaihekohtaisiin informaatioihin, joita työnjohto saattaa jakaa kirjaamalla huomioita paperisille työkorteille. Digitaalisen MES-järjestelmän kautta työnjohto pystyisi kätevästi kirjaamaan erityishuomiot tiettyyn tilaukseen liittyen. Vastaavasti myös tuotannon henkilöstö pystyisi kirjaamaan erityishuomiot liittyen valmistettavaan laitteeseen, jolloin huomiot tulee kirjattua suoraan digitaaliseen muotoon.

5.1.5 Tuotannon suorittamisen hallinta kohdeyrityksessä

Kun tuotannon tietty valmistusvaihe on saatu valmiiksi, kirjataan suoritettu vaihe valmiiksi ERP-järjestelmään. Osalle vaiheista asetetaan kirjauksessa myös työvaiheeseen käytetyt työtunnit, osalle työtunteja ei kirjata. Tuotannon työvaiheisiin käytettyjen työtuntien merkintä ja merkintöjen tarkkuus riippuu useasta tekijästä: kirjattava työvaihe, liiketoiminta (marine-liiketoiminta vai rakennusliiketoiminta), kirjaaja sekä ongelmatilanteiden määrä ja niistä syntyvä hukka-aika. Kirjattava vaihe saattaa olla osassa tuotantoa erittäin lyhyt (esimerkiksi profiilien sahaus, jossa osa vakiomittaisista profiileista sahataan jo ennakkoon), jolloin tilauksen työvaihekohtainen työtuntikirjaus on paljon aikaa vievää. Osa työtunteja kirjaavista saattavat merkitä tarkemmin työtunteja ja kohdistaa niitä tarkemmin tietyille tilauksille kuin toiset. Ongelmatilanteet ja mahdolliset lisätyöt (rework) tuotannossa hankaloittavat myös tarkkoja työvaihekohtaisia työtuntikirjauksia, koska uudelleentyö saattaa työllistää useita aikaisempia vaiheita ja näin ollen uudelleentyön tarkka tuntikirjaus on haastavaa.

Tuotanto kirjaa käytettyjen materiaalien osalta pääasiassa vain käytetyt ostokomponentit, sillä vain ne ovat tällä hetkellä täydellisinä tietoina työkorteilla. Muita materiaalitietoja on lähitulevaisuudessa tarkoitus myös kirjata kulutetuiksi, kun PDM-ERP –projektin myötä saadaan siirrettyä täydellisemmät valmistusrakenteet ERP-järjestelmään. Seuraavassa kuvassa 37 on esitetty Koja Oy:n tuotannon suorittamisen hallinnan informaation hallinnan nykytila.

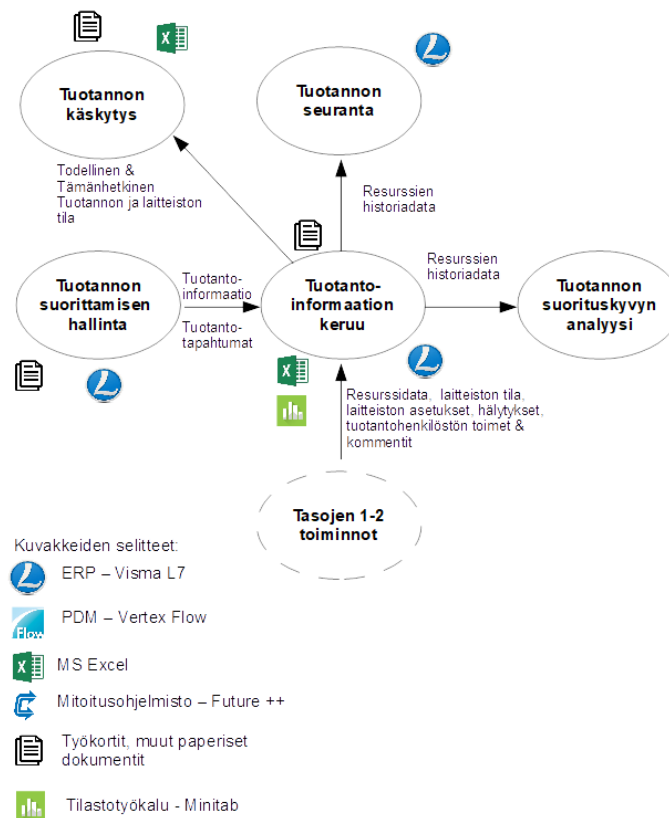


Kuva 37. Koja Oy:n tuotannon suorittamisen hallinnan informaation hallinnan nykytilanne

Kojan tavoitteena on, että MES- ja APS-järjestelmäimplementaation myötä tuotannon työvaiheiden aloitus-, keskeytys- ja lopetuskirjaukset tehtäisiin suoraan MES-järjestelmään. MES-järjestelmän tulisi laskea automaattisesti töihin käytetyt ajat aloitus- ja lopetuskuitausten perusteella, jolloin saataisiin kirjattua automaattisesti työntekijä- ja tilauskohtaisesti töihin käytetyt ajat. Ostokomponenttietojen ja muiden materiaalien käyttöjen kirjaamiset tulitisiin myös suorittamaan suoraan MES-järjestelmän kautta. Ostokomponentit ja materiaalit kirjattaisiin jo varastosta otettaessa, jolloin voidaan suoraan kirjata mahdollisia materiaaliuutoksia (esimerkiksi vastaava, korvaava ostokomponentti), jolloin materiaalisaldotiedot säilyisivät ajantasaisena. Koja Oy:llä on harkittu myös erillisen varastohallintajärjestelmän hankintaa, joten edellä esitettyä materiaalien kirjausta suoritettaisiin tulevaisuudessa mahdollisesti varastohallintajärjestelmän kautta MES-järjestelmän sijaan.

5.1.6 Tuotantoinformaation keruu kohdeyrityksessä

Tuotantoinformaatiota kerätään tuotannossa suoritetuista työvaiheista ja niihin käytetyistä työajoista. Laatumerkintöjä kirjataan työpisteillä sijaitseviin laatutauluihin sekä laatutapahtumia kirjataan myös ajoittain ERP-järjestelmään laatutapahtuman liittyessä toimittajan laatuongelmiin. Kojalla käytössä olevasta levytyöstökeskuksesta saadaan tuotantodataa kattavasti, mutta datan tulkitseminen vaatii paljon asiantuntemusta. Tällä hetkellä levytyöstökeskuksesta saatavaa dataa ei kerätä ja analysoida. Kojalla on tällä hetkellä käynnissä projekti yhteistyössä levytyöstökeskuksen valmistajan kanssa, jossa seurataan koneiden käytettävyyttä ja teknistä kuntoa etädiagnostiikan ja kuukausittain ajettavan koeajon perusteella. Seuraavassa kuvassa 38 on esitetty Kojan Oy:n tuotantoinformaation keruun nykytilanne.

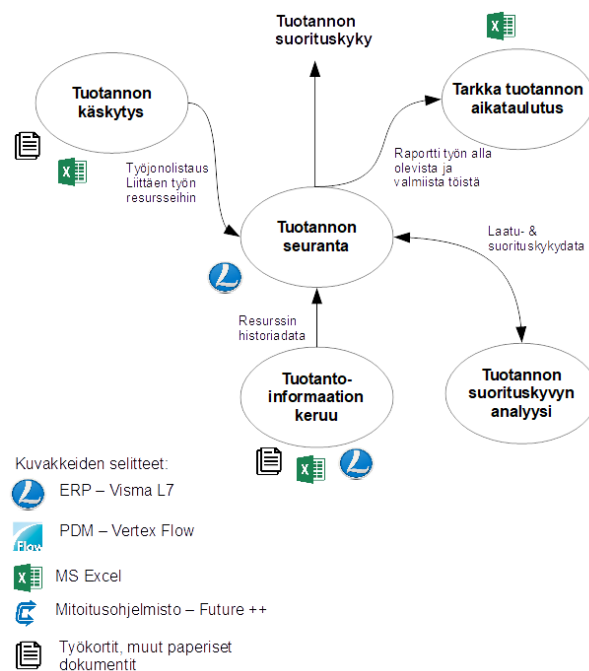


Kuva 38. Kojan Oy:n tuotantoinformaation keruun nykytilanne

Tavoitteena Kojalla on MES- ja APS-järjestelmäimplementaation myötä, että tuotanto pystyisi kirjaamaan tarkemmin töihin kirjattuja tunteja, tuotteen valmistamiseen liittyviä kommentteja, tuotteen seurantaan liittyviä tietoja sekä laatutietoja. Erityisesti tavoitteena on, että nämä aikaisemmin mainitut tiedot voitaisiin kirjata suoraan digitaaliseen järjestelmään, jolloin säästyttyäisiin manuaaliselta tiedonsiirtotyöltä, jossa informaatiota siirretään paperisesta muodosta digitaaliseen muotoon.

5.1.7 Tuotannon seuranta kohdeyrityksessä

Tuotannon seuranta suoritetaan tällä hetkellä pääasiassa läpikävelemällä tuotannossa ja seuraamalla fyysisesti töiden kulkua. Työvaiheiden etenemistä voidaan seurata karkeasti myös ERP-järjestelmästä suoritettujen työvaiheiden perusteella. ERP-järjestelmästä nähdään kunkin tilauksen jokaisen työvaiheen tila. Valmistettavan laitteen työn alla oleva työvaihe voidaan siis päätellä viimeisimmästä valmiista työvaiheesta, joka on kirjattuna ERP-järjestelmään. Tuotantotilanteen kokonaisuuden hahmottaminen pelkän ERP-järjestelmän avulla on kuitenkin haastavaa, koska tuotantotilannetta ei pystytä kätevästi ja helposti seuraamaan sen huonon käyttöliittymän takia. Seuraavassa kuvassa 39 on esitetty Koja Oy:n tuotannon seurannan informaation hallinnan nykytilanne.



