

Esa Jaakkola

# TUOTANNONOHJAUSJÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO PK-YRITYKSESSÄ

Diplomityö  
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta  
Tarkastajat: professori Minna Lanz  
projektitutkija Saku Pöysäri  
Tammikuu 2022

# TIIVISTELMÄ

Esa Jaakkola: Tuotannonohjausjärjestelmän käyttöönotto pk-yrityksessä  
Diplomityö  
Tampereen yliopisto  
Konetekniikan DI-tutkinto-ohjelma  
Tammikuu 2022

---

Nykyajan vahvasti globalisoituneet markkinat ja kilpailu halpatuotantomaiden kanssa motivoi valmistavateollisuuden yrityksiä hakemaan kilpailuetua valmistuskustannusten alentamisesta. Tähän pyritään usein tuotteiden valmistettavuuden, valmistusmenetelmien kehittämisen sekä materiaalien ja komponenttien hintakilpailutuksen kautta. Kuitenkaan pelkästään näitä seikkoja ei voida kehittää loputtomiin, sillä yksiomaan työvoimakustannusten kehityssuunta on yleensä päinvastainen. Lisäksi tuotteilla on useimmiten myös laatuvaatimuksia, joten ainoastaan hintaa ei voida käyttää materiaalien ja komponenttien hankintakriteerinä. Kustannusten kokonaisvaltainen alentaminen vaatii myös muiden keinojen käyttöönottoa. Eräs keino on käytettävissä olevien resurssien suunnitelmallinen ja tehokas hyödyntäminen. Tähän voidaan pyrkiä kehittämällä tuotannonohjausta, jonka avulla tekemisestä jää pois hukkaa ja työt etenevät järjestelmällisesti sekä tehokkaasti suunnitellussa aikataulussa. Lisäksi tehokas tuotannonohjaus antaa mahdollisuuden ennakoida materiaali- ja komponenttihankintoja sekä suunnitella kone- ja henkilöstöresursseja. Parantunut aikataulutuksen puolestaan antaa yleensä yritykselle mahdollisuuden päästä parempaan toimitusvarmuuteen ja edelleen palvelutason nostoon suhteessa asiakkaisiinsa.

Toiminnanohjausjärjestelmien yleistymisen myötä on nykyään tarjolla myös IT-pohjaisia tuotannonohjausjärjestelmiä. Järjestelmiä on tarjolla sekä kaupallisina tuotteina, että avoimen lähdekoodin versioina. IT-pohjaiset järjestelmät tarjoavat usein myös mahdollisuuden seurata tuotannon tilannetta reaaliajassa, eli toisin sanoen tekevät tuotannosta läpinäkyvän. Edellisen lisäksi etuihin voidaan myös lukea muutostarpeiden joustavampi ja vähemmän virhealtis hallinta. Lisäksi toteumatietojen kerääminen ja niiden pohjalta tuotannon mittareiden rakentaminen sekä seuraaminen helpottuu.

Tämän diplomityön tarkoituksena on korvata kohdeyrityksen vanha, Excel-pohjainen tuotannonohjausjärjestelmä uudella, avoimeen lähdekoodiin perustuvalla järjestelmällä. Uuden järjestelmän käyttöönoton tavoitteena on korvata vanha järjestelmä kaikilta osin. Lisäksi tutkitaan mitä etuja uusi järjestelmä tuo vanhaan verrattuna.

Avainsanat: ERP, MOM, APS, MES, avoin lähdekoodi, tuotannonohjaus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

# ABSTRACT

Esa Jaakkola: Manufacturing Execute System implementation in Small and Medium-sized enterprise  
Master of Science Thesis  
Tampere University  
Master's Degree Programme in Mechanical Engineering  
January 2022

---

Today's highly globalized market and competition with low-cost countries motivates manufacturing companies to seek a competitive advantage by lowering manufacturing costs. This is often achieved through the manufacturability of products, the development of manufacturing methods and the competitive bidding of materials and components. However, these factors alone cannot be developed indefinitely, as the trend in labor costs alone is usually the opposite. In addition, products usually also have quality requirements, so price alone cannot be used as a procurement criterion for materials and components. Comprehensive cost reduction also requires the introduction of other methods. One way is to make systematic and efficient use of available resources. This can be achieved by developing production control, which eliminates wasted work and progresses systematically and efficiently within the planned schedule. In addition, efficient production control makes it possible to anticipate material and component purchases and plan machine and human resources. Improved scheduling, in turn, usually allows a company to achieve better delivery reliability and further increase the level of service in relation to its customers.

With the proliferation of ERP systems, IT-based production management systems are now also available. The systems are available in both commercial products and open-source versions. IT-based systems also often provide the ability to monitor the production situation in real time, in other words, make production transparent. In addition to the above, the benefits also include more flexible and less error-prone management of need for change. In addition, the collection of actual data and the construction and monitoring of production indicators on the basis of them will be facilitated.

The purpose of this thesis is to replace the target company's old, Excel-based production control system with a new, open-source system. The aim of implementing the new system is to replace the old system in all respects. In addition, the advantages of the new system over the old will be examined.

Keywords: ERP, MOM, APS, MES, Open Source, production control,

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

## ALKUSANAT

Kun muutama vuosi sitten päätin hakea yliopistokoulutukseen päivittämään tutkintoa ja osaamista arvelin, että tie ei välttämättä ole helppokulkuinen. Olihan työn ohella opiskelusta kokemusta kuitenkin jo entuudestaan ja tähän perustuen osasin odottaa haasteita työn, perhe-elämän ja opiskelun yhteensovittamisessa. Mutta onnistuihan se viimeksikin. Tällä kertaa alku oli kyllä vielä kivisempi. Ensimmäinen kevät meni kuin sumussa, josta ei paljon muistikuvia jäänyt. Paitsi että aika ei riittänyt mihinkään. Vapaa-aika kului käytännössä tehtävien tekemiseen kotona. Seuraavana syksynä helpotti jo hieman ja siitä se on rullannut eteenpäin kohti alkuvuotta 2021, jolloin aloitin tämän diplomityön tekemisen. Diplomityö osoittautui kokonaisuudessaan projektiksi, jonka eteneminen oli oikeastaan vain itsestä kiinni. Välillä oli motivaatiovaikeuksia ja työ polki paikallaan, eikä takaiskuiltakaan voinut välttyä. Toisinaan taas työ taas eteni vauhdilla, joka kannusti jatkamaan kohti maalia. Kunnes viimein päästiin tähän...

On kiitosten aika: Seinäjoen DI4-ryhmä, teidän kanssanne oli mahtavaa istua iltoja ja viikonloppuja luennoilla sekä puhua tauoilla niitä näitä Tsumpissa kahvia ryystäen. Ryhmässä on voimaa ja yhdessä jaksettiin. Työnantajani Salmen Juha, joka tarjosi tämän mielenkiintoisen aiheen ja mahdollisuuden diplomityön toteuttamiselle kohdeyrityksessä. ICT-vastaava Moision Perttu, joka pyyteettömästi auttoi sekä neuvoi teknisissä selvityksissä, ohjelmistojen asennuksessa ja testailuissa omista kiireistään huolimatta. Sekä tietysti kotijoukot ja erityisesti vaimoni Marina. Sinä kestit sen kuitenkin! Kiitokset jaksamisesta, vaikka olen välillä ollut "lievästi poissaoleva".

Nyt diplomityö on viimeinkin valmis. Opiskelut alkavat olemaan pulkassa ja elämästä on jälleen yksi vaihe takana. Tämä tie on nyt kuljettu loppuun ja on aika taas haistella uusia tuulia.

Ähtärissä, 28.1.2022

Esa Jaakkola

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
1.1 Työn taustat ja lähtökohdat .....	1
1.2 Tutkimuskysymykset ja -menetelmät .....	2
1.3 Aiheen rajaus ja tavoitteet .....	2
1.4 Yritysesittely .....	3
2. KIRJALLISUUSKATSAUS.....	4
2.1 Tuotantojärjestelmien luokittelu .....	4
2.1.1 Virtaus- ja massatuotanto .....	4
2.1.2 Erätuotanto .....	5
2.1.3 Yksittäistuotanto .....	5
2.1.4 Projektituotanto .....	5
2.2 Tuotannonohjausperiaatteet .....	6
2.2.1 Tilauksen kohdistuspiste .....	6
2.2.2 Tuotannonohjausmenetelmien ominaisuuksia .....	7
2.2.3 Lean ohjausmenetelmänä .....	9
2.2.4 Tehokkuusparadoksi .....	11
2.3 Informaatioteknologiaan perustuvien järjestelmien historiaa lyhyesti ..	12
2.4 Eri tasoiset ohjausjärjestelmät ja niiden tehtävät .....	14
2.4.1 Ohjausjärjestelmien standardit .....	14
2.4.2 Toiminnanohjausjärjestelmät.....	16
2.4.3 Tuotannonohjaus osana toiminnanohjausjärjestelmää .....	18
2.4.4 Täydentävät tuotannonohjausjärjestelmät .....	19
2.4.5 Varsinaiset tuotannonohjausjärjestelmät .....	21
2.4.6 Yhteenveto tuotannonohjausjärjestelmistä .....	23
2.5 Avoin lähdekoodi.....	26
3. NYKYTILA-ANALYYSI JA PROJEKTIN SUUNNITTELU.....	28
3.1 Nykyisen tuotannonohjausjärjestelmän kuvaus .....	28
3.1.1 Päätyökirjat .....	29
3.1.2 Aputyökirjat .....	31
3.1.3 Nykyjärjestelmän puutteet ja edut.....	32
3.1.4 SWOT-analyysi .....	33
3.2 Järjestelmävaihdoksen suunnittelu.....	35
3.2.1 Projektin toteutusmallin valinta .....	35
3.2.2 Konfigurointitarpeiden kartoitus .....	36
3.2.3 Toiminnanohjauksen prosessikuvaus.....	37

3.2.4 Koulutus .....	38
3.2.5 Suunnitelman yhteenveto .....	38
4. UUDEN JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO .....	40
4.1 Johdanto Odoo Community-järjestelmään .....	40
4.2 Ohjelmaan tutustuminen ja pilotointi testikannassa .....	40
4.2.1 Työpisteet .....	41
4.2.2 Tuoterakenteet .....	42
4.2.3 Reititykset .....	44
4.2.4 Tuotannon operaatiot .....	46
4.2.5 Varasto .....	46
4.2.6 Aikataulutus ja resurssointi .....	48
4.3 Välitulokset toiminnallisuuden testauksesta .....	50
4.4 Käyttöönotto .....	51
4.4.1 Tuoterakenteiden ja reititysten luonti .....	51
4.4.2 Varioituvat tuotteet .....	53
4.4.3 Tuotekohtaisten sarjanumeroiden luominen .....	56
4.4.4 Järjestelmän jalkauttaminen tehtaaseen .....	57
5. TULOKSET .....	58
5.1 Tutkimuskysymysten vastaukset .....	58
5.1.1 Järjestelmän soveltuvuus .....	58
5.1.2 Mitä uudella järjestelmällä saavutettiin? .....	59
6. PÄÄTELMÄT .....	64
6.1 Tulosten analysointi .....	64
6.1.1 Soveltuvuus kohdeyrityksen käyttöön .....	64
6.1.2 Saavutetut hyödyt .....	64
6.2 Pohdintaa uuden järjestelmän ominaisuuksista .....	66
6.3 Tavoitteiden saavuttaminen .....	68
6.3.1 Hyöty suhteessa panokseen .....	70
6.4 Jatkokehitysehdotukset .....	71
7. YHTEENVETO .....	73
LÄHTEET .....	75
LIITE A: ERP:N PROSESSIKAAVIO TUOTANNON NÄKÖKULMASTA .....	79
LIITE B: KYSELY EXCEL-POHJAISEN JÄRJESTELMÄN KÄYTTÄJILLE .....	80
LIITE C: AJANKÄYTTÖTUTKIMUKSEN PÖYTÄKIRJA .....	81

## KUVALUETTELO

<b>Kuva 1.</b>	OPP:n sijoittuminen eri tuotantostrategioilla (mukaillen lähdettä [33, s. 320]).....	7
<b>Kuva 2.</b>	Eri tilaus-/toimitusstrategioiden ominaisuuksia (mukaillen lähteitä [14],[33],[46]).....	9
<b>Kuva 3.</b>	CONWIP-, Multi-loop CONWIP- ja Kanban-ohjaustapojen periaatteelliset erot (mukaillen lähdettä [15, s. 351]).....	11
<b>Kuva 4.</b>	ISA-95:n mukainen tuotannonsuunnittelu ja -ohjaushierarkia (mukaillen lähdettä [2, s. 19]) .....	15
<b>Kuva 5.</b>	<i>ERP-tason toiminnallisuus (mukaillen lähdettä [15, p. 136])</i> .....	18
<b>Kuva 6.</b>	Tuotannon MOM-tason toiminnot (mukaillen lähdettä [45, s. 21]) .....	19
<b>Kuva 7.</b>	APS-tasoiset toiminnot karkeasti ottaen (mukaillen lähdettä [15, s. 136]).....	20
<b>Kuva 8.</b>	ERP:n ja APS:n väliset yhteydet (mukaillen lähdettä [54, p. 172]) .....	21
<b>Kuva 9.</b>	MES-toiminnallisuus (mukaillen lähdettä [15, s. 136]).....	22
<b>Kuva 10.</b>	Yrityksen toiminnan- sekä tuotannonohjauksen tasohierarkia eri järjestelmien ja toimintojen välillä. (mukaillen lähdettä [15, s. 136]) .....	23
<b>Kuva 11.</b>	Nykyisen tuotannonohjausjärjestelmän arkkitehtuuri .....	29
<b>Kuva 12.</b>	Lineaarisen IT-projektin vaiheet [51].....	35
<b>Kuva 13.</b>	V-mallin IT-projektin kaavio [51] .....	36
<b>Kuva 14.</b>	Työpisteen konfigurointi .....	41
<b>Kuva 15.</b>	Tuoteikkuna.....	42
<b>Kuva 16.</b>	Varioituva tuoterakenne .....	44
<b>Kuva 17.</b>	Reititys .....	45
<b>Kuva 18.</b>	Yksittäisen nimikkeen varastoreitti.....	48
<b>Kuva 19.</b>	Aikataulutuksen periaatekaavio [31] .....	49
<b>Kuva 20.</b>	Näkymä työjonosta.....	52
<b>Kuva 21.</b>	Esimerkkikaavio varioituvasta alikokoonpanosta varioituvan lopputuotteen osana tuoterakenteessa.....	54
<b>Kuva 22.</b>	Esimerkki varioituvasta tuoterakenteesta .....	55
<b>Kuva 23.</b>	Hyöty/panos kaavio .....	70

# TAULUKKOLUETTELO

<b>Taulukko 1.</b>	SWOT-analyysi nykytilasta.....	34
<b>Taulukko 2.</b>	Vertailu vanhan ja uuden järjestelmän ominaisuuksista.....	59
<b>Taulukko 3.</b>	Kyselyssä vanhasta järjestelmästä annetut arvosanat.....	61