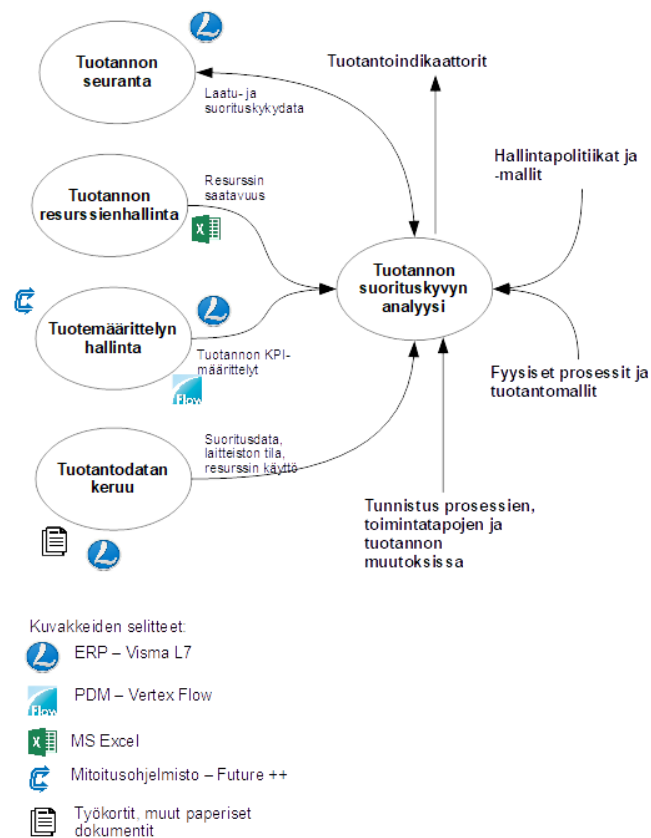
Kuva 39. Koja Oy:n tuotannon seurannan informaation hallinnan nykytilanne

Tavoitteena Koja Oy:llä on, että MES-järjestelmäimplementaation myötä työnjohto ja myös muut sisäiset sidosryhmät työnjohdon lisäksi pystyisivät seuraamaan reaaliajassa tuotteiden valmistuksen etenemistä. Tällöin reaaliaikainen informaatio olisi kaikkien saatavilla, jolloin valmistusaikataulun ja valmistuksen nykytilanteen varmistus voidaan tarkistaa reaaliaikaisesti MES-järjestelmästä.

5.1.8 Tuotannon suorituskyvyn analyysi kohdeyrityksessä

Tällä hetkellä laitekohtaisia valmistusaikoja ei seurata tai analysoida tuotantoinformaation perusteella. Syynä tässä on osittain puutteellinen ja epätarkka työvaiheiden tuntien kirjaus, kuten on luvussa 5.1.5 esitetty. Osalle työvaiheista tunteja kirjataan ja osalle ei.

Toinen syy on, että tuotannon suorituskyvyn analyysille ei ole tähän mennessä nähty kriittistä tarvetta. Koja Oy:llä ei myöskään ole kattavasti hyödynnetty erillisiä raportointi- ja analysointityökaluja tuotannon suorituskyvyn mittaamiseen ja analysointiin. ERP-järjestelmästä tuotantodataa on vietävissä ulos järjestelmästä, jossa tuotannon suorituskykyä voidaan analysoida, mutta analysointityökaluja ei ole otettu käyttöön. Myös nykyisissä käytössä olevista tuotannon aikataulutukseen laadituista MS Excel –taulukoista voitaisiin tehdä karkeata analyysiä suunnitellun tuotannon toteutumisesta verrattuna todelliseen tuotannon toteumaan, jonka tieto saadaan ERP-järjestelmästä. Vertailua suunnitelman ja toteuman välillä ei ole kuitenkaan juurikaan toteutettu. Seuraavassa kuvassa 40 on kuvattu Koja Oy:n tuotannon suorituskyvyn analyysin hallinnan nykytilannetta.



Kuva 40. Koja Oy:n tuotannon suorituskyvyn analyysin hallinnan nykytilanne

Tavoitteena on, että implementoitavalla MES- ja APS-järjestelmällä kyettäisiin suoraan järjestelmästä tarkastelemaan kriittisimpiä ja olennaisimpia KPI-mittareita tuotannon suorituskyvyn selvittämiseksi. Näitä KPI-mittareita ovat muun muassa:

- Toimitusvarmuus
- Keskeneräinen tuotanto
- Tietyllä ajanjaksolla valmistuneiden tuotteiden määrä
- Läpimenoaika

5.2 Kohdeyrityksessä suoritettujen vaatimuskartoituksen tulokset

Tässä luvussa vastataan 3. tutkimuskysymykseen: Mitä vaatimuksia kohdeyrityksellä on MES- ja APS-järjestelmälle? Vaatimuskartoitus suoritettiin keräämällä vaatimukset seitsemään eri vaatimusryhmään, kuten on esitetty luvussa 4.5. Vaatimuskartoitus suoritettiin laajemman projektiryhmän kesken. Vaatimuskartoitus ja vaatimusten kirjaus toteutettiin kolmessa noin kahden tunnin kestoisessa läpikäynnissä. Liitteen A taulukkoon on kirjattu kohdeyrityksen vaatimuskartoituksessa kerätyt järjestelmävaatimukset ja niiden kriittisyydet. Pääosa vaatimuksista arvioitiin prioriteettiasteikolla kolmannelle tasolle eli kriittisimmäksi. Vaatimuskirjauksissa suuri osa järjestelmävaatimuksista olivat ominaisuuksia, jotka pääasiassa löytyvät markkinoilla olevista nykyaikaisista MES- ja APS-järjestelmistä. Tästä johtuen pääosa vaatimuksista on arvioitu korkeimmalle prioriteetille. Vaatimusmäärittelyssä saatiin siis priorisoinnilla selville, mitkä ominaisuudet eivät ole niin kriittisiä kohdeyritykselle. Kohdeyrityksessä suoritettujen tuotannonohjauksen nykytilan analyysin perusteella suurimmat haasteet, jotka MES- ja APS-järjestelmällä pyritään ratkaisemaan, liittyvät tuotannon resurssienhallintaan, tuotannon aikataulutukseen sekä tuotannon käskytykseen ja jonotukseen.

Tuotemäärittelyn osa-alueessa vaatimuksiksi kirjattiin tarkkojen tuote- ja tilaustietojen tuonti ERP-järjestelmästä APS-järjestelmään. Yleisten tuotetietojen lisäksi tärkeäksi vaatimukseksi kirjattiin ostokomponenttien saatavuustiedot, jonka perusteella tiedetään, onko tuotteen valmistus aloituskelpoinen. Edellä mainittujen lisäksi dokumenttien linkitysmahdollisuudet MES-järjestelmästä muun muassa PDM-järjestelmään ja M-Files dokumenttienhallintajärjestelmään nähtiin hyödyllisinä ominaisuuksina.

Tuotannon resurssienhallinnan osa-alueessa tärkeimmäksi vaatimukseksi kirjattiin tiedonhallinta liittyen tuotannon osa-alueittain käytettävissä olevista henkilöresursseista. Kohdeyrityksessä erityisesti loppukokoonpanon henkilöresurssienhallinta on tärkeää, sillä se toimii tuotannossa pullonkaulana ja tuotannon ohjauspisteenä nykyhetkellä. Myös levytyöstökeskuksen resurssienhallinnan ja käytettävyydestiedon hallinta APS-järjestelmässä kirjattiin hyödylliseksi ominaisuudeksi.

Tuotannon aikataulutuksen vaatimusryhmässä tärkeimmiksi ominaisuuksiksi nousivat toimituspäivämäärien helppo muuteltavuus, tilauksen priorisointi ja lukitus tuotantoaikataulussa sekä taaksepäin ajoittamisen ominaisuus. Taaksepäin ajoittamisella tarkoitetaan tuotantovaiheiden aikataulutusta taaksepäin valitusta hetkestä, esimerkiksi toimituspäivästä.

Tuotannon käskytyksen ja jonotuksen vaatimusryhmässä kirjattiin useita tärkeitä ja kriittisiä ominaisuuksia, joita MES- ja APS-järjestelmässä pitäisi olla. Selkeä työjononäkymä ja mahdollisuus valita itse seuraava suoritettava työ työjonosta oli yksi vaadittava perusominaisuus. Töiden pysäytykseen / keskeytykseen liittyviä vaatimuksia kirjattiin useampi; työn pysäytys / keskeytys käsin ja pysäytysinformaation jako seuraaville vaiheille

sekä työvaiheen pysäytyksen syyn kirjaaminen. Aikaisempien vaiheiden tilatiedot tulisi myös saada näkyviin, jotta tuotannon lattiatasolla tiedetään töiden aloituskelpoisuus. Myös tilausten lisätyöt (rework) ja lisätöiden syiden kirjaaminen nähtiin tärkeiksi ominaisuuksiksi.