## LYHENTEET JA MERKINNÄT

APS	Advanced Planning and Scheduling, tuotannosuunnittelujärjestelmä
ATO	Assembly To Order, tilauslähtöinen kokoonpano
BOM	Bill Of Material, tuoterakenne
CNC	Computer Numerical Control, tietokoneohjattu numeerinen ohjausjärjestelmä
CONWIP	Constant Work In Process, imuohjaustyyppinen tuotannonohjausmenetelmä
CRM	Customer Relationship Management, asiakastietojen hallintajärjestelmä
DCS	Distributed Control System, hajautettu IT-pohjainen prosessinohjausjärjestelmä
DTO	Design To Order, tuotteen suunnittelu tilausta vastaan
EOQ	Economic Order Quantity, optimaalinen tilauserän koko
ERP	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä
ETO	Engineer To Order, asiakaskustomointien suunnittelu tilausta vastaan
IT	Information Technology, tietotekniikka
JIT	Just In Time, juuri oikeaan aikaan ja tarpeeseen
KPI	Key Performance Indicators, tuotannon tärkeimmät arviointikriteerit
MPS	Master Production Schedule, karkea tuotannon aikataulutus
MES	Manufacturing Execution System, valmistuksenohjausjärjestelmä
MOM	Manufacturing Operations Management, tuotannon operatiivinen ohjaustaso
MRP	Material Requirements Planning, materiaaliatarpeiden suunnittelu
MRP-II	Manufacturing Resource Planning II, tuotannon resurssien suunnittelu
MTO	Make To Order, tilausohjautuva tuotanto
MTS	Make To Stock, varasto-ohjautuva tuotanto
OEE	Overall Equipment Effectiveness, tuotantolinjojen tehokkuuden mitaustapa ja tunnusluku
OPP	Order Penetration Point, tilauksen kohdistuspiste
OSS	Open Source Software, avoimen lähdekoodin ohjelmisto
PDM	Product Data Management, tuotetiedon hallintajärjestelmä
PLC	Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiikka
QA	Quality Assurance, laadunhallinta
SAP	Systemanalyse und Programmentwicklung, eräs kaupallinen toiminnanohjausjärjestelmä
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition, valvomo-ohjelmisto
SQL	Structured Query Language, standardoitu tietokannan kyselykieli
VBA	Visual Basic for Applications, Microsoft Office-ohjelmien oma ohjelmointikieli
WIP	Work In Process, keskeneräinen tuotanto
Y2K	Year 2 Kilo, vuosituhannen vaihtumisen aiheuttama ongelma IT-järjestelmien kaksinumeroisissa vuosilukukentissä

# 1. JOHDANTO

Tuotannonohjaus muodostaa merkittävän osan yrityksen kilpailukyvyistä. Valmistavassa teollisuudessa onkin käytössä usean tyyppisiä toteutustapoja tuotannon suunnittelulle ja ohjaukselle. [20] Karkeasti jakoa voidaan tehdä Make To Order (MTO), eli tilausohjautuvaan ja Make To Stock (MTS), eli varasto-ohjautuvaan tuotantoon. Myös näiden kahden tavan eri asteisia yhdistelmiä on käytössä, kuten Assembly To Order (ATO), eli kokoonpano tapahtuu tilausta vastaan. [46] Lisäksi jakoa voidaan tehdä informaatioteknologiaan (IT) perustuvien ja visuaalisen ohjauksen, kuten kaksilaatikkojärjestelmän välille. [21 s. 110]

Tässä diplomityössä keskitytään lähinnä informaatioteknologiaan perustuvien järjestelmien tutkimiseen, koska kohdeyrityksessä on jo entuudestaan käytössä tämän tyyppinen tuotannonohjaus- ja varastohallintajärjestelmä. Vanha järjestelmä kuitenkin haluttiin korvata uudella, kehittyneemmällä järjestelmällä. Syynä järjestelmän vaihtoon voidaan pitää muutamia vanhan järjestelmän heikkouksia, joihin kuitenkin palataan vasta tuonnempana. Lisäksi keskittämällä kaikki mahdollinen toiminta yhteen järjestelmään jää manuaalinen tiedon siirto eri järjestelmien välillä pois [20]. Tämä vähentää virheiden syntymistä, tehostaa toimintaa ja helpottaa tiedon etsimistä, koska kaikki tarvittava tieto löytyy samasta järjestelmästä.

## 1.1 Työn taustat ja lähtökohdat

Kohdeyrityksessä tuotannonohjausta hoidetaan tällä hetkellä Excel-työkirjoihin perustavalla tuotannonohjaus- ja varastohallintajärjestelmällä. Nykyjärjestelmään päädyttiin noin kymmenen vuotta sitten. Syynä tähän oli, että kaupallista tuotannonohjaus- ja varastohallintajärjestelmään ei ollut suunnitelmissa hankkia lähitulevaisuudessa suuren räätälöintitarpeen ja sitä kautta korkeaksi muodostuvan hinnan vuoksi. Toiminnan kasvaessa kuitenkin havaittiin, että jonkin tasoinen tietotekninen ratkaisu edellä mainittujen toimintojen hallinnoimiseen tarvitaan, mikäli halutaan toimia tehokkaasti ja minimoida materiaalipuutteet. Lisäksi kohdeyrityksessä löytyi sillä hetkellä riittävää osaamista Excel-pohjaisen järjestelmän suunnitteluun ja toteuttamiseen. [41]

Kohdeyrityksessä on myös osittaiskäytössä selainpohjainen, avoimeen lähdekoodiin perustuva toiminnanohjausjärjestelmä nimeltään Odoo. Käytössä oleva versio on 12.0

Community. Tästä järjestelmästä käytössä olevia moduuleja ovat Customer Relationship Management (CRM), myyntitilaukset, ostotilaukset, kotisivut ja verkkokauppa. Aikeissa on ollut järjestelmän päivitys versioon 14.0 Community, mutta ainakaan vielä tämän tutkimuksen alkuvaiheessa sitä ei katsottu ajankohtaiseksi. Sen sijaan prioriteeteissa korkeammalla olisi laajentaa käyttöä tuotannonohjaukseen ja varastonhallintaan, joiden tutkimusta ja käyttöönottoa tämä diplomityö käsittelee.

## 1.2 Tutkimuskysymykset ja -menetelmät

Tämän tutkimuksen ensimmäinen tutkimuskysymys kuuluu: **K1** soveltuuko uusi järjestelmä kaikilta osin korvaamaan vanhan järjestelmän? Tätä ensimmäistä kysymystä voidaan pitää kaikkein tärkeimpänä ja se onkin asetettu välttämättömäksi vaateeksi tutkimussuunnitelmaa tehtäessä. Toisin sanoen uuden tuotannonohjausjärjestelmän on kyettävä korvaamaan vanha järjestelmä niin, ettei toiminnallisuutta menetetä.

Toisena tutkimuskysymyksenä on: **K2** mitä järjestelmän vaihdoksella saavutetaan? Eli tuoko uusi järjestelmä toiminnallisuutta, joka puolestaan tehostaa toimintaa tuotannon suunnittelussa ja - ohjauksessa? Ja jos tuo, missä kohteissa ja mitkä ovat niiden vaikutukset?

Tämän tutkimuksen menetelmänä käytettiin teoreettisen tiedon hankintaa aiheesta jo julkaistuista tieteellisistä artikkeleista ja muista kirjallisuuslähteistä aiheeseen liittyen sekä ohjelmiston ylläpitäjän tarjoamaa dokumentaatiota. Lisäksi käytettiin deduktiivista päättelyä, joka perustuu aiheesta yleisesti tiedossa oleviin premisseihin. Myös käyttökoe kuului tämän diplomityön tutkimusmenetelmiin. Tuloksia hankittiin myös haastatteluilla ja järjestämällä kysely järjestelmän käyttäjille.

## 1.3 Aiheen rajaus ja tavoitteet

Tutkimus rajataan koskemaan tuotannonohjausmoduulia sekä tuotantoon välittömästi liittyvien moduulien, kuten varastonhallinnan käyttöönottoa. Lisäksi tuotteiden omakustannushintojen muodostumisen tarkastelu järjestelmän kautta liitetään tutkimukseen, mikäli se järjestelmän puitteissa on mahdollista. Tutkimuksen ulkopuolelle rajataan järjestelmän muiden moduulien toiminnallisuuden tutkiminen, ellei se suoranaisesti liity tuotantoon. Näihin saatetaan kuitenkin viitata työssä silloin, kun ne liittyvät tuotannonohjaukseen tai -suunnitteluun.

Tavoitteena on ottaa käyttöön uusi järjestelmä tuotannonohjaukseen ja -suunnitteluun. Uuden järjestelmän myötä tavoitellaan tuotannonohjauksen, materiaalivirtojen,

henkilöstö- ja koneresurssien tarkempaa hallittavuutta sekä reaaliaikaisempaa tuotannon läpinäkyvyyttä. Edellisten seurauksena odotetaan tilus- toimitusprosessin tehostumista ja palvelutason parantumista asiakkaiden suuntaan. Mikäli järjestelmän ominaisuudet sallivat, on vaadelistalla vielä tuotteiden omakustannehintojen muodostuminen järjestelmän kautta. Tätä ei kuitenkaan ole asetettu välttämättömäksi vaateeksi.

## 1.4 Yritysesittely

Tämän diplomityön kohdeyrityksenä toimii Remu Oy Ähtäristä. Alun perin yrityksen nimenä oli ST-tekniikka Oy, joka oli perustettu vuonna 1997. ST-tekniikka Oy valmisti omana tuotteenaan seulonta-asemia. Sen lisäksi alihankinnasta muodostui merkittävä osa yrityksen liikevaihdosta. Myöhemmin suunniteltiin ja valmistettiin seulakauhoja sekä amfibiokaivinkoneen ponttonialavaunuja. Pääraaka-aineena toimi ja toimii edelleen erilaatuiset, niin sanotut mustat teräkset ja erilaisen hydrauliiikan komponentit. Omia tuotteita kehitettiin voimakkaasti ja seulakauhoja markkinoitiin nimellä Remu. Amfibiokaivinkoneen ponttonialavaunujen kohdalla käytettiin tuotenimeä Big Float. Omien tuotteiden osuuden kasvaessa ja alihankinnan osuuden pienentyessä yritys muutti nimensä Remu Oy:ksi, valmistamiensa tuotteiden mukaan. Nimenvaihdos toteutettiin vuonna 2009. Tässä vaiheessa alihankinta jäi kokonaan pois ja fokus siirrettiin yksinomaan omien tuotteiden markkinointiin, tuotekehitykseen ja valmistukseen. Vuonna 2011 yritykselle valmistui uudet tuotanto- ja konttoritilat Ähtäriin. Tämä olikin huomattava parannus aiempaan, jolloin toimintaa harjoitettiin useassa eri toimipisteessä. [39],[41]

Nyt vuonna 2021 Remu Oy on edelleen perheyriutus, jolla on myös vuonna 2007 perustettu tytäryhtiö USA:ssa. USA onkin yrityksen huomattavin vientimaa, mutta vientiä harjoitetaan maailmanlaajuisesti muuallekin. Esimerkiksi Englannissa, Ranskassa ja Saksassa on hyvin toimivat jakelukanavat. [41]

Henkilöstöä yrityksen palkkalistoilla on yli 40 henkilöä konsernitasolla, joista merkittävä osa kuuluu globaalisti hajautettuun myyntitiimiin. Myynnillisesti parhaina vuosinaan on kohdeyritys ylännyt lähes 8 M€:n liikevaihtoon. Viennin osuus on kokonaisuutena erittäin merkittävä, yli 90 % koko liikevaihdosta. [41]

## 2. KIRJALLISUUSKATSAUS

Koska tämä diplomityö liittyy läheisesti tuotantoon ja sen ohjausjärjestelmiin, käsittelee myös kirjallisuuskatsaus asioita tuotannollisessa kontekstissa. Diplomityön aiheen mu-  
kaista teoreettista tutkimustietoa on kerätty esimerkiksi erilaisten tuotantoprosessien  
luokittelusta, tuotannon ohjaustavoista, informaatioteknologiaan perustuvien järjestel-  
mien historiasta sekä niihin liittyvistä standardeista. Lisäksi käsitellään avoimen lähde-  
koodin historiaa, periaatteita ja ideologiaa.

### 2.1 Tuotantojärjestelmien luokittelu

Alan kirjallisuuden tutkiminen osoittaa, että on mahdollista luokitella ja kuvailla erilais-  
ten tuotantojärjestelmien rakennetta ja ominaisuuksia. Tällaisen luokittelun ja kuvauk-  
sen tavoitteena on mahdollistaa näiden järjestelmien sisältämien prosessien, rajoitus-  
ten ja ohjausten parempi ymmärtäminen teoreettisella tasolla. Kirjallisuuden mukaan  
tuotantojärjestelmien luokituksia on useita erilaisia. [37] Tässä kappaleessa tarkistel-  
laan kuitenkin vain neljää yleisintä tuotantojärjestelmäluokitusta, joita ovat:

1. Virtaus- ja massatuotanto
2. Erätuotanto
3. Yksittäistuotanto
4. Projektituotanto

#### 2.1.1 Virtaus- ja massatuotanto

Kun valmistustoimintaa voidaan pitää sarjana jatkumoitte, luokitellaan se jatkuvaksi tuo-  
tannoksi. Jatkuva tuotanto voidaan edelleen jakaa kahteen erilliseen luokkaan, joita  
ovat virtaus- ja massatuotanto. Virtaustuotantoa kuvataan jatkuvana prosessina ja  
massatuotantoa erillisten osien valmistuksena. [37] Lisäksi virtaustuotantotermiin voi-  
daan rinnastaa prosessituotanto, jonka määritelmä Brownin mukaan on tuotteen jatku-  
vaa valmistusta, johon usein käytetään kemiallista prosessia fysikaalisten tai mekaanis-  
ten menetelmien sijaan. [5]

Massatuotannolle ominaista on suuret tuotantoerät, matalat yksikkökustannukset ja ra-  
jalliset tuotevariaatiot. Tyypillinen esimerkki massatuotannon käyttäjästä on

autoteollisuus, jossa valmistus perustuu pitkälti tarkkaan vaihejakoon, työn standardointiin ja kokoonpanolinjojen käyttöön. [52]

### **2.1.2 Erätuotanto**

Erätuotannossa samaa tuotetta valmistetaan ennalta suunnitellun kokoinen erä. Sen jälkeen tuote vaihdetaan toiseen, jälleen ennalta määritellyn kokoiseen erään valmistettavaa tuotetta. Erän ensimmäisen tuotteen aloittamisen ja viimeisen tuotteen valmistamisen välistä aikaa kutsutaan valmistusjaksoksi. [47]

Erävalmistuksen ominaisuuksiin kuuluu, että suuremmat eräkoot antavat operaattoreille paremman mahdollisuuden kehittyä työtehtävissään ja näin ollen tuottavuus yleensä muodostuu korkeammaksi. Lisäksi usein koneiden asetusajat per kappale jäävät sitä pienemmiksi, mitä suurempi on eräkokoko. Käytännössä tämä tarkoittaa, että yksikkökohtaiset kustannukset pienenevät erän koon kasvaessa. Toisaalta suuremmat eräkoot kasvattavat keskeneräistä tuotantoa ja varastoja, mikä puolestaan lisää sitoutuneen pääoman määrää. Eräkokoa määritettäessä onkin löydettävä sopiva tasapaino suuren eräkoon etujen ja haittojen välillä. Sitoutunut pääoma sekä tila- ja materiaalin käsittelykustannukset ovat suurimmat varastojen aiheuttamat kustannukset. Huomioitavaan on myös, että prosessivaraston kustannuksiin vaikuttaa valmistusjakson pituus. Mitä pidempi on valmistusjakso, sen korkeampi on varastokustannus. [47]

### **2.1.3 Yksittäistuotanto**

Yksittäistuotannolle on ominaista useat tuotteet, sekä yleensä vähäiset valmistusmäärät. Usein valmistusmäärät ovat kertaluonteisia. Lisäksi ominaista on, että yksittäisen tuotteen kysyntää on vaikea ennustaa. Kertaluonteisen tuotannon osalta ei yleensä odoteta toistuvuutta tai identtisten tilausten välinen aika on hyvin pitkä. Tuotantolaitoksen kapasiteettia on vaikea määrittellä, koska tuotekirjo ja variaatiot ovat lähes rajoittamattomia. Tämän lisäksi yksittäisten tuotteiden valmistustarpeet sanelevat tuotantolaitoksen reititykset ja valmistusprosessit. Yksittäistuotanto on tyypillisesti käsityövaltainen ja varustettu heikolla automaatioasteella. Etuihin voidaan lukea tuotantomuodon hyvä mukautuvuus asiakastarpeiden mukaan. Tyypillinen esimerkki tästä tuotantomuodosta on asiakaskohtaisesti kustomoitavien työstökoneiden valmistus. [37]