Tuotantoinformaation keruun vaatimusryhmään kirjattiin useita tärkeitä vaatimuksia. Perusvaatimuksena on, että MES-järjestelmässä tulee olla kommenttikenttä, johon tuotanto pystyy kirjaamaan asioita tiettyyn tuotantotilaukseen liittyen. Laatucommentteja tulisi myös pystyä kirjaamaan MES-järjestelmässä. Laatusyitä tulisi pystyä valitsemaan kategorioidusti listasta, jolloin vältetään siltä, että samoja laatusyitä kirjataan usealla eri nimellä MES-järjestelmään. Työvaiheen aloitus- ja lopetusajat tulisi pystyä kirjaamaan MES-järjestelmään (optimaalisessa tilanteessa MES-järjestelmä kirjaa ajat automaattisesti, kun työntekijä aloittaa ja lopettaa töitä). Työvaiheen ”checklist”-tyyppinen tarkastuslista on myös tärkeä, sillä tällöin voidaan kirjata tarkastettavat asiat suoraan digitaalisessa muodossa nykyisen paperisen tarkastuslistan sijaan.

Tuotannon seurannan vaatimusryhmä viittaa APS-järjestelmässä suoritettavaan tuotannon yleisseurantaan. Tähän vaatimusryhmään kirjattiin vaatimuksiksi tilausten statusten seuranta suoraan APS-järjestelmässä sekä kapasiteetti / kuormitustilanteen seuranta resursseittain APS-järjestelmässä. Nämä ovat yleisvaatimuksia, joilla työnjohto pystyy helposti suoraan järjestelmästä arvioimaan tuotannon kuormitusta ja edistymistä.

Tuotannon suorituskyvyn analyysin vaatimusryhmään kirjattiin tuotannon tehokkuuden ja suorituskyvyn helppoon seurantaan liittyviä järjestelmävaatimuksia. Tärkeiksi vaatimuksiksi kirjattiin muun muassa suunniteltujen työtuntien ja toteutuneiden työtuntien, keskeneräisen tuotannon, tietyllä ajanjaksolla valmistuneiden töiden, tuotannon läpimenoajan ja toimitusvarmuuden tarkastelu.

5.3 Kohdeyrityksessä suoritettun vertailuanalyysin tulokset

Kohdeyrityksessä suoritettu vertailuanalyysi toteutettiin kunkin järjestelmätoimittajan kohdalla järjestelmädemo ja referenssikäyntien perusteella. Järjestelmädemoa ja referenssikäyntiä varten luotiin erilliset kysymys- ja haastattelurungot, kuten on esitetty luvussa 4.5. Järjestelmädemoa ja referenssikäyntiä varten luodut kysymys- ja haastattelurungot on esitetty liitteissä B ja C

Vertailuanalyysi toteutettiin onnistuneesti kaikkien neljän yrityksen kanssa sekä järjestelmädemojen että referenssikäyntien perusteella. Vertailuanalyysissä kirjattiin, kuinka hyvin kukin järjestelmä vastaa kohdeyrityksen tarpeita aikaisemmassa vaiheessa laaditun vaatimusmäärittelyn mukaisesti. Liitteessä D on esitetty vertailuanalyysin tulokset kaikkien neljän vertailuanalyysin kohteena olevan järjestelmän kohdalta. Vertailuanalyysin tulosten yhteenveto on kirjattu taulukkoon 3. Vertailuanalyysin tulosten yhteenvedosta

nähdään, että järjestelmät A ja B osoittautuivat potentiaalisimmiksi ja parhaiten kohdeyrityksen tarpeita vastaaviksi MES- ja APS-järjestelmiksi. Tulosten analysointia ja järjestelmän valintaa on käsitelty tarkemmin alaluvussa 6.3. Seuraavissa kappaleissa on kuvattu järjestelmäkohtaisesti vertailuanalyysin tuloksia.

Taulukko 3. *Vertailuanalyysin tulosten yhteenveto*

Järjestelmä	Järj. A painotettu	Järj. B painotettu	Järj. C painotettu	Järj. D painotettu
Vertailuanalyysin pisteytys	271	271	231	251
Maksimipisteet	342	342	342	342

Järjestelmä A on erittäin standardoitu ja vakioitu MES- ja APS-järjestelmä, jonka ominaisuudet keskittyvät vahvasti hienokuormitukseen ja aikataulutukseen eli APS-toimintoihin. A:n resurssienhallintaominaisuudet ovat kaikista ehdokkaista kattavimmat. Myös tuotannon aikataulutusoimaisuudet ovat erittäin pitkälle vietyjä ja standardoituja. Tuotannon lattiataason ominaisuudet eli MES-järjestelmätoiminnot eivät ole niin kattavia, kuin B ja C järjestelmillä. Järjestelmällä pystytään keräämään tuotantoinformaatiota laajasti, mutta pääosin tekstipohjaisena vakiotietona, mikä ei täysin riitä kattamaan kohdeyrityksen tarpeita. Laatukommenttien kirjaus onnistuu valitsemalla laatusyy kategorisoidusta listasta ja kirjaamalla tekstiä laatukirjauksen tueksi, mutta laajempaa ominaisuutta laatukirjaukselle ei ole. Tuotannon seuranta järjestelmä A:lla onnistuu hyvin APS-järjestelmän kautta. Tuotannon suorituskyvyn analyysiin A tarjoaa kattavat ja tarpeelliset ominaisuudet.

Järjestelmä B tarjoaa kattavasti toimintoja sekä tuotannon aikataulutamiseen että tuotannon lattiataason hallintaan. Painopiste näiden kahden välillä jakautuu tasaisesti. Järjestelmä B:llä pystytään käsittelemään ERP-järjestelmästä siirtyvien tilaustietojen lisäksi myös dokumenttilinkityksiä PDM-järjestelmästä että M-Files dokumenttienhallintajärjestelmästä. Tämä on hyödyllinen ominaisuus piirustusten ja mitoitusdokumenttien tarkastelussa. Tuotannon resurssienhallinnan ominaisuudet eivät ole niin kattavat, kuin järjestelmä A:lla. Tuotannon aikataulutusoimaisuudet ovat kattavat. Tuotannon lattiataason eli MES-järjestelmän ominaisuudet ovat erittäin kattavat B:llä. Työvaihekohtainen työjono-tieto on helposti käytettävissä. Myös tuotannon työvaihekirjaukset ovat erittäin kattavat. Järjestelmällä pystytään kirjaamaan erikseen sekä tilaukselle käytettyjä työtunteja että työntekijöiden henkilökohtaisia tunteja. Myös laatuasioita on mahdollista kirjata kattavasti järjestelmään. Tuotannon suorituskyvyn analyysin ominaisuudet ovat pääosin kohtalaisella tasolla, eli tietoja ei suoraan ole käytettävissä, mutta pienellä kehitystyöllä ne ovat toteutettavissa.

Järjestelmä C tarjoaa kaikista neljästä järjestelmäehdokkaista suurimman räätälöitävyyden kohdeyrityksen tarpeisiin. C:n aikataulusominaisuudet eli APS-järjestelmän toiminnallisuudet ovat erittäin kattavalla tasolla, mutta MES-järjestelmän toiminnallisuudet ovat yleisellä tasolla vielä kehitysvaiheessa. Tuotannon resurssienhallinnan ominaisuudet ovat kohtalaisella tasolla. Aikaisemmin todetun mukaisesti aikataulusominaisuudet ovat erittäin kattavia. Aikatauluskäyttöliittymä on erittäin selkeä ja mahdollistaa useita eri toiminnallisuuksia säilyttäen silti helppokäyttöisen käyttöliittymän. MES-järjestelmän ominaisuudet ovat kohtalaisella tasolla. Järjestelmällä pystytään kirjaamaan työvaiheita aloitetuksi ja lopetetuksi sekä kirjaamaan erilaisia huomioita ja laatukirjauksia. MES-järjestelmällä ei kuitenkaan pysty kirjaamaan työvaiheelle käytettyjä tai työhenkilöiden käyttämiä työtunteja, mikä on isohko puute MES-järjestelmän ominaisuuksissa. Tuotannon seuranta on helppoa ja yksinkertaista APS-järjestelmästä. Tuotannon suorituskyvyn analyysiin on olemassa kattavat ominaisuudet, mutta epäselväksi jäi järjestelmädemossa ja referenssikäynnillä, kuinka suuri osa tuotannon suorituskyvyn ominaisuuksista on jo käytössä ja kuinka paljon ne ovat kehitystyötä vailla valmiita.

Järjestelmä D on erittäin pitkälle viety APS-järjestelmätoiminnallisuuksissa, mutta järjestelmän selkeys ja käytettävyys eivät ole yhtä hyvällä tasolla verrattuna muuhun kolmeen järjestelmään. Dokumenttilinkityksiä PDM-järjestelmään tai M-Files dokumenttienhallintajärjestelmään ei ole helposti toteutettavissa. Tuotannon resurssienhallinnan ominaisuudet ovat kohtalaisella / heikohkolla tasolla. Tuotannon henkilöstö- tai laitteistoresursseja ei pysty järjestelmällä helposti hallitsemaan. Tuotannon aikataulus onnistuu järjestelmällä tehokkaasti. APS-järjestelmä sisältää paljon ominaisuuksia, joilla tuotannon suunnittelua ja tuotannon edistymistä pystyy seuraamaan. Tuotannon lattiataason ominaisuudet ja toiminnallisuudet ovat kohtalaisella tasolla ja vastaavat vahvasti järjestelmä A:n MES-järjestelmäominaisuuksia. MES-järjestelmä on erittäin standardoitu ja sisältää työvaiheiden ja tuotantokomenttien kirjauksen. MES-järjestelmässä ei ole kätevästi mahdollista kirjata käytettyjä työtunteja henkilötasolla. Laatukomenttien kirjaus onnistuu valitsemalla laatusyy kategorisoidusta listasta ja kirjaamalla tekstiä laatukirjauksen tueksi, mutta laajempaa ominaisuutta laatukirjaukselle ei ole. Tuotannon seuranta onnistuu helposti APS-järjestelmän kautta. Tuotannon suorituskyvyn analyysiin löytyy APS-järjestelmästä valmiit ja kattavat ominaisuudet.

6. TULOSTEN ANALYYSI

Alaluvussa 6.1 käsitellään vaatimuskartoituksen prosessia ja sen toteutumista kohdeyrityksessä. Alaluvussa 6.1 vastataan 1. ja 3. tutkimuskysymykseen eli; miten MES- ja APS-järjestelmävaatimukset kannattaa kartoittaa valmistavan teollisuuden yritykselle sekä mitä vaatimuksia kohdeyrityksellä on MES- ja APS-järjestelmälle ja mitä kannattaa ottaa huomioon vaatimusmäärittelyssä? Alaluvussa 6.2 käsitellään vertailuanalyysin prosessia ja sen toteutumista kohdeyrityksessä. Alaluvussa 6.2 vastataan 2. ja 4. tutkimuskysymykseen eli; miten ja millä menetelmällä eri MES- ja APS-järjestelmien vertailuanalyysi kannattaa suorittaa sekä mitä MES- ja APS-järjestelmien vertailuanalyysissä kannattaa ottaa huomioon? Alaluvussa 6.3 käsitellään kohdeyrityksessä suoritettua järjestelmän valintaa esiselvitys- ja pilottivaiheeseen.

6.1 Vaatimuskartoituksen prosessi ja sen toteutuminen kohdeyrityksessä

MES- ja APS-järjestelmän vaatimuskartoituksen toteutukselle löytyi aiemmasta kirjallisuudesta karkeita ylätasoa malleja ja prosesseja, joita tässä työssä hyödynnettiin. Vaatimuskartoitus päätettiin toteuttaa kartoittamalla vaatimuksia ISA-95 standardin kolmannessa osiossa esitetyn tuotannonohjauksen aktiviteettien mallin mukaisella jaottelulla. ISA-95 standardin tarjoama vaatimusten ryhmittely ja jaottelu todennettiin toimivaksi, sillä sen avulla pystyttiin käsittelemään kattavasti kaikki tuotannonohjauksen aktiviteetit ja niihin liittyvät järjestelmävaatimukset. Tuotannon lattiataso-aktiviteettien vaatimusten kartoituksessa yhdistettiin tuotannon suorittamisen hallinnan sekä tuotannon käskytyksen aktiviteetit ja kerättiin yhteen niiden vaatimukset, jotta saatiin selkeytettyä MES-järjestelmältä (tuotannon lattiataso-järjestelmä) vaadittavat ominaisuudet.

Vaatimusten keruu suoritettiin järjestämällä laajemmalla projektiryhmällä vaatimusten läpikäyntipalavereita Jalasjärven tehtaalla. Vaatimusten listaus onnistui hyvin ja vaatimuksia saatiin kustakin tuotannonohjauksen osa-alueesta kerättyä riittävä määrä. Luvussa 5.2 on vastattu 3. tutkimuskysymyksen ensimmäiseen osaan; mitä vaatimuksia kohdeyrityksellä on MES- ja APS-järjestelmälle? Haasteeksi vaatimuskartoituksessa muodostui, että pääosa laajemman projektiryhmän henkilöistä eivät aina päässeet osallistumaan vaatimusten kartoitukseen ja läpikäyntiin, jolloin osa-alueittain tärkeitä huomioita saattoi jäädä puuttumaan lopullisesta vaatimusmäärittelystä. Jos henkilöitä ei päässyt mukaan tiettyyn vaatimusmäärittelyyn, niin heidän kanssaan pyrittiin kuitenkin erikseen käymään läpi tiivistetysti kyseisen vaatimusmäärittelyn aihealue ja kirjaamaan heiltä erikseen vaatimuksia ylös.

Lopputulena vaatimuskartoituksessa saatiin kerättyä riittävä määrä vaatimuksia ja perusteita, joiden avulla seuraava vaihe eli vertailuanalyysi voitiin suorittaa perusteellisesti. Vertailuanalyysin vaiheessa huomattiin, että vaatimuskartoituksessa kannattaa kirjata osittain erittäin tarkkoja vaatimuksia, sillä tällöin vaatimusten toteutumista on helppompaa todentaa erityisesti järjestelmädemoissa. Jos kaikki vaatimukset kirjattaisiin epätarkkoina ja yleisellä tasolla, olisi vertailuanalyysin vaiheessa tuloksena liian usein: ”toteutettavissa”. Kun kysymykset ovat tarkkoja, saadaan myös vastaukset tarkkoina ja enemmän informaationa antavina.

6.2 Vertailuanalyysin prosessi ja sen toteutuminen kohdeyrityksessä

Teoriaosuudessa vastattiin 2. tutkimuskysymykseen; miten ja millä menetelmällä MES- ja APS-järjestelmien vertailuanalyysi kannattaisi suorittaa? Aiemmasta kirjallisuudesta löytyi toimiva malli vertailuanalyysin eri vaiheille. Aiemmassa kirjallisuudessa esitettiin, kuinka järjestelmädemoja, referenssikäyntejä ja pilotteja kannattaa hyödyntää MES- ja APS-järjestelmän alkukartoitus- ja vertailuvaiheessa. Teoriaosuudessa haastattelu- ja kysymysrunkojen laatiminen ja hyödyntäminen vertailuanalyysivaiheessa esitettiin myös toimivaksi menetelmäksi.

Vertailuanalyysi toteutettiin kohdeyrityksessä kunkin järjestelmätoimittajan kanssa järjestelmädemojen ja referenssikäyntien perusteella. Vertailuanalyysiä varten laadittiin kysymys- ja haastattelurungot vaatimuskartoituksessa laadittujen vaatimusten perusteella. Kysymys- ja haastattelurungon laadinta osoittautui hyödylliseksi, sillä tällöin saatiin johdonmukaisesti selvitettyä, pystyykö järjestelmätoimittaja vastaamaan kohdeyrityksen vaatimuksiin. Vertailuanalyysi onnistui hyvin ja sen perusteella saatiin lopulta vertailtua tarkasti eri järjestelmiä ja niiden soveltuvuuksia kohdeyritykselle.

Vertailuanalyysin toteutus sekä referenssikäynnin että järjestelmädemojen avulla todettiin hyödylliseksi. Referenssikäynnillä oli mahdollisuus tutustua järjestelmän ja sen ominaisuuksien lisäksi myös itse järjestelmän käyttöönottoon, siihen liittyviin haasteisiin ja huomioitaviin asioihin. Järjestelmädemojen tarkoitus oli sekä käydä läpi tarkasti järjestelmävaatimuksia kysymysrunгон perusteella että tutustuttaa laajan projektiryhmän henkilöitä eri MES- ja APS-järjestelmiin. Järjestelmädemoissa laajan projektiryhmän henkilöstö pystyi itse kysymään ja selvittämään järjestelmien toimintoihin ja ominaisuuksiin liittyviä asioita.

Sekä referenssikäyntien että järjestelmädemojen suorittaminen koettiin erittäin hyödylliseksi vertailuanalyysivaiheessa. Järjestelmädemoissa pystyttiin tarkasti syventymään järjestelmän potentiaaliin ja siinä oleviin ominaisuuksiin. Järjestelmätoimittajilta pystyttiin suoraan tiedustelemaan toiminnallisuuksia järjestelmään liittyen. Referenssikäyn-

neillä selvitettiin, miten todellisessa käytössä näitä ominaisuuksia pystyttiin hyödyntämään ja tällöin selvisi muutamissa tapauksissa ristiriitaisuuksia järjestelmätoimittajan ja referenssiasiakkaan lausuntojen välillä. Kyseisissä tapauksissa selvitettiin tarkemmin järjestelmätoimittajan kanssa järjestelmän toiminnallisuuksia ja sitä, onko tietty toiminnallisuus vain ”näennäinen” ja jota ei voida hyödyntää sen pienien puutteiden vuoksi. Referenssikäynnit toimivat siis järjestelmän toimintojen ja ominaisuuksien todentajana. Toki referenssikäynneillä otettiin huomioon se, että referenssiasiakkailla ei käytetä tai välttämättä osata käyttää läheskään kaikkia ominaisuuksia, mitä järjestelmällä kyettäisiin tekemään. Näissä tapauksissa kysyttiin ja selvitettiin, miksi kyseisiä ominaisuuksia ei käytetä. Tällöin selvisi useamman järjestelmän kohdalta tiettyjä puutteita järjestelmän ominaisuuksissa, jonka vuoksi kyseisiä ominaisuuksia ei hyödynnetty.

MES- ja APS-järjestelmien vertailuanalyysissä nähtiin hyödylliseksi edellisen vaiheen tarkat vaatimuskirjaukset, sillä tällöin vertailuanalyysivaiheessa pystyttiin pisteyttämään kolmiasteisesti vaatimusten toteutuminen. Ilman tarkasti asetettuja vaatimuksia, olisi vaatimusten toteutumisen pisteyttäminen ollut haastavaa, sillä yleisellä tasolla käsiteltäviä vaatimuksia on haastavampi pisteyttää verrattuna yksityiskohtaisiin vaatimuksiin.