### **2.1.4 Projektituotanto**

Projektituotanto kuuluu yksittäistuotannon tapaan laajamittaisen tuotannon määrittämisen piiriin. Tuotteiden mittakaava ja ainutkertaisuus määrittelee valmistusta, mutta sen

pohjalta kuitenkin harjoitetaan tuotantotoimintaa. Jokainen uusi tuote on valmistusaikajan lopussa, eli uuden tuotteen valmistuminen päättää valmistuksen aikajanan kyseisen tuotteen kohdalla. Toisin sanoen valmistus on kertaluonteista. Erään määritelmän mukaan projektituotanto on ainutlaatuisen tuotteen tarjontaa, joka vaatii suurten tuotantopanosten koordinoitua asiakkaisvaatimusten saavuttamiseksi. [37]

Tässä tuotantojärjestelmäluokassa kapasiteettien on vaihdeltava projektin aikatauluvaateiden mukaan. Usein projektituotannon luonteeseen kuuluu jo projektisuunnitelmassa huomioitujen fasilitteettien, resurssien ja toimintojen suunnittelu käyttöpaikalleen. Olennaista on myös, että näitä tarvitaan tuotteen valmistamiseen. Osa projektin fasilitteeteistä valmistetaan käyttöpaikalla projekti-aikataulun mukaisesti, mutta suurin osa hankitaan muualta ja ne kootaan paikan päällä. Keskenäiset työt lisääntyvät projektin elinkaaren ajan ja usein asiakas maksaa erissä projektin etenemisen mukaisesti. Projektin valmistuksen keskeisenä tehtävänä on täyttää asiakkaan toiveet sovituksessa ajassa ja pitää samalla yllä kannattavuutta. [37]

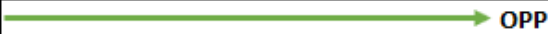









## 2.2 Tuotannonohjausperiaatteet

Valmistavan teollisuuden tuotantoa voidaan ohjata useiden erityyppisten periaatteiden mukaan ja kuten edellisistä kappaleista huomattiin, myös valmistettava tuote vaikuttaa ohjaustavan valintaan. Lisäksi käytössä on erilaisia tuotanto- /toimitusstrategioita. Ohjausperiaatteiden eroissa on usein kuitenkin kysymys myös siitä, mihin kohtaan ja millä lailla tuotantoketjussa yritykseen sisään tuleva tilaus vaikuttaa. Eli perustuuko valmistus ennusteeseen, vaatiiko tilaus tuotesuunnittelua ennen valmistusta, myydäänkö valmiita tuotteita varastosta, vai jotain siltä väliltä. [12],[14]

### 2.2.1 Tilauksen kohdistuspiste

Puhuttaessa tilauksen kohdentamisesta yrityksen arvoketjuun, voidaan käyttää termiä Order Penetration Point (OPP), eli tilauksen kohdentamispiste. Tällä tarkoitetaan pistettä, jossa tilaus kohdistetaan tuotantoa harjoittavan yrityksen arvoketjussa välille suunnittelu – valmiiden tuotteiden varasto. OPP:n asemointi vaikuttaa merkittävästi yrityksen kilpailukykyyn ja se tulisikin määrittää oikein suhteessa yrityksen liiketoimintaympäristöön. Määrityksessä tulisi huomioida tuotteiden kysyntä ja sen vaihtelu sekä tuotanto- ja toimitusaikojen välinen suhde. Kohdistuspiste jakaa Olhagerin mukaan arvoketun ennen OPP:a lean-osaan ja sen jälkeen joustavaan osaan. Lean-osalle tyypillistä on ennustehaus, suuret volyymit, rajoitettu tuotteiden varioituminen sekä kustannustehokas tuotanto. Joustavalle osalle taas tyypillistä on pieni keskenäisen

tuotannon arvo, tuotannon joustavuus ja rajoittamattomat asiakasräätelöintimahdollisuudet. Kuva 1 havainnollistaa, kuinka OPP sijoittuu eri tuotantostrategioiden suhteen akselilla tuotteen suunnittelu – toimitus. Kuvassa 1 esiintyvä termi Engineer To Order (ETO) tarkoittaa tuotteen suunnittelua vasta tilausta vastaan. [33]

Tuotantostrategiat	Suunnittelu	Valmistus	Kokoonpano	Toimitus
MTS (valmistus ennusteiden mukaan)				 OPP
ATO (kokoonpano tilausta vastaan)			 OPP	
MTO (valmistus tilauksesta)		 OPP		
ETO (suunnittelu tilausta vastaan)	 OPP			

*Kuva 1. OPP:n sijoittuminen eri tuotantostrategioilla (mukailen lähdettä [33, s. 320])*

## 2.2.2 Tuotannonohjausmenetelmien ominaisuuksia

Varasto-ohjaus, eli MTS tarkoittaa käytännössä, että tuotannonohjaus perustuu määriteltyjen varastotasojen seurantaan ja varaston täydennykseen. Toisin sanoen valmistuksen impulssit tulevat yrityksen omasta varastosta. Valmistusmäärät saattavat perustua myös ennusteisiin. Varasto-ohjauksessa jakelu tapahtuu suoraan varastosta tilauksia vastaan. Varasto-ohjaus tuotannonohjausmenetelmänä soveltuu käytettäväksi silloin, kun tuotteet eivät varioidu, epäkuranttiusriski varastoitaessa on pieni ja tilausten ennustettavuus hyvä. [46] Varasto-ohjauksen etuihin voidaan luetella lyhyet toimitusajat verrattuna muihin menetelmiin ja tasainen kuormitus tuotannossa. Haittapuolina taas ovat suuri pääoman sitoutuminen varastoon ja tuotteiden epäkuranttius- tai arvonalenemisriski.

Puhdas tilausohjaus, eli MTO tarkoittaa sitä, että kaikki valmistus tapahtuu tilausta vastaan. Valmistusimpulssi tulee siis asiakaslähtöisestä tilauksesta. Tilausohjaus on käytökelpoinen menetelmä silloin, kun tuotteet varioituvat paljon ja tilauksen spesifikaatiot vaikuttavat jo tuotannon alkuvaiheista saakka tuotteen rakenteeseen. Vaatimuksena kuitenkin on, että tuotevariaatioiden kirjo ei vaadi tilauskohtaista tuotesuunnittelua. [14] Tilausohjauksen etuja ovat tuotteiden suuri kustomointimahdollisuus, varaston pieni epäkuranttiusriski sekä pieni varastoon sitoutuneen pääoman määrä. Haittapuolina ovat pitkät toimitusajat sekä suuret kuormitusvaihtelut.

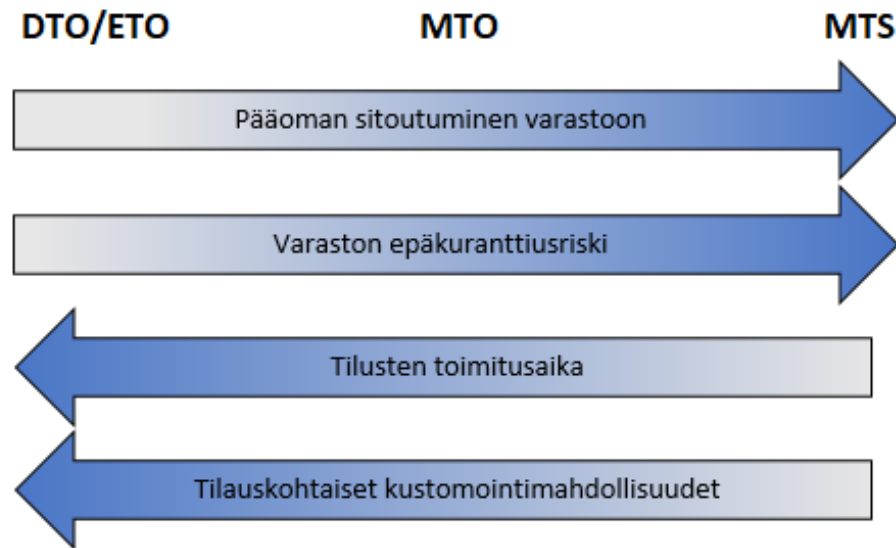
Kahden edellisen ohjausmenetelmän välimuotona voidaan pitää ATO:a, eli kokoonpanoa tilausta vastaan. Tässä menetelmässä tuotteita voidaan valmistaa varastoon tiettyyn valmiustasoon asti. Tilausimpulsseja tulee sekä varastosta, että asiakaslähtöisistä tilauksista. Tilausta vastaan suoritetaan loppukokoonpano, joka hyödyntää varastossa valmiina olevia osakokoonpanoja. Osakokoonpanot voivat olla modulaarisia, jolloin



niitä yhdistelemällä on mahdollista koota tilauskohtaisten spesifikaatioiden mukaisia loppukokoonpanoja. ATO-ohjausmenetelmä soveltuu käytettäväksi silloin, kun asiakaskustomoinnit voidaan toteuttaa vasta loppukokoonpanovaiheessa ja tuotannon alkupään ollessa tuotteen osalta varioitumaton, eli tuoterakenteeltaan vakio. Ominaisuuksiltaan ATO on puhtaan tilausohjauksen ja varasto-ohjauksen välimuoto. Tällöin se myös on kompromissi etujen ja heikkouksien suhteen. Ominaisuuksien painopisteet riippuvat siitä, mihin kohtaan arvoketjussa tilauksen kohdennuspiste on määritetty. Eli jos tilauksen kohdennuspiste on lähellä arvoketjun loppua, painottuvat ominaisuudet lähelle varasto-ohjausta ja päinvastoin. [33]

ETO-strategiaa käytetään silloin, kun tuotteet ovat kustomoitavissa täysin asiakastarpeen mukaan. Kuitenkin liiketoiminta-alan rajoitukset huomioiden [49]. Tällöin tilausta vastaan aloitetaan tuotteen suunnittelu asiakaskustomointien osalta. Design To Order (DTO)-termi tunnetaan menetelmänä, jossa koko tuotteen suunnittelu aloitetaan tilausta vastaan. DTO-tuotantomenetelmää käytetään myös niin sanottujen massaräätälöityjen tuotteiden kohdalla. Massaräätälöinnillä tarkoitetaan tuotteiden kokoamista parametrisoitujen konfiguraatioiden mukaan [43]. DTO- tai ETO-ohjausmenetelmää käyttää tyypillisesti esimerkiksi laivateollisuus. Varsinkin ETO-menetelmän kohdalla usein tuoterakenteen sisältämät materiaalit ja komponentit hankitaan vasta tuotemäärittelyn ja -suunnittelun jälkeen. [49] Nämä ovat yleensä myös tilauksesta toimitukseen läpäisyajaltaan pisimmät tuotanto-/toimitusmenetelmät [33].

Edellä käsitellyissä tuotantomenetelmissä painottuvat erilaiset ominaisuudet. Kuva 2 havainnollistaa, kuinka eri ominaisuudet painottuvat siirryttäessä suunnittelulähtöisistä tuotannonohjausmenetelmistä kohti varasto-ohjautuvaa menetelmää. Nuolen suunta kuvaa kyseisen ominaisuuden kasvamista tai korostumista.



*Kuva 2. Eri tilaus-/toimitusstrategioiden ominaisuuksia (mukaillen lähteitä [14],[33],[46])*

### 2.2.3 Lean ohjausmenetelmä

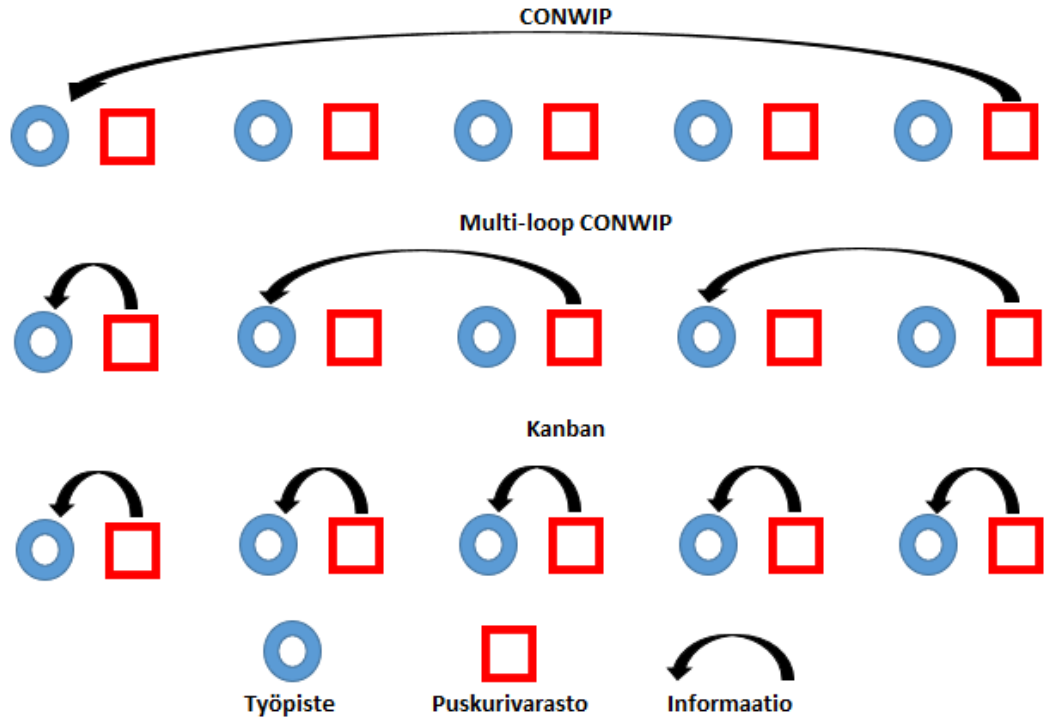
Leanin periaatteena on kasvattaa tuotannon virtaustehokkuutta ja minimoida hukkaa sen eri esiintymismuodoissa. Lean-ajattelumalliin liitetään myös termi JIT (Just In Time). JIT tarkoittaa, että valmistettavassa kokoonpanossa tarvittavat osat saapuvat tuotantolinjalle juuri silloin, kun niitä tarvitaan ja oikeamääräisenä. Tämän ajatusmallin tarkoituksena on, että tuotantolaitos voi toimia lähes nolla varastolla. [34] Menetelmän ohjauksellinen näkökulma on, että lähes nolla tasolla toimiva varasto parantaa tuotannon ohjattavuutta, koska keskeneräinen tuotanto pienenee ja tehokkuusongelmat eivät piiloudu varastoihin. [30, s. 402] Lisäksi läpäisyajkojen vaihtelu pienenee, koska tarkkaan ajoitetut materiaalivirrat ohjaavat linjan tahtiaikaa [15, p. 165]. Tämä puolestaan parantaa tuotannon ennustettavuutta, helpottaa tuotannosuunnittelua ja parantaa toimitusvarmuutta. Tuotannon tehostamisen näkökulmasta hukan poistaminen pienentää kustannuksia ja parantaa virtaustehokkuutta, joka edelleen lyhentää läpäisyäikää. Lisäksi pääoman sitoutuminen varastoihin ja keskeneräiseen tuotantoon pienenee. Lean-filosofiassa kaikki asiat, jotka eivät kehitä tuotteen jalostusarvoa ovat hukkaa. Hukan eri muotoja on leanin mukaan seitsemän [26, s. 75], [8 p. 10]:

1. Yli tuotanto (Tehdään vain sitä, mitä asiakas haluaa.)
2. Odottaminen (Vältetään koneiden ja henkilöiden odotusaikaa.)
3. Kuljettaminen (Vältetään tarpeettomia materiaalien siirtoja.)