6.3 Järjestelmän valinta

Alkuperäisenä tavoitteena oli suorittaa kahden järjestelmätoimittajan kanssa esiselvitys ja pilottivaihe rinnakkain, jolloin oltaisi saatu riittävä tietämys molempien järjestelmien toimivuudesta ja soveltuvuudesta kohdeyrityksen tarpeisiin nähden. Tällöin esiselvitys- ja pilottivaiheen jälkeen suoritettaisiin lopullinen päätös järjestelmän valinnasta ja investoinnista valittuun järjestelmään. Vertailuanalyysin tulosten perusteella järjestelmät C ja D päätettiin karsia pois jatkosta.

Vertailuanalyysivaiheen päätteeksi projektin ydintiimin kesken päätettiin kuitenkin suorittaa esiselvitys- ja pilottivaihe vain yhden järjestelmätoimittajan kanssa, sillä päällekkäin suoritettava esiselvitys- ja pilottivaihe nähtiin haastavana toteuttaa. Esiselvitys- ja pilottivaihe kahden eri järjestelmätoimittajan kesken kiinnittäisivät liikaa kohdeyrityksen resursseja. Myös lopputulos esiselvityksestä voisi olla huonompi, koska kummankaan järjestelmätoimittajan kanssa suoritettavaan esiselvitykseen ei voitaisi keskittyä, niin hyvin kuin vain yhden kanssa suoritettavaan esiselvitykseen.

Vertailuanalyysin pohjalta saatiin kattava yleiskuva sekä järjestelmä A:n että B:n ominaisuuksista, soveltuvuudesta kohdeyrityksen tarpeisiin ja tulevaisuuden potentiaalista. Diplomityön kirjoitushetkellä päätöstä siitä, jatketaanko esiselvitys- ja pilottivaiheeseen järjestelmätoimittaja A:n vai B:n kanssa ei ole vielä tehty.

7. YHTEENVETO

Tämän diplomityön tavoitteena oli selvittää, miten tuotannonohjaukseen soveltuvien järjestelmien eli MES- ja APS-järjestelmien tarvekartoitus, vaatimusmäärittely ja eri markkinoilla olevien järjestelmien vertailuanalyysi kannattaa suorittaa. Tarvekartoituksen, vaatimusmäärittelyn ja vertailuanalyysin toteutukseen perehdyttiin kirjallisuuskatsauksella, jossa haettiin vallitsevaa tietämystä MES- ja APS-järjestelmän hankinnasta ja kartoituksesta.

Tarvekartoituksessa, vaatimusmäärittelyssä ja järjestelmien vertailuanalyysissä päädyttiin hyödyntämään ISA-95 standardin kolmannessa osiossa esitettyä valmistusoperaatioidenhallinnan aktiviteettimallia. Mallin perusteella tuotannonohjauksen nykytila ja tavoitetila pystyttiin määrittelemään yksinkertaisella ja selkeällä tavalla. Vaatimuskartoituksessa standardia hyödynnettiin ryhmittelemällä vaatimukset mallin mukaisella jaottelulla. Vertailuanalyysi suoritettiin laatimalla vaatimuskartoituksen perusteella kysymys- ja haastattelurungot, joiden avulla järjestelmien vertailu suoritettiin järjestelmädemoissa ja referenssikäynneillä.

Diplomityön alussa asetettuihin tavoitteisiin päästiin, sillä aiempaan kirjallisuuteen pohjautuen muodostettiin ja hahmoteltiin prosessi, jolla MES- ja APS-järjestelmien tarvekartoitus, vaatimusmäärittely ja vertailuanalyysi pystyttiin toteuttamaan kohdeyrityksessä. Oli yllättävää, kuinka hyvin kohdeyrityksen tuotannonohjausprosessit saatiin kartoitettua ISA-95 standardin tarjoaman mallin ja siinä käsiteltyjen asioiden ansiosta. Mallissa esiteltiin tarkasti esimerkkien avulla, mitä tehtäviä kuhunkin tuotannonohjauksen aktiviteettiin voi kuulua ja tämän perusteella kohdeyrityksessä pystyttiin kartoittamaan eri aktiviteeteissa tällä hetkellä ja tavoitetilanteessa suoritettavat asiat. Työn tuloksena vertailuanalyysin pohjalta pystyttiin suorittamaan valinnat kahdelle parhaiten kohdeyritykselle soveltuvimmasta MES- ja APS-järjestelmätoimittajasta, joista toisen kanssa jatketaan esiselvitys- ja pilottivaiheella diplomityön jälkeen.

Haastattelujen tuloksissa ei voida olla varmoja siitä, että vastaukset ovat oikeellisia eli reliaabeleja tai luotettavia eli valideja. (Hirsjärvi ja Hurme, 2008, s. 185-187) Oikeellisuudella tarkoitetaan, sitä ymmärtääkö haastattelussa vastaaja kysymykseen oikein, eli vastaako tämä oikeaan asiaan, kun taas luotettavuudella tarkoitetaan sitä, että saadaanko haastateltavalta yhtenevät vastaukset kahdella eri haastattelukerralla (Hirsjärvi ja Hurme, 2008, s. 185-187) ISA-95 standardi tarjosi valmiin perustan, jonka mukaan kohdeyrityksen tuotannonohjausprosesseja ja vaatimusten kartoituksia pystyttiin listaamaan johdonmukaisesti. Kaikki vaatimukset kerättiin hyödyntämällä standardin tarjoamaa pohjaa, jolloin ei keskitytty selvästi johonkin tiettyyn osa-alueeseen enemmän kuin toisiin vaan kaikkiin osa-alueisiin keskityttiin yhtä tasavertaisesti. Diplomityössä suoritettua MES-

ja APS-järjestelmien vertailuanalyysivaiheessa saatujen tulosten luotettavuuden eli reliabiliteetin voidaan todeta olevan kohtalaisella tasolla. Kohtalainen reliabiliteetti vertailuanalyysissä saaduissa tuloksissa johtuu siitä, että vertailuanalyysin tulokset eivät ole täsmällisesti toistettavissa. Vertailuanalyysin tuloksiin vaikuttavat vahvasti järjestelmädemoissa järjestelmätoimittajan oma asiantuntijuus ja näkemys järjestelmän kyvykkyydestä. Myös referenssikäyntien kohteet ja niissä järjestelmän toimintaa esittelevät henkilöt vaikuttavat merkittävästi vertailuanalyysin tuloksiin. Toki jokainen järjestelmätoimittaja tarjoaa referenssikohteensa itse, joten eri referenssikohteista saatavat vertailuanalyysin tulokset ovat osittain järjestelmätoimittajan vaikutettavissa. Järjestelmätoimittajan tarjotessa parhaita referenssikohteitaan usealle eri potentiaaliselle asiakkaalle saataisiin referenssikäyntien vertailuanalyysin toistettavuuden ja tuloksien tasoa nostettua, mutta käytännössä kaikkia potentiaalisia asiakkaita ei voida ohjata samoihin referenssikohteisiin. Syinä ovat muun muassa liiallinen yksittäisten referenssiasiakkaiden resursien varaaminen ja toimialakohtaiset eroavaisuudet eri potentiaalisten asiakkaiden välillä. Tutkimusmenetelmät olivat lopulta hyvin valittuja, sillä niillä päästiin toivottuihin lopputuloksiin. Teorian yhdistäminen käytäntöön onnistui hyvin, sillä tuotannonohjausprosessien ja vaatimusten kartoituksessa sekä järjestelmien vertailuanalyysissä pystyttiin hyödyntämään tehokkaasti aiempaa teoriaa ja todentaa teorian toimivuus käytännössä.

Diplomityössä muodostettua tarvekartoituksen, vaatimusmäärittelyn ja vertailuanalyysin prosessia voidaan pääosin suoraan hyödyntää kappaletavaratuotannon yrityksissä, jotka ovat aloittamassa MES- ja APS-järjestelmän kartoitusta. Samanlaisia tarpeita on pääosalla kappaletavaratuotannon yrityksellä, mutta painotukset eri tarpeiden välillä vaihtelevat todennäköisesti suurestikin. Esimerkiksi tuotannon vaiheaika määrittää vahvasti tässä työssä esitetyn prosessin suoraa hyödyntämistä. Jos yrityksen tuotannon vaiheajat ovat lyhyet (1 min – 15 min) ei MES-järjestelmään ole järkevää välttämättä jokaisen työsuorituksen jälkeen kirjata kattavia tietoja toteutetusta työstä, jolloin vaatimukset kohdistuvat sen mukaisesti eri asioihin, kuin mitä on tässä työssä esitetty.

Tämän työn ulkopuolelle jätettiin taloudellinen tarkastelu MES- ja APS-järjestelmän kartoituksessa. Yhtenä merkittävänä jatkotutkimusaiheena on taloudellisten hyötyjen tarkastelu ja arviointi jo kartoitusvaiheessa. Taloudellisen tarkastelun suorittaminen MES- ja APS-järjestelmän kartoitusvaiheessa mahdollistaa investoinnin taloudellisen hyödyn arvioinnin. Taloudellisten hyötyjen tarkastelu ohjaa vaatimuskartoituksessa keskittymään vaatimuksiin, jotka mahdollistavat kustannustehokkaamman ja arvoa tuottavamman tuotannonohjausprosessin.