4. Yliprosessointi (Tehdään vain asioita, joista asiakas on valmis maksamaan.)
5. Varastointi (Turhaa varastointia on vältettävä.)
6. Virheet (Tehdään kerralla oikein.)
7. Liikkuminen (Vältetään työntekijöiden turhia liikkumisia.)

Lean sisältää myös puhtaasti ohjauksellisia menetelmiä, joita ovat Kanban, CONWIP (Constant Work In Process) ja kapeikko-ohjaus. Kanban terminä tarkoittaa tuotantoketjussa taaksepäin annettavaa informaatiota siitä, mitä kulloinkin pitää valmistaa tai kuljettaa valmistusketjussa eteenpäin [30, s. 406], [38]. Käytännössä kyseessä on siis imuohjaukseen verrattavissa oleva järjestelmä [15, s. 355]. Kanban-informaatio voi liikkua visuaalisessa muodossa, esimerkiksi Kanban-korttien avulla sekä sähköisessä muodossa, valojen tai näyttöjen välittämänä. CONWIP on kuten Kanban, mutta tässä menetelmässä puuttuu tieto valmistettavasta tuotteesta. Ominaista on myös, että valmistustietoimpulssi liikkuu koko valmistusketjun yli lopusta alkuun, eikä edelliseen vaiheeseen, kuten Kanban-ohjauksessa. Valmistuksen priorisointi tulee tuotannonohjauksesta, mutta tieto milloin voidaan aloittaa seuraava työ, tulee valmistusprosessista. [38] Edellisten lisäksi kirjallisuudessa tunnetaan ohjaustermi Multi-Loop CONWIP, jossa tietoa siirretään pienemmissä vaiheissa valmistusketjussa taaksepäin, eikä koko ketjun yli [16].

Kuva 3 osoittaa graafisesti periaatteelliset erot edellä käsiteltyjen kolmen lean-ohjausmenetelmän välillä. Siniset merkit kuvaavat työpisteitä, punaiset merkin puskurivarastoja ja mustat nuolet informaation liikettä työpisteiden välillä.



**Kuva 3.** CONWIP-, Multi-loop CONWIP- ja Kanban-ohjaustapojen periaatteelliset erot (mukailten lähde [15, s. 351])

Kapeikko-ohjauksessa tuotannon pullonkaulavaiheen kuormitusta rajoitetaan niin, että sallitaan muille vaiheille tyhjäkäyntiä. Koska koko tuotantolinjan kapasiteetti ei voi olla suurempi, kuin pullonkaulavaiheen kapasiteetti, voidaan koko tuotantolinjaa ohjata pullonkaulavaihetta ohjaamalla. [29] Rajoittaminen voi tapahtua syöttämällä uusia töitä työhön vain, kun pullonkaulavaiheen kuormitus sen sallii. Pullonkaulavaiheen kuormituksen rajat on usein ennalta määritetyt. Rajoittamalla pullonkaulavaihetta saadaan keskimääräinen läpimenoaika pienenevän, koska töitä ei jää odottamaan pullonkaulavaiheen läpäisyä, vaan ne läpäisevät sen saman mittaisella odotusajalla. [15, p. 458–460] Pullonkaulavaihetta on mahdollista myös pyrkiä avartamaan, jolloin vastavasti koko tuotantolinjan kapasiteetti kasvaa ja läpäisyajat lyhenevät, kunnes pullonkaula siirtyy seuraavaan paikkaan [29].

## 2.2.4 Tehokkuusparadoksi

Eräs tuotannonohjaukseen liittyvä ilmiö on tehokkuusparadoksi. Modig & Åhström kertoo, että ”virtaustehokkuus on arvoa tuottavien toimintojen summa suhteessa läpimenoaikaan” [26, s. 26]. Resurssitehokkuus puolestaan tarkoittaa käytettävissä olevien resurssien mahdollisimman hyvää hyödyntämistä [26, s. 9]. Resurssien hyödyntämisestä käytetään myös termiä käyttöaste. Tehokkuusparadoksi on ristiriita näiden kahden

tehokkuuden lajin välillä. Paradoksi syntyy siitä, että huomio kohdistetaan parempaan resurssien hyödyntämiseen, joka puolestaan lisää kokonaistyömäärää [26, s. 47].

Resurssitehokkuudessa pääpaino on resurssien hyödyntämisessä, joka aiheuttaa yleensä kasvavaa keskeneräistä tuotantoa, suurempia varastoja ja pidempiä tuotteiden läpimenoaikoja [26, s. 20]. Tämä johtuu siitä, että kaikkia resursseja ohjataan tekemään tuotteita kysynnästä riippumatta. Mikä edelleen johtaa varastojen ja keskeneräisen tuotannon kasvamiseen. Lisäksi resurssitehokkuuden ongelma on, että usein resurssit on ohjattu tekemään työtä, joille ei ole akuuttia tarvetta. Tämä aiheuttaa toissijaisia tarpeita, kuten ylimääräisiä varastosiirtoja, jotka ovat lean-filosofiassa hukkaa. [26, s. 58–59] Edellä mainittu tilanne johtaa virtaustehokkuuden laskuun ja läpäisyaikojen pidentymiseen. Resurssitehokkuuden etuihin puolestaan kuuluu nimensä mukaisesti olemassa olevien resurssien maksimaalinen hyödyntäminen.

Virtaustehokkuuden maksimointiin keskittyvässä toimintamallissa pyritään tuotantoprosessin läpi virtaava tuote, eli virtausyksikkö, pitämään koko ajan jalostusarvoa lisäävässä tilassa. Virtaustehokkuudessa siis pyritään saavuttamaan virtausyksikölle mahdollisimman lyhyt läpimenoaika. Kirjallisuudessa puhutaan virtaustehokkuuden yhteydessä myös arvon siirron tiheydestä. Kirjassaan Modig & Åhström sanoo, että ”*virtaustehokkuudessa on tarkemmin sanottuna kyse siitä, kuinka suuri osuus arvoa tuottavilla toiminnoilla on läpimenoajasta*”. [26, s. 26–27]

### **2.3 Informaatioteknologiaan perustuvien järjestelmien historiaa lyhyesti**

Toiminnanohjausjärjestelmien kehityksen voidaan katsoa alkaneen jo 1960-luvulla. Tuolloin suuriin volyymeihin ja tuotekeskeisiin valmistusstrategioihin perustuvaa tuotantoa ohjattiin yleensä Material Requirements Planning (MRP)-periaatteella. Järjestelmän tyypillisiä ohjausparametrejä olivat Economic Order Quantity (EOQ), eli optimoitu erä-koko ja tilauspiste. Näillä ohjattiin materiaalivaraston tasoja ja täydennyksiä. [15, s. 109]

ERP:n edeltäjä syntyi 1960-luvun lopussa, kun Case-merkkisiä traktoreita ja työkoneita valmistava yritys yhteistyössä IBM-yhtiön kanssa otti käyttöön MRP:in perustuvan ohjelmiston. Tätä pidettiin aikansa huippumenetelmänä monimutkaisia koneita valmistavan yrityksen tuotannon- ja varastohallinnassa. Järjestelmä perustui magneettinauhoille tallennettavaan dataan. Varastoitavat nimikkeet saldoineen oli tallennettu nauhalle, jota kutsuttiin master dataksi. Viikon varastotapahtumat nauhoitettiin omalle

nauhalleen. Näiden kahden nauhoitteen avulla pystyttiin muodostamaan ja tallentamaan aina uusi master data jokaisen työviikon jälkeen. [17]

1970-luvun puolivälissä syntyi suuria ohjelmistoyrityksiä, joista myöhemmin tuli tunnettuja ERP-toimittajia. Vuonna 1972 viisi saksalaista insinööriä käynnisti toiminnanohjausjärjestelmän kehittämisen, joka tunnetaan tuotenimellä Systemanalyse und Programmentwicklung (SAP). Oracle puolestaan tarjosi vuonna 1979 ensimmäisenä kaupallisena toimijana Structured Query Language (SQL)-relaatiotietokannan hallintajärjestelmän. 1980-luvun alussa järjestelmien laitevaatimukset kehittyivät jo niin, että myös pk-sektorin yrityksillä oli mahdollisuus hyödyntää niitä. Termi Manufacturing Resource Planning II (MPR-II) otettiin käyttöön uusimpien järjestelmien kapasiteetin salliessa muidenkin resurssien, kuin materiaalien ennakoivaa suunnittelua. 1980-luvun ohjelmistoversioiden kehitys auttoi myös valmistavan teollisuuden kilpailukykyä parantumisessa. [17]

Termi ERP otettiin varsinaisesti käyttöön vasta 1990-luvun alussa Gartner-konsernissa. ERP:n kriteereiksi määriteltiin missä määrin ohjelmisto integroitui eri toimintojen välillä, sekä niiden sisällä. Osa järjestelmistä ei täyttänyt näitä kriteerejä sillä perusteella, ettei niillä ollut automaattisia rajapintoja esimerkiksi saapuvien ja lähtevien varastotapahtumien, sekä tuotannon raaka-ainekulutuksen välillä. [17]

Eräs merkittävä ERP:n yleistymiseen vaikuttanut tekijä oli Year 2 Kilo (Y2K) -ongelma ja sen ratkaisu. Vuosituhannen vaihtumisen pelättiin aiheuttavan sekaannusvaaraa vanhojen järjestelmien kaksinumeroisissa vuosilukukentissä, koska vuosiluku 00 voitiin kaksinumeroisessa kentässä tulkita luvuksi 1900 tai 2000. Uudemmissa järjestelmissä vuosiluvulle oli varattu nelinumeroisen kenttä, koska muisti ei enää ollut niin kallista, eikä sen säästämiseksi täten ollut enää niin suurta tarvetta. Näin sekaantumisen vaara vuosilukujen suhteen oli korjattu. Vuosituhannen vaihteen jälkeen ERP-järjestelmät yleistyivät ja myös pk-sektorin yritykset alkoivat enenevässä määrin investoimaan toiminnanohjausjärjestelmiin. [17]

Nykyään ERP-ohjelmistopakettien räätälöidään jo suurelta osin tietyille markkinasegmenteille. Tällaisia segmenttejä ovat esimerkiksi autoteollisuus, jalostamatoiminta tai sairaalat. [42] Valmistavan teollisuuden lainallisuudet ovat pysyneet samana koko ERP:n kehityshistorian ajan, vaikka tavassa toteuttaa tuotantoa on suuriakin yrityskohtaisia eroja. Näitä eroja ERP-järjestelmät eivät perinteisesti ole pystyneet huomioimaan. Tästä syntyi käytännön tarve kehittää myös paremmin tuotantoon orientoituneita ohjausjärjestelmiä, jotka toimivat osana toiminnanohjausjärjestelmää.

## 2.4 Eri tasoiset ohjausjärjestelmät ja niiden tehtävät

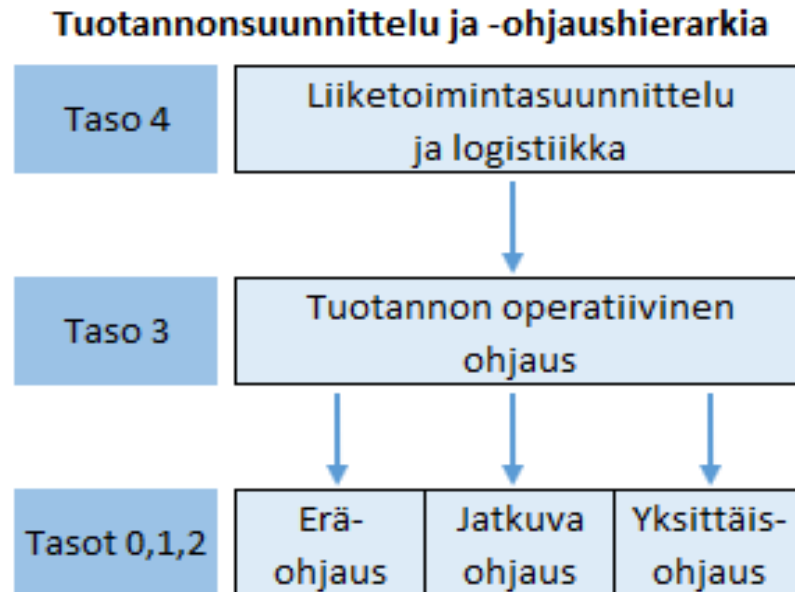
Ohjausjärjestelmien historialluvussa puhuttiin yleisesti ottaen vain ERP-järjestelmistä. On kuitenkin olemassa myös muunlaisia ja tasoisia tuotannonohjaus- sekä tuotannon-suunnittelujärjestelmiä. Näiden järjestelmien rajapintojen liitännäisyyden yhtenäistämiseksi on luotu myös standardeja, joita käsitellään seuraavassa luvussa. Lisäksi standardeihin viitataan myös tulevaisuudessa kappaleissa usein, kun puhutaan eritasoisesta toiminnan- tai tuotannonohjauksesta.

### 2.4.1 Ohjausjärjestelmien standardit

Tuotannonohjausjärjestelmiin on kehitetty sekä kansainvälisiä, että kansallisia standardeja. ISA-95.00.03 on kansainvälinen standardi ja vastaava, vahvistettu kansallinen standardi on SFS-EN 62264-3. Molemmissa käsitellään tuotannon ohjausjärjestelmiä ja tuotantoautomaatiota tasohierarkian näkökulmasta. Kansallisessa SFS-standardin kolmannessa osassa keskitytään ohjausjärjestelmien ominaisuuksiin ja integrointiin muiden järjestelmien kanssa. Lisäksi siinä käsitellään tuotannon operatiivisia toimintoja. [2], [45] SFS-EN 62264-1, eli kansallisen standardin ensimmäinen osa taas käsittelee lähinnä toiminnan malleja ja terminologiaa [44].

Kansainvälisen ISA-95-standardin tarkoitus on yhtenäistää ohjausjärjestelmien keskinäinen integraatio. Toisin sanoen tarkoituksena on määritellä yrityksen ohjausjärjestelmien, tehtaassa sijaitsevien operatiivisten järjestelmien sekä automaation välistä suhdetta ja vastuunjako. Tuloksena on syntynyt standardoitu rajapinta, joka mahdollistaa ohjausjärjestelmien välisen kommunikoinnin riippumatta järjestelmän ominaisuuksista tai toimittajasta. ISA-95 standardoi myös yrityskohtaisissa Manufacturing Execution System (MES)-projekteissa käytettävän terminologian. Tämä tehostaa sekä organisaation sisäistä, että eri organisaatioiden välistä kommunikointia, koska tällöin kaikki osapuolet puhuvat samoista asioista samoilla termeillä. Rajapintojen ja toiminnallisuuksien standardoinnit vaikuttavat paitsi toimintojen kehittämiseen, myös kustannuksiin, sillä yhtenäistäminen vähentää yrityskohtaisten räätälöintien tarvetta MES-projekteissa. [42]

ISA-95-standardi on jaotellut tuotannonohjauksen ja -suunnittelun neljälle eri tasolle. Kuvassa 4 on nähtävissä tasohierarkia ja tasojen sisältämät toiminnot karkeasti.