Toinen hyödyllinen jatkotutkimusaihe liittyy MES- ja APS-järjestelmäkokonaisuuden käyttöönoton ”roadmapin” eli tiekartan laadintaan sekä käyttöönoton jaksottamiseen. Harvoin laajaa MES- ja APS-järjestelmäkokonaisuutta pystytään tai on järkevää implementoida yhdellä kerralla vaan on järkevää jaksottaa järjestelmän käyttöönotto vaiheisiin,

joissa suurimmat hyödyt pyritään saavuttamaan prioriteettijärjestyksessä. Tämä auttaa todennäköisesti määrittelyvaiheessa myös käyttöönoton todellisen kustannusrakenteen hahmottamisessa, kun käyttöönotto suoritetaan selkeissä eri vaiheissa.

LÄHTEET

Ahmed, P. K. ja Rafiq, M. (1998) 'Integrated benchmarking: a holistic examination of select techniques for benchmarking analysis', *Benchmarking for Quality Management & Technology*. MCB UP Ltd, 5(3), pp. 225–242. doi: 10.1108/14635779810234802.

Anisimov, D. E. ja Reshetnikov, I. S. (2011) 'Management aspects in MES implementation projects', *Automation and Remote Control*, 72(6), p. 1319. doi: 10.1134/S0005117911060208.

Bendoly, E. ja Jacobs, F. R. (2005) *Strategic ERP extension and use*. Stanford University Press.

C. Camp, R. (1989) 'Benchmarking: The Search for Industry Best Practices That Lead to Superior Performance', *Quality Progress*, 22.

Cottyn, J. et al. (2011) 'A method to align a manufacturing execution system with Lean objectives', *International Journal of Production Research*. Taylor & Francis, 49(14), pp. 4397–4413. doi: 10.1080/00207543.2010.548409.

Fei, L. (2010) 'Manufacturing execution system design and implementation', in 2010 2nd International Conference on Computer Engineering and Technology, pp. 559-562. doi: 10.1109/ICCET.2010.5486065.

Ghauri, P. N. ja Grønhaug, K. (2005) *Research methods in business studies: A practical guide*. Pearson Education.

Govindaraju, R. ja Putra, K. (2016) A methodology for Manufacturing Execution Systems (MES) implementation. doi: 10.1088/1757-899X/114/1/012094.

Günther, H.-O. (2005) 'Supply Chain Management and Advanced Planning Systems: A Tutorial', in Günther, H.-O., Mattfeld, D. C., and Suhl, L. (eds) *Supply Chain Management und Logistik*. Heidelberg: Physica-Verlag HD, pp. 3–40.

Halonen, N., Lehtonen, T. ja Lanz, M. (2015) *Jalasjärven tehtaan tuotannonkehitysohjelman esiselvitys*. Sisäinen materiaali.

Haverila, Matti, et al. *Teollisuustalous*. 5. painos. Tampere, Infacs Oy. 510 s. ISBN 951-96765-5-4, 2005.

Hirsjärvi, S. ja Hurme, H. (2008). *Tutkimushaastattelu: teemahaastattelun teoria ja käytäntö*, Gaudeamus Helsinki University Press, Helsinki, s. 213.

ISA-95.00.01-2005 'Enterprise - Control System Integration, Part 1: Models and Terminology, ISA Standard, 2005.'

ISA-95.00.03-2005 'Enterprise - Control System Integration, Part 3: Activity Models of Manufacturing Operations Management, ISA Standard, 2005.'

Järvenpää, E. ja Lanz, M. 'Suomalaisten konepajojen tuotannonsuunnittelu on ERP:n ja Excel-taulukoiden varassa', *Stoori*, Nro 4, Sivut 19-24.

King, R. (2002) 'APS and MES together at last. The Real-time Adaptive Enterprise', verkkosivu Saatavissa (viitattu 28.6.2018): <https://services.mesa.org/ResourceLibrary/ShowResource/43b5ff0b-b739-45b5-8a9a-eb873ca5826d>

Kletti, J., *Manufacturing Execution System-MES*. Springer Science & Business Media, 2007.

Knight, J. ja Lamb, S. (2006) 'Selecting and using a manufacturing execution system', *Medical Device & Diagnostic Industry*, verkkosivu Saatavissa (viitattu 10.6.2018): <https://www.mddionline.com/selecting-and-using-manufacturing-execution-system>

Koja-Yhtiöt Oy, verkkosivu Saatavissa (viitattu 12.5.2018): <http://www.koja.fi/fi/koja-yhtioet>

Kucharska, E. et al. (2015) 'Idea of impact of erp-aps-mes systems integration on the effectiveness of decision making process in manufacturing companies', in *International Conference: Beyond Databases, Architectures and Structures*, pp. 551–564.

Kyrö, P. (2004) 'Benchmarking as an action research process', *Benchmarking: An International Journal*. Emerald Group Publishing Limited, 11(1), pp. 52–73. doi: 10.1108/14635770410520302.

Lai, K.H. ja Cheng, T.C.E., (2009). *Just-in-Time Logistics*. Gower Publishing, Englanti

Lambregts, K., Van Wilgen, P. ja Chakraborty, M. (2006) 'Improvement of production scheduling by closing the loop with MES', 30, pp. 24–25.

Lapinleimu I., Kauppinen V. ja Torvinen S. (1997), *Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät*. WSOY – kirjapainoyksikkö. Porvoo

Lehtimäki, T., Simula, H. ja Salo, J. (2009) 'Applying knowledge management to project marketing in a demanding technology transfer project: Convincing the industrial customer over the knowledge gap', *Industrial Marketing Management*, 38(2), pp. 228–236. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2008.12.008>.

Mabert, V. A., Soni, A. ja Venkataramanan, M. A. (2000) 'Enterprise resource planning survey of US manufacturing firms', *Production and Inventory Management Journal*. American Production & Inventory Control Society, Inc., 41(2), p. 52.

Moon, Y. B. ja Phatak, D. (2005) 'Enhancing ERP system's functionality with discrete event simulation', *Industrial Management & Data Systems*, 105(9), pp. 1206–1224. doi: 10.1108/02635570510633266.

Okrent, M. D. ja Vokurka, R. J. (2004) 'Process mapping in successful ERP implementations', *Industrial Management & Data Systems*. Emerald Group Publishing Limited, 104(8), pp. 637–643.

Olhager, J. ja Selldin, E. (2003) 'Enterprise resource planning survey of Swedish

manufacturing firms', *European Journal of Operational Research*. Elsevier, 146(2), pp. 365–373.

Saenz de Ugarte, B., Artiba, A. ja Pellerin, R. (2009) 'Manufacturing execution system – a literature review', *Production Planning & Control*. Taylor & Francis, 20(6), pp. 525–539. doi: 10.1080/09537280902938613.

Salminen, R. T. (2001) 'Success factors of a reference visit – a single case study', *Journal of Business & Industrial Marketing*, 16(6), pp. 487–507. doi: 10.1108/08858620110403086.

Scholten, B. ja Schneider, M. (2010) 'ISA-95 As-Is / To-Be Study MESA White Paper 23', *ISA-95 As-Is / To-Be Study MESA White Paper 23*.

Stadtler, H. (2005) 'Supply chain management and advanced planning—basics, overview and challenges', *European Journal of Operational Research*. North-Holland, 163(3), pp. 575–588. doi: 10.1016/J.EJOR.2004.03.001.

Stevenson, W. J., Hojati, M. ja Cao, J. (2009) *Operations management*. 10. International edition. Operations Management. New York. McGraw-Hill Irwin. 906s.

Swanton, B. ja Smith, A. (2005) 'MES for long-term revenue and market benefits', *AMR Research*, USA

Umble, E. J., Haft, R. R. ja Umble, M. M. (2003) 'Enterprise resource planning: Implementation procedures and critical success factors', *European journal of operational research*. Elsevier, 146(2), pp. 241–257.

Vidoni, M. C. ja Vecchiotti, A. R. (2015) 'A systemic approach to define and characterize Advanced Planning Systems (APS)', *Computers & Industrial Engineering*, 90, pp. 326–338. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.10.006>.

Walle, A. H. (2015) *Qualitative research in business: A practical overview*. Cambridge Scholars Publishing.

Weston Jr, F. C. (2001) 'ERP implementation and project management', *Production and Inventory Management Journal*, 42, p. 75–80+VI.

Wiers, V. C. S. (2002) 'A case study on the integration of APS and ERP in a steel processing plant', *Production Planning & Control*. Taylor & Francis, 13(6), pp. 552–560. doi: 10.1080/09537280210160321.

Yin, RK. (1998) 'The abridged version of case study research: design and method', in L. Bickman and D.J. Rog (eds), *Handbook of Applied Social Research Methods*. Thousand Oaks, CA: Sage. pp. 229-60.