**Kuva 4.** ISA-95:n mukainen tuotannosuunnittelu ja -ohjaushierarkia (mukaillen lähdetä [2, s. 19])

Sadik & Urban luettelevat seuraavia, tasoihin 0–4 kuuluvia käytännön esimerkkejä tuotannonohjauksen ja -suunnittelun toteutuksesta ISA-95-tasohierarkian mukaan: [40]

- Taso 0: Tuotannon prosessit (fyysiset tuotannon prosessit)
- Tasot 1–2: Tuotannon ohjaus (perusohjaus, valvonta, prosessin herkkyys, prosessin käsittely)
- Taso 3: Tuotannon operatiivinen johto (lähetystoiminta, tuotannon yksityiskohdista päättäminen, aikataulut, koneiden ja laitteiden kunnossapito)
- Taso 4: Liiketoimintasuunnittelu ja logistiikka (tuotantosuunnitelma ja karkea kuormitus, operatiivinen johto)

SFS-EN 62264-1 määrittelee tasokohtaisia toimintoja hyvinkin tarkasti, kun edellisen listauksen määrittelyt olivat melko suurpiirteisiä. Esimerkiksi pelkästään tason 4 tehtävien on tyypillisesti kerrottu sisältävän seuraavia toiminnallisuuksia: [44]

- a) Raaka-aineiden ja osien käytön ylläpito sekä käytettävissä olevan varaston inventointi ja edellisten perusteella tiedon tuonti materiaali- ja energiahankintojen tarpeeseen.



- b) Ylläpitää ja kerätä yleisesti käytettävissä olevaa varastodataa hankintatoimea varten.
- c) Ylläpitää ja kerätä yleisesti tavaroiden varastodataa tuotantoprosessista.
- d) Ylläpitää ja kerätä laadunvalvontadataa asiakasvaatimusten mukaisesti.
- e) Ylläpitää ja kerätä koneiden ja laitteiden käyttö- sekä elinkaaridataa ennalta- ja ennaltaehkäisevää kunnossapitosuunnittelua varten.
- f) Kerätä ja ylläpitää työvoiman käyttöä koskevia tietoja henkilöstöhallinnon ja kirjanpidon käyttöön.
- g) Laatia yksikön perustuotantoaikataulu.
- h) Muokata tuotantoaikataulua energian saatavuus, virrankulutus tasojen, ja huoltotarpeiden muuttuessa vastaamaan uusia vaatimuksia.
- i) Kehittää ennaltaehkäisevän kunnossapidon aikataulua ja optimoida sitä tuotantoaikataulun kanssa.
- j) Selvittää optimaaliset raaka-aineen, energialähteiden ja komponenttien varastotasot kussakin varastointipisteessä sisältäen MPR-hankinnat.
- k) Tuotantoaikataulujen muutokset aina, kun tuotannossa esiintyy merkittäviä häiriötekijöitä.
- l) Tuotannon kapasiteettisuunnittelu kaikkien edellä mainittujen toimintojen perusteella.

## 2.4.2 Toiminnanohjausjärjestelmät

ERP-järjestelmiä voidaan pitää ylimpänä tasona yrityksen toiminnanohjauksessa ja siihen liittyvissä ohjelmistoissa [6]. ERP-järjestelmän ensisijaisena tarkoituksena on muodostaa saumaton, toisiinsa liittyvä tieto koko organisaation yli [23]. Tiedon tehokas käyttö puolestaan parantaa yrityksen kilpailukykyä, koska se tukee faktoihin perustuvaa päätöksentekoa. Yleensä ERP-tason, eli ISA-95:n taso 4:n, toiminnallisuusteen kuuluu esimerkiksi seuraavia toimintoja: [18]

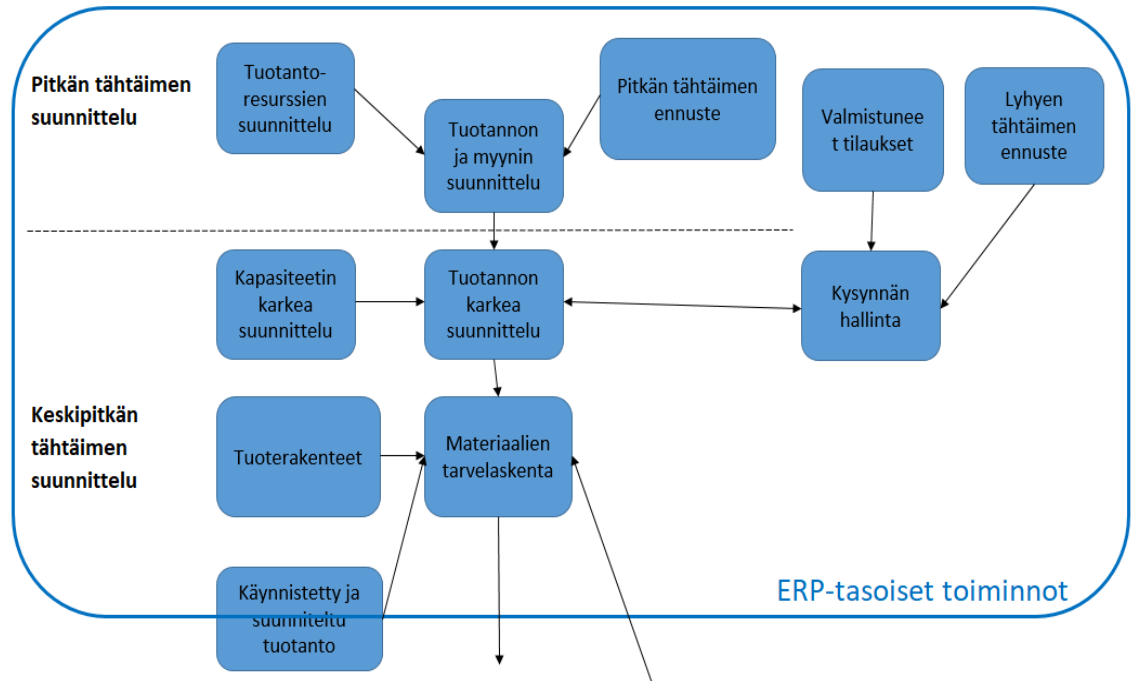
- taloushallinto (esim. laskutus, myynti- ja ostoreskontra)
- henkilöstöresurssien hallinta

- varaston hallinta
- myynnin toimintojen hallinta (esim. CRM, tarjoukset, myyntitilaukset)
- liiketoiminnan suunnittelu
- tuotannon karkea suunnittelu
- toimitusketjun hallinta (esim. ostotilaukset)
- varaston hallinta

Koska ERP-järjestelmät ovat rakentuneen pitkälti materiaalitarpohjaisen, MRP:n ja MRP II:n toteutuksen lähtökohdista, saattaa niillä olla joitakin päällekkäisiä toiminnallisuksia MES:n kanssa [9]. Tällaisia voivat olla esimerkiksi tuotannon karkea aikatauluutus, materiaalienhallinta, varastonhallinta ja laadunhallinta. Edellä mainitut toiminnallisuudet saattavat löytyä yrityksen molemmista järjestelmistä ja tällöin yrityksen tehtäväksi jää päättää, kumpaa järjestelmää se käyttää minkäkin toiminnon hallintaan.

ERP ei yleensä sisällä tuotannon hienokuormitus ominaisuuksia, vaan kuormitusuunnittelu on kapasiteettirajoittamatonta [53]. Tämä tarkoittaa käytännössä, että samalle kuormitussolulle voidaan samanaikaisesti suunnitella useita töitä järjestelmän siitä varoittamatta tai sitä estämättä. Lisäksi ERP:n haasteena on tuotannon ohjauksen ja hienokuormituksen näkökulmasta läpinäkyvyyden ja reaaliaikaisuuden puute, eli tuotannon tapahtumat näkyvät järjestelmässä vasta viiveellä.

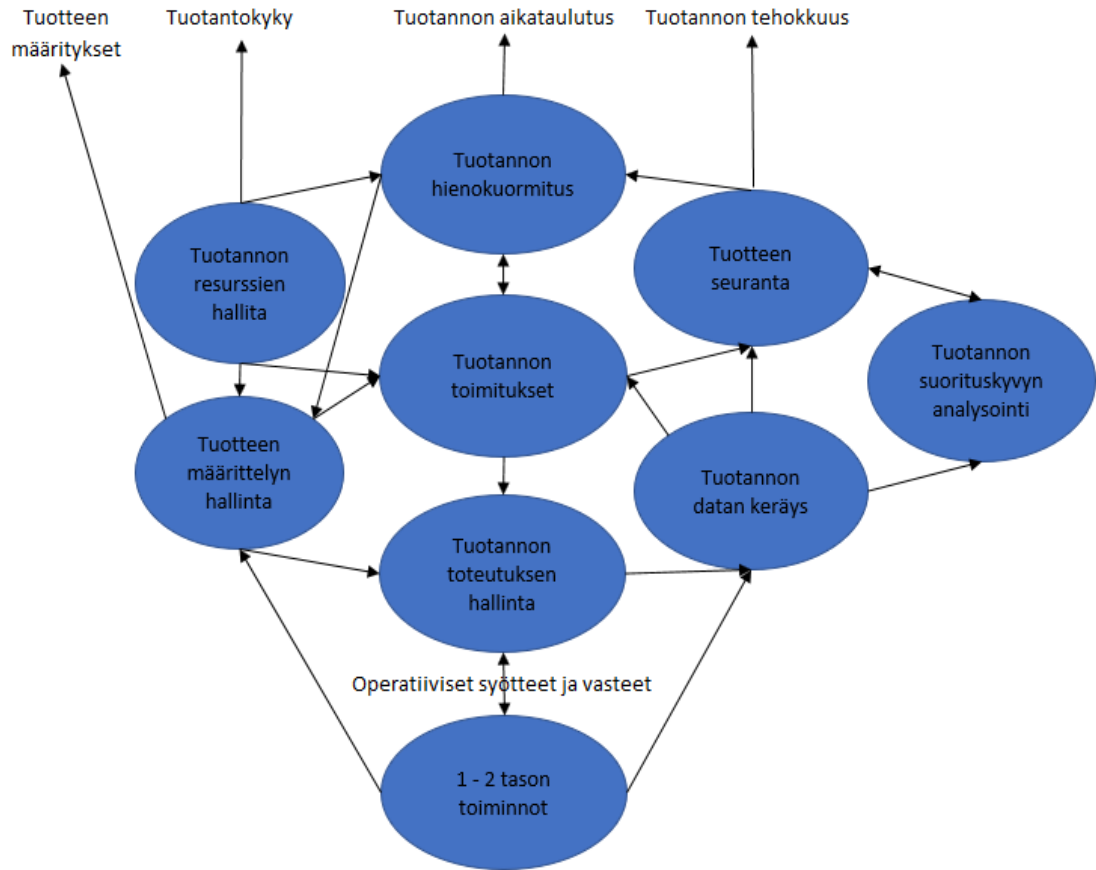
Kuvassa 5 on havainnollistettu, kuinka ERP-järjestelmä ottaa kantaa toimintojen suunnittelun aikajänteeseen. Hopp & Spearmannin mukaan pitkäntähtäimen suunnitteluun kuuluu tuotannon resurssien, tuotannon ja myynnin suunnittelua sekä pitkäntähtäimen ennustaminen. Keskipitkäntähtäimen suunnitteluun taas on otettu mukaan karkea kapasiteetti suunnittelu, tuoterakenteet, tuotannon karkea suunnittelu, materiaalien tarvelaskenta sekä kysynnän hallinta. [15, p. 136]



**Kuva 5.** ERP-tason toiminnallisuus (mukaillen lähdettä [15, p. 136])

### 2.4.3 Tuotannonohjaus osana toiminnanohjausjärjestelmää

Manufacturing Operations Management, eli (MOM)-tasoinen ohjaus tarkoittaa ISA-95-standardin mukaan valmistavanteollisuuden toimintoja, jotka koordinoivat henkilöstöä, laitteita, materiaalia ja energiaa. ERP-järjestelmä saattaa sisältää MOM-tasoisista toiminnallisuutta. MOM-toimintoihin liitetään yleisesti myös tuotannosuunnittelu, -aikataulutus, tiedonkeräys ja raportointi. [3] MOM-taso pitää sisällään ohjauksen lisäksi myös tuotannosuunnittelun ja -aikataulutuksen. Lisäksi tasolle kuuluu varastojen, kunnossapidon ja laadun hallintaan liittyvät toiminnot. [20] Kuvasta 6 voidaan nähdä SFS-EN 62264-3:2017-standardin määrittelemät tuotannon toiminnon MOM-tasolla.



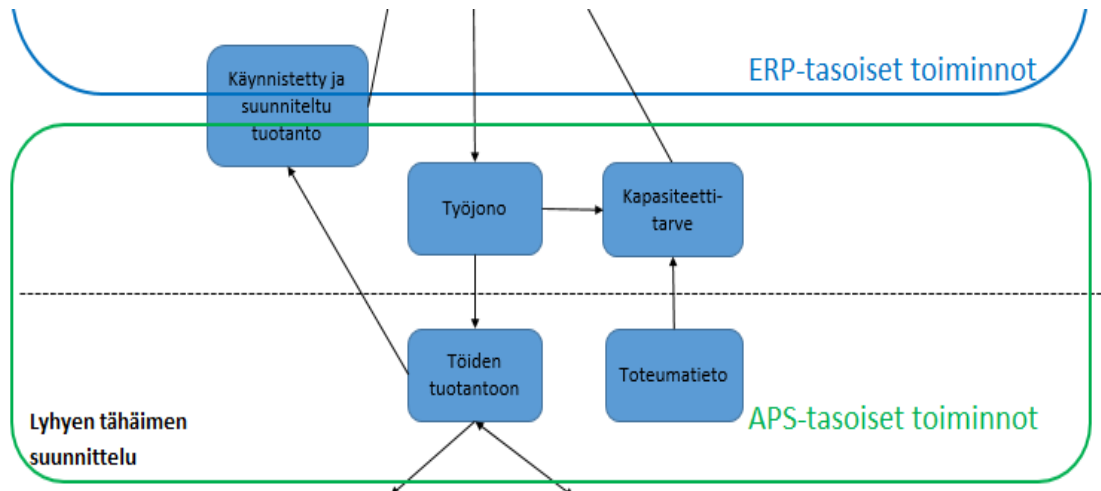
**Kuva 6.** Tuotannon MOM-tason toiminnot (mukaillen lähdettä [45, s. 21])

MOM-taso pitää sisällään sekä Advanced Planning and Scheduling (APS)-, että MES-tasoista ohjausta, joiden tarkempaan sisältöön palataan niitä käsittelevissä kappaleissa. Kuitenkaan MES tai APS ei ole välttämättä yksi tai useampi järjestelmä, vaan pikemminkin joukko erilaisia toimintoja, joita voidaan toteuttaa ja hallita eri ohjelmistomoduuleilla [20].