LIITE A: KOHDEYRITYKSEN MES- JA APS-JÄRJESTELMÄN OMINAISUUKSIEN VAATIMUSLISÄYKSET

Vaatusryhmä / vaatimus	Vaatus-prioriteetti
Tuotemäärittely	
Tilaus- ja tuotetiedon kattava tuonti ERP-järjestelmästä MES- ja APS-järjestelmään: Liiketoimintakohtainen tieto (Marine-, Rakennus-, Solutions- liiketoiminta), projektin numero, projektin alanumero, asiakastieto, toimituspäivämäärä ym.)	3
Nimikkeen versiotieto	3
Sähköistystiedon saanti (0-3 asteikolla, 3 = täyssähköistetty, 0 = ei sähköistystä)	3
Dokumenttilinkitys dokumenttienhallintajärjestelmä M-filesiin	2
Dokumenttilinkitys PDM-järjestelmä Vertex Flow:hun	2
Projekti/tuotekohtaiset valmistusohjeet	2
Ostokomponenttien ja muiden materiaalien saatavuustiedot valmistusvaiheittain. Tieto myös seuraavasta saapuvasta toimituksesta.	3
Tuotannon resurssienhallinta	
Henkilöstön käytettävyyssiedot (loma- ja sairaspäivät) HR-järjestelmä Sympa HR:stä	1
Tuotannon osa-alueittain tieto käytettävissä olevista henkilöresursseista (kpl, henkilömäärä)	3
Levytyöstökoneen käytettävyyssieto	2
Kalenteritieto (pyhäpäivätiedot, henkilöstön käytettävyyssiedot)	3
Tuotannon aikataulus	
Toimituspäivämäärät helposti muuteltavissa	3
Kapasiteettirajoitteinen aikataulus	3
Dynaaminen tehdaskalenteri (historiatiedon perusteella aikataulus ja työvaiheiden säätö)	1
Tilauksen priorisointi. Mahdollisuus lukita tietty tilaus ja sen aikataulu.	3
Taaksepäin ajoittamisen tulee olla mahdollista.	3

Vaatusryhmä / vaatimus	Vaatimuk- sen prioriteetti
Tuotannon käskytyks ja suorittamisen hallinta	
Työerien priorisointi. Mahdollisuus valita työjonosta seuraava suoritettava työ.	3
Tietyn työn / tilauksen pysäytys käsin ja informaation jako seuraaville vaiheille pysäytyksestä	3
Työjonon pysäytyksen yhteydessä pysäytyksen syyn liittäminen tiedoksi.	2
Työvaihekohtainen informaatio tietyn tilauksen spesifeistä asioista	3
Lisätyökirjaaminen (rework)	3
Mikä on lisätyön / laatukustannuksen ja -virheen syy	3
Aikaisempien vaiheiden tilatieto työjonoon näkyviin (työn aloituskelpoisuus)	3
Tuotantoinformaation keruu	
Kommenttikenttä tuotannossa eri asioiden kirjauksiin	3
Laatukommenttien kirjaus	3
Laatusyyn kirjaus (kategorisoidut laatusyyt, joista valita syyt laatupoikkeamille)	3
Työvaiheen checklist (testaus- ja mittausdatan kirjaaminen sekä ruksaustyyppinen checkmark)	3
Työvaiheen aloitus- ja lopetusajat (sekä tilauskohtainen että henkilökohtainen)	3
Statusitieto (aloitus, keskeytys, lopetus)	3
Tehdyt kappalemäärät sarjatuotannossa	3
Tuotannon seuranta	
Tilauksen statuksen seuranta APS-järjestelmässä (Työvaiheittain aloitettu, keskeytetty, lopetettu. Kuitattu pihalle, toimitettu jne.)	3
Kapasiteetti / kuormitustilanteen seuranta resurssittain APS-järjestelmässä	3
Tuotannon suorituskyvyn analyysi	
Suunnitellut työtunnit - toteutuneet työtunnit	3
Keskeneräinen tuotanto (listaus projektinnumero / vaihe (alanumero) / tuotannon vaihekohtaisesti, kappaleina ja euroina)	3
Valmistuneet työt (tietyllä aikajaksolla kappaleina ja euroina)	3
Tuotannon läpimenoaika	3
Toimitusvarmuus	3
Laatupoikkeamien määrä määriteltävällä ajanjaksolla	3

LIITE B: KYSYMYKSIÄ JA HAASTATTELUKYSYMYKSIÄ JÄRJESTELMÄDEMOON

Tilaus- ja tuotetiedot (lattiatasen tiedot ja työnjohtotason tiedot)

1. Millä tasolla ja tarkkuudella tilaustietoa näkee tuotannon lattiatasolla. Tällä hetkellä tarve seuraaville tiedoille: Liiketoimintakohtainen tieto (Marine-, Rakennusliiketoiminta), tuoteperhekohtainen tieto (sarjatuotteet, futurekoneet), projektin numero, vaiheen numero, selite projektille, asiakastieto, positio, tulo-poistokonetieto, rivitieto, konekoko, moduulien lukumäärä, toimituspäivämäärä, valmistuspäivämäärän aloitus ja tuotannon reititystieto
2. Tuotetietojen haku M-files dokumenttienhallintajärjestelmästä. Tällä hetkellä tuotetiedot on siellä. Onko M-Files-integraatioita toteutettu? Muun muassa sähköistystiedot ja laitekuvat täytyy olla tuotannossa tuotteen valmistamiseksi.
3. Tuotetietojen haku PDM-järjestelmästä. Teknisiä piirustuksia täytyy saada Vertex Flow:sta. Onko Vertex Flow / muita PDM-integraatioita toteutettu MES-järjestelmään?
4. Onko projekti / tuotekohtaisia valmistustietoja mahdollista syöttää MES-järjestelmään?
5. Onko valmistettavan laitteen tuoterakenne saatavissa lattiatasolla (ERP:stä APS-MES-järjestelmään tuoterakenne)?
6. Onko varastoseuranta mahdollista lattiatasolla? Saadaanko saldotieto ja tieto siitä koska saapuu seuraava toimitus?
7. Onko versiotiedolle olemassa oma tietokenttä, josta nähdään kyseisen osan versio / revisiotieto?

Tuotannon resurssienhallintatiedot

1. Onko henkilöresurssienhallintaominaisuutta? (Mahdollisuus nähdä ja hallita henkilöstöresursseja tuotannon-osa-alueittain tietyllä ajanjaksolla)
2. Onko koneiden käytettävyyden- ja resurssitietoja saatavilla? Onko toteutettu integraatioita laitteisiin? Esimerkiksi Kojan levytyöstökeskuksen integraatio MES- ja APS-järjestelmään?

Tuotannon aikataulutus

1. Ovatko tuotantopäivämäärät helposti muuteltavissa? Miten helposti tuotantopäivämäärien ja aikataulujen muuttaminen onnistuu? (järjestelmädemosssa esitettävä)
2. Toimiiko kapasiteettirajoitteinen aikataulutus automaattisesti, kun aikataulutetaan toimituksia?
3. Onko mahdollisuus lukita tietty tilaus ja sen aikataulu? (Jos aikatauluja joudutaan usein säätämään, niin mahdollisuus lukita tiettyjen toimitusten aikatauluja siten, että muutokset eivät vaikuta niihin)
4. Onnistuuko taaksepäin ajoitus APS-järjestelmässä?

Tuotannon lattiatasen toimenpiteet ja työjonotus

1. Onko MES-järjestelmän työjonosta mahdollisuus valita seuraava suoritettava työ (priorisointi)?
2. Onko työnjohdon mahdollista pysäyttää / keskeyttää tietty työ ja saada täten kyseisen työn tilatieto ”pysäytetyksi” tuotannon työntekijöille MES-järjestelmän välityksellä? Jos onnistuu, saako syyn liitettyä mukaan?
3. Onko tilauskohtaista tietoa mahdollista syöttää kommenttikenttiin järjestelmässä? Onko syötettävä tieto vain tilauskohtaista vai onko mahdollista syöttää tietoa tuotannolle tietystä tilauksesta työvaihekohtaisesti?
4. Onko lisätyökirjaaminen (rework) mahdollista?
5. Saadaanko lattiatasolle aikaisempien työvaiheiden tilatieto, eli onko työ omalla työpisteellä ja työvaiheella aloituskelpoinen?

Tuotantoinformaation keruu (Tuotannon kirjaamat asiat)

1. Onko tuotannon mahdollista kirjata kommentteja työstä ja tilauksesta MES-järjestelmään?
2. Onko laatucommenttien kirjaus mahdollista?
3. Onko kategorisoitujen laatusyiden kirjausmahdollisuutta?
4. Onko työvaiheen check-list-tyyppinen toiminto olemassa? (sekä mitausdatatyyppinen että rastiruutuun check-tyyppinen)
5. Onko työvaiheiden aloitus ja lopetusaikoja mahdollista kirjata henkilökohtaisesti? Miten henkilökohtaiset kirjaukset ja muut kirjaukset onnistuvat järjestelmässä kätevästi?
6. Onko ehdotetun rakenteella olevan komponentin vaihto mahdollista MES-järjestelmässä? (Jos päätetäänkin käyttää toista komponenttia, niin vaihto ja kirjaus onnistuu?)
7. Onko eränumeroiden kirjaaminen ostokomponenteilla ja materiaaleilla mahdollista?
8. Onnistuuko sarjatuotannossa kappalemäärien kirjaus?

Tuotannon seuranta

1. Tilauksen statuksen seuranta (työvaihe aloitettu, keskeytetty, lopetettu, kuitattu valmiiksi, toimitettu)?
2. Pystyykö katsomaan kapasiteetti / kuormitusilanteen resursseittain kätevästi?

Tuotannon suorituskyvyn analyysi (KPI)

1. Näkeekö kootusti suunnitellut työtunnit – toteutuneet työtunnit (esimerkiksi vaihekohtaisesti tai projektikohtaisesti)
2. Saako listauksen keskeneräisestä tuotannosta (kappalemäärinä)
3. Pystyykö tarkastelemaan valmistuneita töitä tietyllä ajanjaksolla (kappaleina)?
4. Läpimenoaika?
5. Toimitusvarmuus?
6. Laatupoikkeamien määrä?