#### 2.4.4 Täydentävät tuotannonohjausjärjestelmät

APS:n tarkoitus on täydentää ERP:n ja MES:n toimintoja tuotannosuunnittelussa ja hienokuormituksessa [3]. Varsinkin ERP:n karkeat tuotannosuunnittelumoduulit, eli MOM-toiminallisuus, eivät yleensä sisällä riittävän toden mukaisia kapasiteettirajoitteita. Siksi ne eivät yksinään anna riittävän tarkkoja suunnittelutuloksia [23]. APS taas mahdollistaa tilausten automaattisen aikataulutuksen ja resurssien riittävyyden tarkastelun. Lisäksi APS:n avulla on myös mahdollista etsiä parasta mahdollista töiden järjestystä läpimenoaikojen minimoimisen näkökulmasta. APS:n toiminnansuunnittelun aikajanaan kuuluu sekä keskipitkän, että lyhyen tähtäimen suunnittelua. [3] Kuvasta 7 on havaittavissa, että käynnistetty ja suunniteltu tuotanto, on ERP:n ja APS:n rajapinnalla,

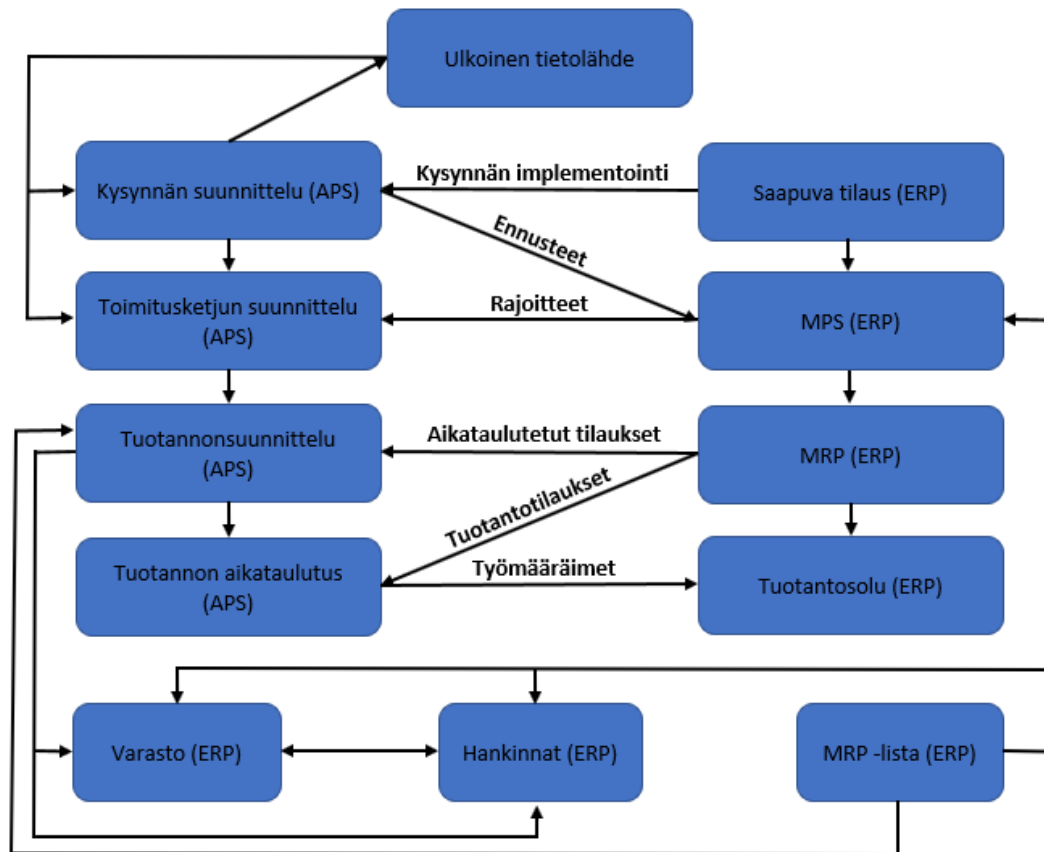
eli toiminto saattaa esiintyä kummassa tahansa järjestelmässä. Tällaisessa tapauksessa yritys joutuukin tekemään päätöksen kumpaa järjestelmää se käyttää.



**Kuva 7.** APS-tasoiset toiminnot karkeasti ottaen (mukaillen lähdettä [15, s. 136])

Wang & Liu kuvailee APS:n olevan edistynein suunnittelu- ja aikataulutustyökalu. Arvio perustuu siihen, että järjestelmät sisältävät kapasiteetti rajoitteet ja toimitusketjun hallinnan. Lisäksi järjestelmät sisältävät yleensä suuren määrän matemaattisia malleja optimointi- ja simulointitekniikan käyttöä silmällä pitäen. APS on myös usein synkronoitu reaaliaikaisesti kapasiteettirajoitteisiin ja simulointi on mahdollista kaikille tuotannon resursseille. Tällöin otetaan huomioon materiaalitytarpeet, tuotannon koneet, henkilöresurssit, toimittajat, logistiikka ja asiakastarpeet päätöksentekoprosessissa. [54]

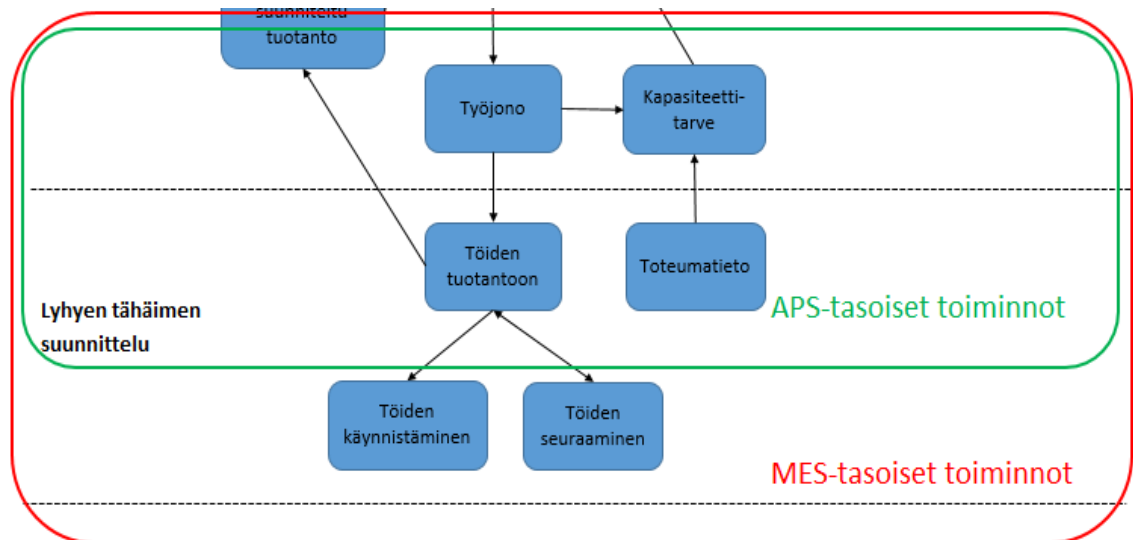
APS-tason suunnittelun aikajana kattaa yleensä keskipitkän ja lyhyen aikavälin suunnittelun. Kuvassa 8 voidaan nähdä esimerkki siitä, kuinka ERP:n ja APS:n välinen yhteys rakentuu ja miten informaatiota jaetaan sekä hyödynnetään kahden eri järjestelmän välillä. Kuvassa esiintyvä termi Master Production Schedule (MPS) tarkoittaa tuotannon karkeaa aikataulutusta tai tuotannon pääaikataulutusta. Tämä karkea aikataulutusta on usein laadittu ennusteperusteisesti ja sen täytyy ottaa huomioon myös käytössä olevat resurssit. Karkeaa aikataulutusta voidaan myöhemmin tarkentaa toteutuneiden tilausten realisoituessa tai toteutuneita tilauksia voidaan kohentaa jo ennusteen perusteella tehtyihin tuotteisiin. [15, s. 137–138]



*Kuva 8. ERP:n ja APS:n väliset yhteydet (mukaanlähde [54, p. 172])*

### 2.4.5 Varsinaiset tuotannonohjausjärjestelmät

MES:n, eli tuotannonohjausjärjestelmän tarkoitus on varmistaa ERP:n ja tuotannon operatiivisten toimintojen välinen, reaaliaikainen tiedonsiirto molempiin suuntiin [50]. MES voi myös liittää tehdassalissa toimivan automaation suoraan yrityksen toiminnanohjausjärjestelmään [11]. Kuten kuvasta 9 on havaittavissa, MES-toiminnallisuus on usein päällekkäistä APS-toimintojen kanssa. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, ettei yrityksessä voisi olla käytössä molempia järjestelmiä ERP:n lisäksi. Pikemminkin molemmat järjestelmät tulisi integroida niin, että MES hallitsee sekä kerää tarkkaa ja reaaliaikaista dataa. Tähän dataan perustuen APS voi edelleen optimoida tuotantoprosesseja. [24] Järjestelmien välillä on yritystasolla tehtävä päätös, kumman järjestelmän toiminnallisuus otetaan käyttöön miltäkin osin. Ominaisuuksien päällekkäinen käyttö ei olisi järkevää, vaan järjestelmien on tarkoitus täydentää toisiaan.



**Kuva 9.** MES-toiminnallisuus (mukaillen lähdettä [15, s. 136])

MESA Internationalin mukaan MES-toimintoihin kuuluvat seuraavat ominaisuudet: [25]

- Koko toimitusketjun optimointi parantamalla työnkulun hallintaa, paremmalla ja reaaliaikaisella prosessivaiheiden dokumentoinnilla.
- Kehittää tiedon laatua prosessien ja tuotteiden arvioimiseksi.
- Tehdä koko tuotantoprosessi läpinäkyväksi niin, että vain poikkeamia analysoidaan ja normaalin tuotantoprosessin yksityiskohtaista tutkimista ei enää tarvita.
- Pienentää keskeneräisen tuotannon arvoa ja näin ollen lyhentää toimitusaikaa.
- Vähentää hallinnointia pitämällä yllä ja kehittämällä dokumentaatiota.
- Epäkuranttien valmistuserien määrän vähentäminen.
- Käyttökustannusten pienentäminen korkean integraatiotason ja informaatiokatkosten estämisen avulla.
- Parantaa päätöksentekoprosessia helpottamalla tiedon saatavuutta ja sen käyttöä kaikessa kriittisessä liiketoiminnassa.

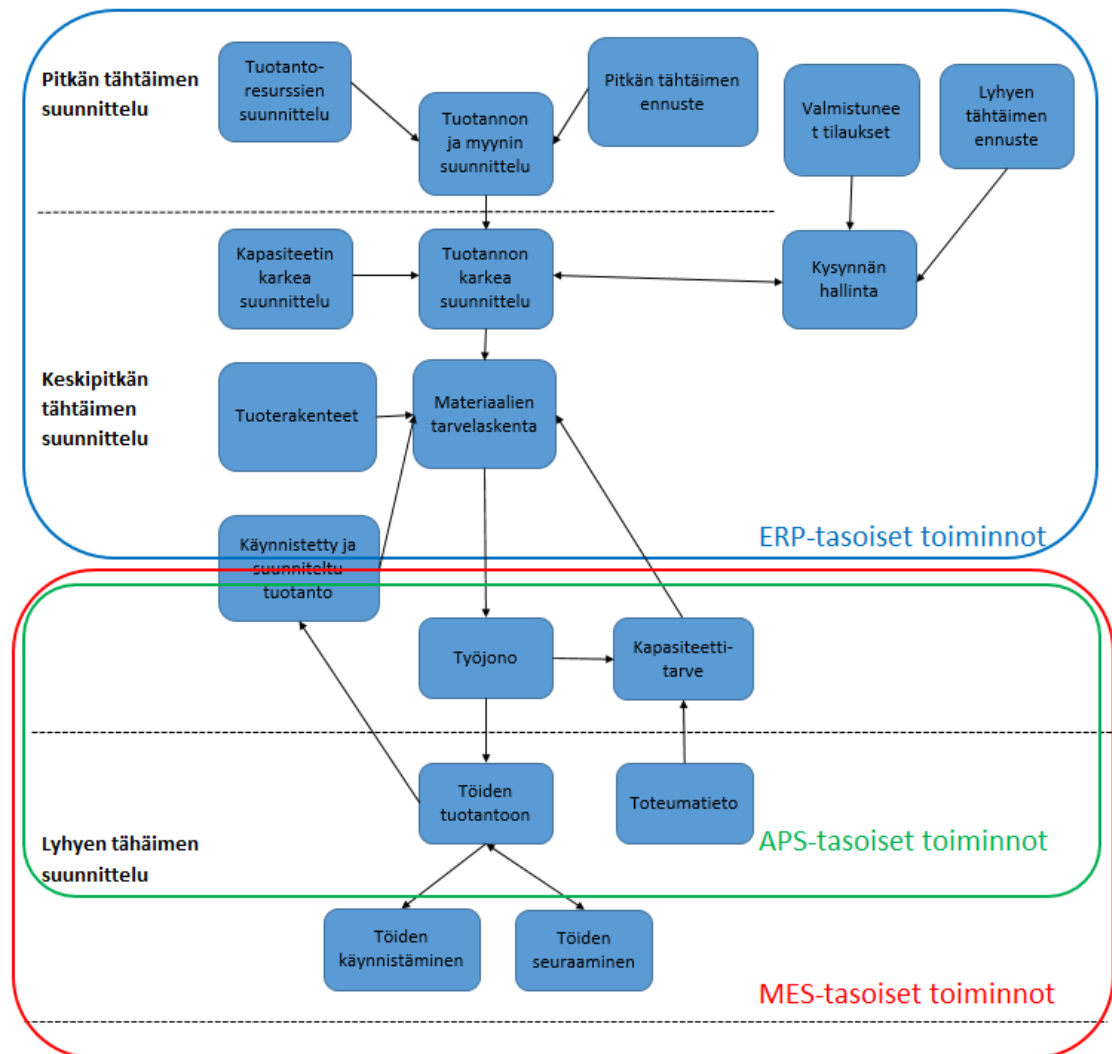
Käytännössä MES siis hoitaa töiden jakamisen työsoluille ja koneille hienokuormitus-suunnitelman mukaan. MES voi myös lähettää käskyjä tai ohjelmia suoraan tuotantokoneille. MES:n suorittama kuormitus ottaa kuitenkin aina huomioon käytettävissä olevat resurssit, jonka datan se kerää esimerkiksi työntekijöiden työaikakuittauksista ja häiriökuittauksista. Lisäksi MES kerää toteumatietoa tuotannon prosesseista,

vaihejoista ja vaiheiden statuksista reaaliaikaisesti tehden näin koko tuotannosta läpinäkyvää. [25]

## 2.4.6 Yhteenveto tuotannonohjausjärjestelmistä

Kuten aiemmissa kappaleissa on kerrottu, toiminnan- ja tuotannonohjausta sekä suunnittelua voidaan suorittaa monessa eri järjestelmässä ja eri tasoilla, saman yrityksen sisällä. Kuitenkin eri järjestelmien tulisi olla integroitu toisiinsa niin, että tiedonkulku on aukotonta ja reaaliaikaista läpi yrityksen kaikkien toimintojen. [45] Tiedonkulku ERP:n, APS:n ja MES:n välillä tulisi myös olla kaksisuuntaista, jolloin käytössä voi olla niin sanottu suljettu silmukka [23].

Yrityksen operatiivisia toimintoja voidaan ryhmitellä eri tasoille kuvan 10 mukaisesti vastaamaan ISA-95 tasohierarkiaa [15, s. 136].



**Kuva 10.** Yrityksen toiminnan- sekä tuotannonohjauksen tasohierarkia eri järjestelmien ja toimintojen välillä. (mukaillen lähdettä [15, s. 136])



Koko yritystason järjestelmäarkkitehtuurin paremman kokonaiskuvan hahmottamiseksi, toimintojen jakoa tuotantoa ohjaavien IT-järjestelmien näkökulmasta voisi vielä täsmentää. ISA-95-tasohierarkia huomioiden voidaan määritellä myös esimerkit eri tasojen operaatioista, tasoilla tyypillisesti käytössä olevat aikajänteet ja esimerkit käytettävistä järjestelmistä seuraavasti:

**Taso 4:** liiketoimintasuunnittelu ja logistiikka [3]

- Aikajänne: kuukausi / viikko / päivä
- Operaatiokenttä: strategiset päätökset, tuotannon karkea suunnittelu, materiaalin käytön ja toimitusten suunnittelu
- Järjestelmä: ERP

**Taso 3:** tuotannonohjaus [3]

- Aikajänne: päivä, työvuoro, tunti, minuutti tai sekunti
- Operaatiokenttä: tuotannon hienokuormitus, resurssien hallinta, tuotannon seuranta, toteumatiedon keräys, tuotantoprosessin optimointi
- Järjestelmät: APS ja MES

**Taso 2:** eräohjaus, jatkuva ohjaus, yksittäisohjaus [3], [55]

- Aikajänne: päivä, tunti, minuutti, sekunti, tai sekunnin osa
- Operaatiokenttä: tuotantoprosessin automaattinen valvonta ja säätö
- Järjestelmä: SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)

**Taso 1:** eräohjaus, jatkuva ohjaus, yksittäisohjaus [3]

- Aikajänne: päivä, tunti, minuutti, sekunti, tai sekunnin osa
- Operaatiokenttä: tuotantoprosessin suorittaminen
- Järjestelmät: PLC (Programmable Logic Controller), DCS (Distributed Control System), CNC (Computer Numerical Control)

Laadun varmistus, eli QA (Quality Assurance) on termi, joka on liitetty MOM-tason toimintoihin. Termi tarkoittaa ohjausjärjestelmän näkökulmasta, että pyritään asettamaan

riittävät laatumittarit, ohjaamaan laadunhallintaa ja kirjaamaan laatueroita. Tämä tapahtuu seuraamalla valmistettävien puolivalmisteiden ja tuotteiden laatua sovitulla mittareilla ja vertaamalla tuloksia asetettuihin raja-arvoihin. Standardin SFS-EN 62264-3:2017 mukaan laadun hallinnan operaatioihin kuuluvat [45]:

- a) Valmistusmateriaalien laadun testaus ja verifiointi
- b) Tuotannon laitteiden ja työkalujen laatuvaatimusten täyttymisen mittaus ja raportointi
- c) Tuotteiden laatuvaatimusten asettaminen
- d) Laatustandardien asettaminen
- e) Työntekijöiden vaadittavan pätevyyden ja koulutuksen standardointi
- f) Laatuvalvontien asettaminen ja standardointi.

KPI (Key Performance Indicators) liittyy tuotannon mittareiden laatimiseen, seuraamiseen ja toteumatiedon keräämiseen. KPI-toiminnot liitetään yleensä MES-toiminnallisuuksiin. SFS-EN 62264-3:2017:n mukaan KPI-toimintoihin liittyy tuotannon suorituskykyanalyysi. Sen perusteella kerättyjä tietoja voidaan käyttää sisäisesti valmistustoiminnan kehittämiseen ja optimointiin. Kerättyjä tietoja voidaan käyttää myös ylemmällä tasolla liiketoimintaprosessin analysointiin ja päätöksenteon tueksi. [45]

Edellisten lisäksi järjestelmistä löytyy kunnossapidon hallintaan liittyviä ominaisuuksia. Kunnossapito-ominaisuuksilla tarkoitetaan määritettyä joukkoa toimintoja, jotka koordinoivat tuotantolaitoksen koneisiin, laitteisiin ja työkaluihin liittyviä huolto- ja kunnossapitoresursseja. Tämän tulisi varmistaa huolto- ja kunnossapitoresurssien saatavuus tarvittaessa ja suunnitella huolto-ohjelmat säännöllisen ja ennaltaehkäisevän huollon periaatteella. Kunnossapitotoimintojen hallinta tukee seuraavia neljää päähuoltoluokkaa [45]:

1. Huoltovasteen tarjoaminen ongelmatilanteissa (korjaava kunnossapito)
2. Huollon aikatauluttaminen ja jaksottaminen (ennaltaehkäisevä kunnossapito)
3. Ehdollinen kunnossapito, joka perustuu laitteilta saatuun informaatioon ja siitä johdettuun huoltotarpeeseen (tähän sisältyy myös ennakoiva kunnossapito)

4. Resurssien käytettävyyden ja tehokkuuden optimointi (huoltojen aikataulutuksen suunnittelu mahdollisimman vähän tuotantokatkoksia aiheuttavaksi)

## 2.5 Avoin lähdekoodi

Koska tämän tutkimuksen olennaisena osana on ohjelmisto, joka perustuu avoimeen lähdekoodiin, on asianmukaista perehtyä siihen hieman myös kirjallisuuskatsauksessa. Eli mikä avoin lähdekoodi on, ja mikä on sen historia?

Tiukka määritelmä avoimen lähdekoodin ohjelmistolle on; että se on ohjelmisto, jonka lähdekoodia voidaan tutkia, muuttaa ja jakaa edelleen. Jokaisen ohjelmiston perustana on lähdekoodi, joko avoin tai suljettu. Lähdekoodi antaa komennot ja käsittelee tietoja, jotka saavat ohjelman tekemään siihen ohjelmoituja tehtäviä. Mutta kenellä on oikeus tarkastella, muuttaa tai levittää tätä lähdekoodia? Tämä perustavanlaatuisen kysymys on jo pitkään tehnyt ideologista jakoa tietojenkäsittelymaailmassa. Nimestä on pääteltävissä, että avoimen lähdekoodin ohjelmistojen kannattajien mielestä ihmisillä pitäisi olla oikeus päästä käyttämänsä ohjelmiston lähdekoodiin. Käytännössä on paljon erilaisia ohjelmistoja, jotka kuuluvat kyseisen termin alle. Erilaisia avoimen lähdekoodin ohjelmistoja onkin melkein jokaisella ohjelmistosektorilla, mitä voidaan kuvitella. Oikeastaan avoimet lähdekoodit hallitsevat monia niistä. [10]

Ohjelmistojen lähdekoodien jakamiseen ja yhteistyöhön perustuvan kehittämisen historia on suunnilleen yhtä pitkä, kuin itse ohjelmistokehityskin. Se voidaan katsoa alkaneeksi jo 1970-luvun alussa, mutta silloin ilmiölle ei ollut käytössä yhtä selkeää termiä. [4]

1990-luvun lopulla kiinnostus tähän ilmiöön lisääntyi huomattavasti, kun Linux tuli tunnetuksi maailmanlaajuisesti ja Netscape-selaimen lähdekoodi julkaistiin. Avoimen lähdekoodin termi lanseerattiin strategiakonferenssissa, joka pidettiin 3. helmikuuta 1998 Palo Altossa Kaliforniassa. Tämä tapahtui hyvin pian sen jälkeen, kun Netscape oli julkaissut lähdekoodinsa. Konferenssi järjestettiin, koska ymmärrettiin Netscapen ilmoituksen saama huomio, sekä sen luoma mahdollisuus kouluttaa ja puolustaa avoimen kehitysprosessin paremmuutta. Osallistujat uskoivat, että käytännönläheiset, liiketoimintaan perustuvat syyt olivat motivoineet Netscapea julkaisemaan koodinsa. Tämä havainnollisti tapaa olla yhteydessä potentiaalisten ohjelmistojen käyttäjien ja kehittäjien kanssa, sekä vakuuttaa heidät luomaan ja parantamaan lähdekoodia liittymällä sitoutuneeseen yhteisöön. Osallistujat uskoivat myös, että olisi hyödyllistä saada yksi termi, joka yksilöisi tämän lähestymistavan ja erottaisi sen muista

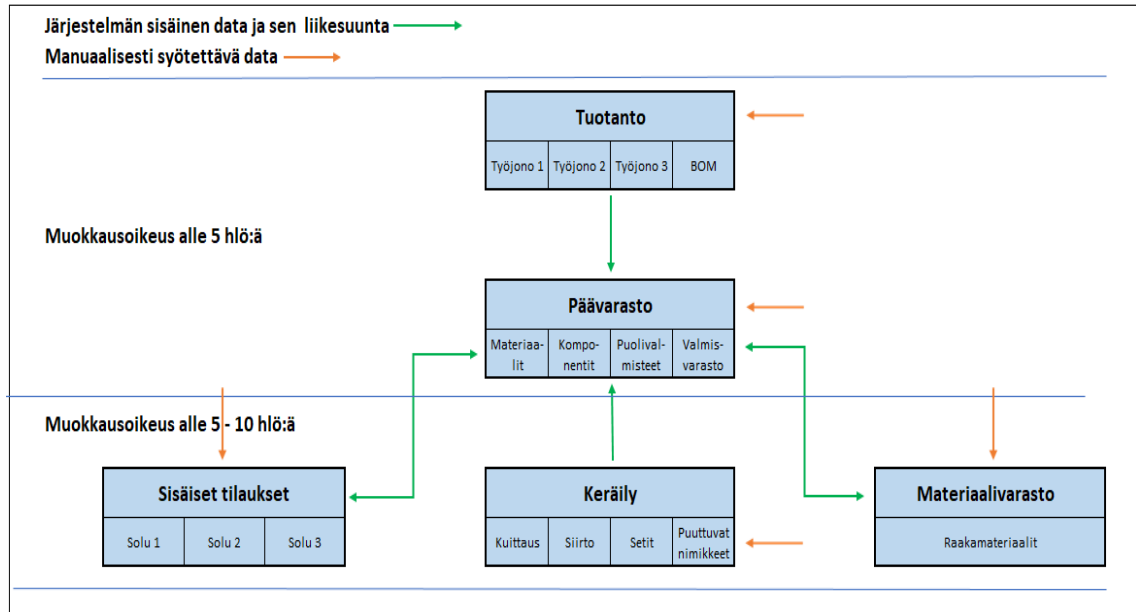
ohjelmistokehitysideologioista. Lopulta päädyttiin alun perin ehdotettuun avoimen lähdekoodin termiin. [35]

## 3. NYKYTILA-ANALYYSI JA PROJEKTIN SUUNNITTELU

Tässä luvussa tehdään kohdeyrityksen tuotannonohjausjärjestelmän nykytila-analyysi. Siinä selvitetään mistä lähtökohdista järjestelmämuutos aloitetaan, eli kuinka korvattava järjestelmä toimii ja mitkä ovat sen heikkoudet ja vahvuudet. Lisäksi valitaan järjestelmävaihdon projektimalli ja tehdään suunnitelma uuden järjestelmän käyttöönotolle.

### 3.1 Nykyisen tuotannonohjausjärjestelmän kuvaus

Excel-pohjaisena nykyjärjestelmä sisältää rajoitteita, joita Excel-työkirjojen monikäyttäjä ympäristö yleisestikin ottaen sisältää, eli tallennusongelmat. Siksi se toimii usean eri työkirjan varassa. Suurin osa niistä on niin kutsuttuja aputyökirjoja, joihin muokkausoikeus on annettu viidestä kymmeneen käyttäjälle. Päätyökirjoja on kaksi, Tuotanto ja Päävarasto. Päätyökirjoille muokkausoikeus on annettu maksimissaan alle viidelle käyttäjälle. Lukuoikeuden omaavien käyttäjien määrää ei ole rajattu, vaan se voidaan myöntää mihin tahansa järjestelmän työkirjaan niin monelle käyttäjälle, kuin on tarpeellista. Tällä muokkausoikeusjärjestelyllä minimoidaan yhtäaikaisia tallennustarpeita, jotka voisivat aiheuttaa ongelmia järjestelmään sujuvan tiedontallentamisen kannalta. Kuva 11 osoittaa nykyisen tuotannonohjausjärjestelmän arkkitehtuuri pääpiirteittäin. Vihreät nuolet kuvaavat järjestelmän informaatiovirtoja suuntineen. Oranssit nuolet kuvaavat toisista järjestelmistä manuaalisesti siirrettävää tai kopioitavaa dataa. Siniset vaakaviivat kuvaavat tasoja, jotka määrittävät muokkausoikeuden omaavien käyttäjien määrän eri työkirjoille.



*Kuva 11. Nykyisen tuotannonohjausjärjestelmän arkkitehtuuri*

### 3.1.1 Päätyökirjat

Tuotanto-työkirjassa aikataulutetaan työt ja suunnitellaan niiden järjestys. Tuotanto-työkirja sisältää kolme erillistä työjonoa. Kaksi omien tuotelinjojen kokoonpanovaiheelle ja yksi puolivalmisteille, joita lopputuotteet käyttävät rakenteissaan. Lisäksi Tuotanto-työkirja sisältää tuotteiden tuoterakenteen, eli BOM:n (Bill Of Material). Tuoterakenteisiin on lisäksi sisällytetty nimikekohtaiset vaihekoodit, jotka määrittävät missä työvaiheessa kyseisen nimikkeen saldovähennys tai tuotantovaraus varastolistalla tehdään. Työjonoissa töitä voidaan siirtää eri työvaiheille. Paperinen työmääräin tulostuu automaattisesti, kun työ siirretään työjonoon kirjauksen jälkeen ensimmäiseen vaiheeseen, eli vaiheeseen nimeltä tuotannossa. Muita vaiheita ovat hitsaus, kokoonpano ja valmis. VBA (Visual Basic for Applications) -ohjelmointia hyödyntäen Tuotanto-työkirja tekee materiaalien ja komponenttien tuotantovaraukset erilliseen Päävarasto-työkirjaan. Työjonoit osaavat generoida tuotekohtaiset spesifikaatiot selkokielelle tuotekoodin perusteella Excel-kaavoja hyödyntäen. Selkokieliset spesifikaatiot tulostetaan työmääräimelle operaattoreille työohjeeksi. Myös valmiiden tuotteiden sarjanumerot generoidaan tuotekohtaisesti kokoonpanojen työjonoissa Excel-kaavoja hyödyntäen.

Tuotanto-työkirja pitää myös kirjaa keskeneräisen tuotannon arvosta, josta englanninkielisessä kirjallisuudessa käytetään lyhennettä WIP (Work In Process). Ominaisuudesta on myös käytännön hyötyä. Useista syistä, kuten varaston arvon liiallisesta kasvamisesta johtuen keskeneräinen tuotanto on hyvä pitää mahdollisimman alhaisena

[22, p. 19]. Lisäksi keskeneräisen tuotannon arvoa hyödynnetään inventaariota tehtäessä. Keskeneräisen tuotannon arvon muodostus tapahtuu tuote- ja vaihekohtaisesti määritelyjen jalostusarvojen kautta, Excel-kaavoja hyödyntäen. Tuotannossa-vaiheeseen kuitatut, mutta ei vielä valmiit työt jokaisesta työjonosta lasketaan keskeneräisen tuotannon summaan. Tuotanto työkirjasta voidaan siis milloin tahansa helposti tarkastaa reaaliaikainen keskeneräisen tuotannon arvo. Kuitenkin sillä edellytyksellä, että vaihekuittaukset ovat ajantasaisia ja tuotteiden vaihekohtaiset jalostusarvot ovat määritelyinä.

Päävarasto-työkirja sisältää neljä erillistä taulukkoa: materiaalit, komponentit, puolivalmisteet ja valmistuotteet. Nimensä mukaisesti materiaalit-taulukkoon on listattu tuotannossa käytettävät raakamateriaalit, komponentit-taulukkoon tuotteissa käytettävät komponentit, puolivalmisteet-taulukkoon valmistetut puolivalmisteet ja valmisvarastoon valmistuneet, mutta vielä varastossa olevat valmiit tuotteet. Päävaraston taulukot sisältävät saldon ja nimikekoodin lisäksi myös paljon muutakin nimikekohtaista tietoa, kuten tuotantovarauksen, toimittajan, hankintaerän koon, hälytysrajan ja viimeisimmän toimituspäivän sekä toimitetun määrän.

Päävarasto-työkirjassa nimikekohtaisia varastosaldoja päivitetään tulouttamalla saapuvia toimituksia ja poistamalla varaosana myytäviä komponentteja omien aputyökirjojen kautta VBA-laajennusta hyödyntäen tai manuaalisesti. Samalla tavalla tehdään myös tuotannossa käytettävien raakamateriaalien, komponenttien ja puolivalmisteiden saldovähennykset. Tämä tapahtuu kuitenkin Tuotanto-työkirjan sisältämän tuoterakenteen ja vaihekuittauksen kautta. Excelin kaavoja hyödyntäen saadaan nimikekohtaisia hälytysrajoja käyttämällä suodatettua Päävarastosta tilauslista, joka kertoo minkälaisia komponentteja ja kuinka paljon kulloinkin on tilattava. Tilattujen materiaalien ja komponenttien rivitietoihin voidaan myös merkitä tilattu määrä, ostotilausjärjestelmän generoima tilausnumero ja toimittajan vahvistama toimitusaika. Tällä käytännöllä ehkäistään jo tilatun nimikkeen tuplatilaus, sillä Excel-kaavat huomioivat tulossa olevan nimikkeen kappalemäärän ja se suodattuu pois tilauslistalta, mikäli tarve on nolla kappaletta.