LIITE C: KYSYMYKSIÄ JA HAASTATTELURUNKO REFERENSSIKÄYNNILLE

MES- ja APS-järjestelmän käyttöönotosta ja käytöstä

1. Sujuiko käyttöönottoprojekti hyvin, tuliko haasteita? Olisiko jotain, mitä kannattaa huomioida käyttöönottovaiheessa?
2. Miten järjestelmien tuotantoon siirto onnistui? Onko siirtoon liittyen huomioitavia asioita?
3. Kauanko käyttöönottoprojekti kesti alkumäärityistä tuotantokäyttöön siirtymiseen?
4. Mitkä ovat suurimpia järjestelmän käytöstä johtuvia hyötyjä?
5. Mitä suurimpia haasteita ja ongelmia on järjestelmän käytössä (omaan prosesseihin tai itse järjestelmään liittyen)?
6. Onko ERP:n integraation lisäksi tehty integraatioita muihin järjestelmiin (PDM, WMS, jne)?

Tilaus- ja tuotedata

1. Saadaanko ERP:stä siirrettyä kaikki tarvittavat tilaus- ja tuotetiedot, joiden perusteella valmistus lattiatasolla pystyy suorittamaan työn? Tarvitseeko erillisesti paperisia työkortteja / ERP:stä katsomista hyödyntää?
2. Onko varastonseuranta integroituna järjestelmäkokonaisuuteen? Jos on, miten toimii ja onko siihen liittyviä erityishuomioita?
3. Miten tuoterakenteen seuranta onnistuu MES- ja APS-järjestelmässä, jos se on saatavilla?

Tuotannon resurssienhallintatiedot

1. Miten tuotannon resurssienhallinta toimii tuotantoa suunniteltaessa ja aikatauluttaessa? Onko henkilöstö-, työpiste- ja laitteistokohtaisia resurssitietoja hallittu APS-järjestelmässä?

Tuotannon aikataulus

1. Onko tuotannon aikataulus sujuvaa ja tuotantopäivämäärien muutos helppoa? Onko tullut haasteita vastaan tähän liittyen?
--

Tuotannon lattiataason toimenpiteet ja työjonotus

1. Jos lattiataason MES-järjestelmä käytössä, onko käyttö sujunut hyvin vai onko käytössä ilmennyt haasteita?
2. Miten työvaiheiden ja työvaiheajojen kirjaukset suoritetaan?
3. Miten hyvin MES-järjestelmää on pystytty hyödyntämään lattiataasolla?

Tuotantoinformaation keruu (Tuotannon kirjaamat asiat)

1. Kirjaako tuotanto kommentteja / teknisiä asioita MES-järjestelmään? Jos kyllä, niin mitä?
2. Kirjataan laatuasioita MES-järjestelmään / muuhun järjestelmään?
3. Onko työvaiheilla testaus- / mittausdatan kirjaamista?

Tuotannon seuranta

1. Miten hyvin tuotannon seuranta työnjohdolta onnistuu MES- ja APS järjestelmän kautta?
--

Tuotannon suorituskyvyn analyysi (KPI)

1. Hyödynnetäänkö MES- ja APS-järjestelmän omia suorituskyky, KPI-mittareita, jos niitä on saatavilla? Jos kyllä, niin mitä seurataan?
--

LIITE D: MES- JA APS-JÄRJESTELMIEN VERTAILUANALYYSIN TULOKSET

Vaatusryhmä / vaatimus	Vaatumuksen prioriteetti	Järj. A	Järj. A painotettu	Järj. B	Järj. B painotettu	Järj. C	Järj. C painotettu	Järj. D	Järj. D painotettu
Tuotemäärittely									
Tilaus- ja tuotetiedon kattava tuonti ERP-järjestelmästä MES- ja APS-järjestelmään: Liiketoimintakohtainen tieto (Marine-, Rakennus-, Solutions- liiketoiminta), projektin numero, projektin alanumero, asiakastieto, toimituspäivämäärä ym.)	3	3	9	3	9	3	9	3	9
Nimikkeen versiotieto	3	3	9	3	9	3	9	3	9
Sähköistystiedon saanti (0-3 asteikolla, 3 = täyssähköistetty, 0 = ei sähköistystä)	3	2	6	2	6	2	6	2	6
Dokumenttilinkitys dokumenttienhallintajärjestelmä M-filesiin	2	1	2	2	4	3	6	1	2
Dokumenttilinkitys PDM-järjestelmä Vertex Flow:hun	2	1	2	2	4	2	4	1	2
Projekti/tuotekohtaiset valmistusohjeet	2	1	2	3	6	2	4	1	2
Ostokomponenttien ja muiden materiaalien saatavuustiedot valmistusvaiheittain. Tieto myös seuraavasta saapuvasta toimituksesta.	3	3	9	3	9	3	9	3	9
Tuotannon resurssienhallinta									
Henkilöstön käytettävyyssiedot (loma- ja sairauspäivät) HR-järjestelmä Sympa HR:stä	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Tuotannon osa-alueittain tieto käytettävissä olevista henkilöresursseista (kpl, henkilömäärä)	3	3	9	2	6	3	9	2	6
Levytyöstökoneen käytettävyyssieto	2	2	4	1	2	1	2	1	2
Kalenteritieto (pyhäpäivätiedot, henkilöstön käytettävyyssiedot)	3	3	9	3	9	3	9	3	9

Vaatusryhmä / vaatimus	Vaatumuk- sen prioriteetti	Järj. A	Järj. A paino- tettu	Järj. B	Järj. B paino- tettu	Järj. C	Järj. C paino- tettu	Järj. D	Järj. D paino- tettu
Tuotannon aikataulutus			0		0		0		0
Toimituspäivämäärät helposti muuteltavissa	3	2	6	3	9	2	6	2	6
Kapasiteettirajoitteinen aikataulutus	3	3	9	3	9	3	9	3	9
Dynaaminen tehdaskalenteri (historiatiedon perusteella aikataulutus ja työvaiheiden säätö)	1	3	3	3	3	3	3	3	3
Tilauksen priorisointi. Mahdollisuus lukita tietty tilaus ja sen aikataulu.	3	3	9	3	9	3	9	3	9
Taaksepäin ajoittamisen tulee olla mahdollista.	3	3	9	3	9	3	9	3	9
Tuotannon käskytyks ja suorittamisen hallinta									
Työerien priorisointi. Mahdollisuus valita työjonosta seuraava suoritettava työ.	3	3	9	3	9	3	9	3	9
Tietyn työn / tilauksen pysäytys käsin & informaation jako seuraaville vaiheille pysäytyksestä	3	3	9	3	9	2	6	3	9
Työjonon pysäytyksen yhteydessä pysäytyksen syyn liittäminen tiedoksi.	2	1	2	1	2	2	4	1	2
Työvaihekohtainen informaatio tietyn tilauksen spesifeistä asioista	3	3	9	2	6	3	9	3	9
Lisätyökirjaaminen	3	2	6	3	9	2	6	2	6
Lisätyökirjaamisen syyn kirjaaminen	3	2	6	3	9	2	6	2	6
Aikaisempien vaiheiden tilatieto työjonoon näkyviin (työn aloituskelpoisuus)	3	3	9	3	9	1	3	3	9

Vaatusryhmä / vaatimus	Vaati- muksen priori- teetti	Järj. A	Järj. A paino- tettu	Järj. B	Järj. B paino- tettu	Järj. C	Järj. C paino- tettu	Järj. D	Järj. D paino- tettu
Tuotantoinformaation keruu									
Kommenttikenttä tuotannossa eri asioiden kirjauksiin	3	3	9	3	9	3	9	3	9
Laatukommenttien kirjaus	3	3	9	3	9	2	6	2	6
Laatusyyn kirjaus (kategorisoidut laatusyyt, joista valita syyt laatupoikkeamille)	3	3	9	2	6	2	6	2	6
Työvaiheen checklist (testaus- ja mittausdatan kirjaaminen sekä ruksaustyyppinen checkmark)	3	1	3	3	9	2	6	1	3
Työvaiheen aloitus- ja lopetusajat (sekä tilauskohtainen että henkilökohtainen)	3	3	9	3	9	1	3	1	3
Statustieto (aloitus, keskeytys, lopetus)	3	3	9	3	9	3	9	3	9
Tehdyt kappalemäärät sarjatuotannossa	3	3	9	3	9	3	9	2	6
Tuotannon seuranta									
Tilauksen statuksen seuranta APS-järjestelmässä (Työvaiheittain aloitettu, keskeytetty, lopetettu. Kuitattu pihalle, toimitettu jne.)	3	3	9	3	9	3	9	3	9
Kapasiteetti / kuormitustilanteen seuranta resurssittain APS-järjestelmässä	3	3	9	3	9	3	9	3	9
Tuotannon suorituskyvyn analyysi									
Suunnitellut työtunnit - toteutuneet työtunnit	3	3	9	2	6	1	3	3	9
Keskeneräinen tuotanto (listaus projektinumero / vaihe (alanumero) / tuotannon vaihekohtaisesti, kappaleina & euroina)	3	3	9	2	6	1	3	3	9
Valmistuneet työt (tietyllä aikajaksolla kappaleina & euroina)	3	3	9	2	6	1	3	3	9
Tuotannon läpimenoaika	3	3	9	2	6	1	3	3	9
Toimitusvarmuus	3	3	9	2	6	1	3	3	9
Laatupoikkeamien määrä määriteltävällä ajanjaksolla	3	1	3	2	6	1	3	1	3