Päävaraston puolivalmistetaulukon valmistettujen kappaleiden saldot päivittyvät Tuotantotaulukon puolivalmistetyöjonon valmisvaiheen kuittauksella. Saldojen tuotantovaraus ja vähennys puolestaan tapahtuu, kun kokoonpanotyöjonojen vaihekuittauksia suoritetaan. Myös kokoonpanon työjonoista valmiiksi kuitatut kappaleet siirtyvät Päävaraston valmisvarastotaulukkoon valmisvaiheen kuittauksella, josta ne poistetaan manuaalisesti asiakkaalle lähetettäessä.

### 3.1.2 Aputyökirjat

Päävarasto-työkirja muodostaa sisäisiä tilauksia valmistettavista osista parametreinä toimivien hälytysrajan ja eräkoon ja koneryhmän mukaan. Sisäiset tilaukset siirretään Sisäiset tilaukset-työkirjaan manuaalisesti suoritettavan VBA-koodin avulla. Koodi jaottee koneryhmän mukaan sisäisen tilauksen työkirjan oikeaan taulukkoon sijoitettavaksi. Kuvassa 11 nähdään kyseiset taulukot kuvattuna nimillä Solu 1, Solu 2 ja Solu 3. Todellisuudessa niitä edustaa erilaiset tuotannon koneet ja niiden operaattorit. Tilattujen osien valmistuttua operaattorit kuittaavat valmistuneet määrät oman koneryhmänsä taulukkoon. Samalla kun Päävaraston VBA-koodi suoritetaan sisäisten tilausten siirtoa varten, siirtyvät näiden valmistuneiden kappaleiden määrät Päävaraston saldoille.

Keräily-työkirja on rakennettu palvelemaan varaosamyynnin kautta syntyvää saldojen päivitystarvetta. Keräily-työkirjassa on neljä taulukkoa: Kuittaus, Siirto, Setit ja Puuttuvat nimikkeet. Kuittaus-taulukkoon on aiemman tilausjärjestelmän aikana voinut hakea tilausrivit suoraan tilauskohtaisesti VBA-makron avulla. Nykyään se ei enää onnistu, koska verkkokauppamyynti ja myynti yleensäkin tapahtuu eri järjestelmän välityksellä, eikä tätä ominaisuutta ole rakennettu uudestaan. Siksi nimikekoodi ja määrä joudutaan syöttämään nykyään manuaalisesti. Siirto-taulukko toimii välivarastona toimitettujen nimikkeiden tiedoille siihen saakka, kunnes se noudetaan Päävarastosta suoritettavalla makrolla ja vähennetään näin saldoilta.

Varaosina toimitetaan myös joitakin kokoonpanoja, eli settejä. Näiden settien tuoterakenteet on koottu Setit-taulukkoon. Keräily- ja Siirto-taulukon välistä makroa suoritettaessa se tarkastaa ensin löytyykö siirrettävää nimikekoodia Setit-taulukosta. Mikäli se löytyy, kopioidaan kyseessä olevan kokoonpanokoodin alla sijaitseva tuoterakenne Siirtotaulukkoon. Näin toimien saadaan myös toimitettavien kokoonpanojen sisältämät tuoterakenteet poistettua varastosaldoilta.

Neljäntenä taulukkona Keräily-työkirjassa on Puuttuva nimikkeet-taulukko. Sinne tallennetaan toimitettujen nimikkeiden tiedot, mikäli niille ei löydy vastinetta Päävaraston nimikelistauksesta. Koska aivan kaikkia nimikkeitä, kuten kiinnityselimiä, ei ole listattu Päävarastoon, on tarpeellista koota tämäkin tieto jonnekin mahdollista jatkokäsittelyä varten. Puuttuvat nimikkeet-taulukkoon tallennettu tieto voidaan esimerkiksi jälkikäteen tarvittaessa lisätä varastolistaukseen.

Viimeinen apputyökirja on Materiaalivarasto, jossa on vain yksi taulukko nimeltään Materiaalit. Materiaalivarasto käy kaksisuuntaista dialogia Päävaraston kanssa niin, että käytetyt ja varastoon tuloutetut raakamateriaalien saldotiedot siirretään Päävarastoon.



Päävarasto puolestaan siirtää tietoja tilauksessa olevien raakamateriaalien määrästä, tilausnumerosta ja vahvistuspäivänmäärästä Materiaalivarastoon, mikäli tiedot on syötetty Päävarastossa niille varattuihin soluihin. Molempien suuntainen tiedonsiirto tapahtuu samalla päivityskerralla VBA-koodin avulla. Lisäksi Materiaalivarastossa on Save Workbook-metodilla toteutettu VBA-koodi, joka uudelleen laskee työkirjan sisältämien materiaalien saldot, kun työkirjaan lisätään tai sieltä vähennetään materiaaleja saldoilta ja suoritetaan tallennus.

### 3.1.3 Nykyjärjestelmän puutteet ja edut

Mikäli nykyinen tuotannon- ja varastohallintajärjestelmä vastaisi ominaisuuksiltaan ja toiminnallisuudeltaan tarpeita täydellisesti, ei uutta järjestelmää kohdeyrityksessä todennäköisesti olisi lähdetty edes miettimään. Nykyjärjestelmä kuitenkin sisältää Excel-pohjaisena sille ominaisia puutteita, joita on vaikea täysin ohittaa, vaikka niitä on jonkin verran pystyttykin kiertämään. Yksi tällainen on työkirjojen usean käyttäjän samanaikainen tiedontallennustarve. Jaetuissa Excel-tökirjoissa tämä ei onnistu, kuten tietokantoja hyväksikäyttävissä järjestelmissä ja aputyökirjojen käyttökin poistaa ongelmaa vain osittain. Tästä seuraa, että tietoa ei voida tallentaa järjestelmään aina reaaliajassa, vaan on odotettava edellisen käyttäjän työkirjan sulkemista. Tämä puolestaan saattaa johtaa siihen, että tarvittavat tiedot tallennetaan pitkällä viiveellä tai jopa unohtetaan tallentaa kokonaan.

Työkohtaisia vaihekuittauksia ei myöskään voida tehdä reaaliajassa työpisteissä, koska niistä puuttuvat kuittauksiin tarvittavat työasemat tai muut työpistekohtaiset päätteet. Vaikka tarvittava laitteisto olisikin käytettävissä, kasvattaisi se käyttäjien määrän niin suureksi, että törmättäisiin jälleen Excelin tallennusongelmiin ja uusien aputyökirjojen tarpeeseen. Sen sijaan vaihekuittauksia omilta työasemiltaan tekevät tuotantopäällikkö ja työnjohtajat. Tämä käytäntö taas saattaa aiheuttaa jopa useiden päivien viiveitä tai jopa totaalisen unohtamisen vaihekuittauksille, mikäli osaston vaihekuittauksista vastaava työnjohtaja on esimerkiksi poissa kyseisenä päivänä. Käytännössä tästä saattaa seurata, että seuraava työvaihe jää odottamaan kuittaamatta jäänyttä kappaletta, vaikka se todellisuudessa olisikin jo valmis edelliseltä vaiheelta.

Lisäksi jonkin asteisen ongelman muodostaa työkirjojen paisuminen jatkuvasti suuremmaksi. Ongelmaa voisi lievittää esimerkiksi arkistoimalla ylisuuriksi paisuvia työkirjoja vuosiluvuittain. Tästä kuitenkin aiheutuu järjestelmän ylläpidolle ylimääräistä työtä työkirjojen välisten linkkien muutosten muodossa. Lisäksi valmistettujen tuotteiden

spesifikaatioiden tarkastus jälkikäteen saattaa muodostua haasteelliseksi, mikäli valmistusvuotta ei ole tiedossa ja hakuperusteena on vain tuotteen sarjanumero.

Nykyjärjestelmän etuihin puolestaan voidaan lukea helppo muunneltavuus tarpeiden mukaan ilman yrityksen ulkopuolista konsultaatiota. Excel- ja VBA-osaamista löytyy huomattavasti yleisemmin, kuin jonkin tietyn kaupallisen järjestelmän osaamista. Valmiiden ohjelmistojen asiakaskohtaiset räätälöinnit puolestaan tarvitsevat lähes poikkeuksetta ulkopuolista konsultaatiota ja tulevat näin ollen kustannuksiltaan suuremmiksi. [41] Lisäksi Excel alustana antaa paljon mahdollisuuksia ohjelmistokehitykselle. Lähes ainoaksi rajoitteeksi asettuvat ainoastaan kehittäjän taidot ja mielikuvitus.

Eduksi voidaan lukea myös se, että kohdeyrityksen käyttöön räätälöity Excel-pohjainen tuotannon- ja varastohallintajärjestelmä on kuitenkin huomattavasti toimivampi ja tehokkaampi, kuin niin sanottu huuto-ohjaus. Huuto-ohjauksesta, eli ilman IT-pohjaista järjestelmää toimivasta ohjauksesta, on myös kohdeyrityksessä kokemusta. Käytännössä on siis havaittu Excel-ohjauksen olevan huomattavasti tehokkaamman, kuin huuto-ohjauksen.

### 3.1.4 SWOT-analyysi

Eräs menetelmä nykytilan kartoituksessa on SWOT-analyysi. SWOT-analyysi on nelikenttäanalyysimenetelmä, jossa määritellään analysoitavan asian vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat. Vahvuudet kuvaavat nykytilaa ja ovat yrityksen käytössä olevia resursseja sekä potentiaaleja. Heikkoudet kuvaavat myös nykytilaa, mutta ne ovat seikkoja, joita tulisi välttää tai niistä tulisi pyrkiä eroon. Mahdollisuudet taas ovat tulevaisuuden skenaarioita, jotka toteutuessaan tuovat yritykselle lisäarvoa. Heikkoudet ovat myös tulevaisuuden skenaarioita, mutta ovat seikkoja, joita yrityksen olisi syytä kehittää toimintansa tehostamiseksi. Suomen Riskienhallintayhdistyksen mukaan SWOT-analyysi on yleisesti käytetty liiketoiminnan analysointimenetelmä, jolla yritys pystyy arvioimaan toimintaansa. [48]

Taulukossa 1 on suoritettu SWOT-analyysi liittyen kohdeyrityksen lähtötilanteeseen tuotannon- ja varastohallinnassa. Analyysi perustuu liitteen B kyselykaavakkeen tuloksiin siitä, kuinka toimivaksi käyttäjät kokevat nykyjärjestelmän ja mitä puutteita siinä on. Lisäksi on haastateltu yrityksen johtoa aiheeseen liittyen [41]. Kyselyn tarkempia tuloksia esitetään luvussa 5.

**Taulukko 1. SWOT-analyysi nykytilasta**

<b>Vahvuudet (Strengths)</b>	<b>Heikkoudet (Weaknesses)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Räätelöity yrityksen tarpeisiin</li> <li>• Pienet ylläpitokustannukset</li> <li>• Sisältää joitakin ominaisuuksia, joita käyttäjät arvostavat</li> <li>• Koetaan kuitenkin paremmaksi järjestelyksi, kuin ei järjestelmää käytössä ollenkaan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Käyttäjämäärä rajoitettu yhteen käyttäjään kerrallaan tietyissä taulukoissa</li> <li>• Ei reaaliaikaisuutta</li> <li>• Jatkuvasti kasvavat taulukot</li> <li>• Ei kuormituslaskentaa</li> <li>• Ei tukea englanninkieliselle versiolle</li> <li>• Ei automaattista saldoilta poistoa varaosamyynnin yhteydessä</li> <li>• Tietokanta paikallisella työasemalla (ei pilvessä)</li> <li>• Ei synkronointia muihin järjestelmiin</li> </ul>
<b>Mahdollisuudet (Opportunities)</b>	<b>Uhat (Threats)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Helppo muunneltavuus</li> <li>• Osaamista yrityksen sisällä</li> <li>• Jatkokehitys mahdollista esille tulevien tarpeiden mukaan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tietojen poistaminen vahingossa mahdollista</li> <li>• Päätyökirjojen tuhoutuminen (varmuuskopiot eivät välttämättä ole ajantasaisia)</li> <li>• Office-ohjelmistojen versiopäivitykset saattavat aiheuttaa toimintaongelmia VBA-koodissa</li> </ul>

## 3.2 Järjestelmävaihdoksen suunnittelu

Jalava & Keinonen kertoo projektisuunnittelusta seuraavaa: Projekti toteutetaan yleensä jakamalla eri tehtävät riittävän osaamistason omaaville työn toteuttajille tai alihankkijoille, jotka toimivat asiantuntijoina. Projektin hallintaa kuuluu myös, että aikataulu, kustannuksia sekä projektin etenemistä seurataan jatkuvasti. Seurannan perusteella tehtävien projektin toteuttajia ohjataan tavoitteiden kannalta oikeaan suuntaan. Projektin seuranta on jatkuvaa ja seurantatiedon perusteella tehdään työn arviointia ja projektin uudelleen ohjaamista. Tämä johtaa siihen, että projektisuunnitelma ei ole pysyvä, vaan sitä muutetaan tarpeen vaatiessa projektin edetessä. [19, s. 37]

Kohdeyrityksessä projektisuunnitelman lähtötietoihin liittyy, että projekti ei kata koko ERP-järjestelmän vaihdosta tai käyttöönottoa, vaan ainoastaan osan järjestelmästä korvaamista uudella. Koska uudet käyttöönotettavat moduulit ovat osa jo käytössä olevaa ERP-järjestelmää, eri ohjelmien välistä integraatiota ei tarvita. Tämä on projektin läpi viennin kannalta helpottava tekijä.

### 3.2.1 Projektin toteutusmallin valinta

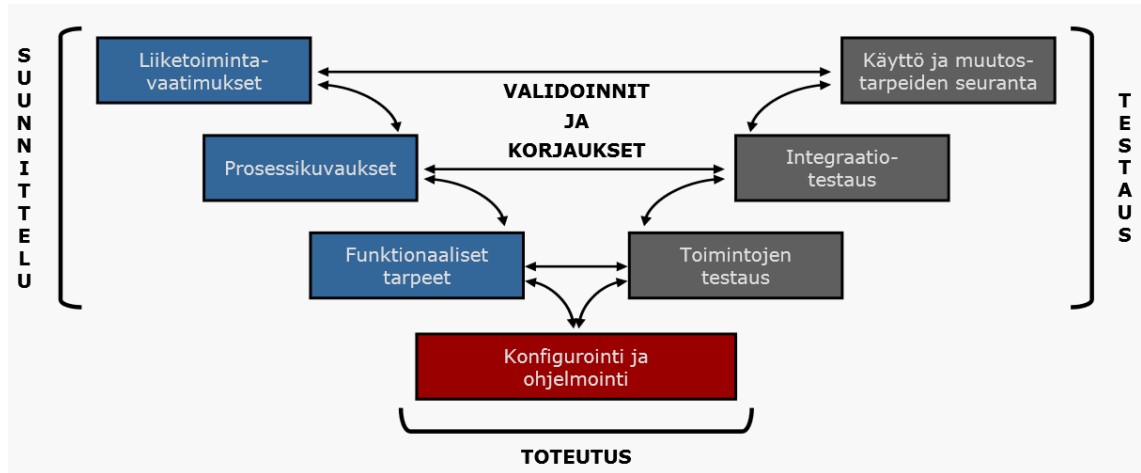
Lineaarista- tai vesiputousmallia pidetään yleisesti perinteisenä IT-projektin toteutusmallina. Tässä mallissa projektin osavaiheet ovat peräkkäisiä. Edellisen vaiheen tulos on aina seuraavan vaiheen syöte. Mallin on hieman kömpelö, koska se ei mahdollista iteratiivisuutta. Tästä huolimatta se on vieläkin suosittu malli ohjelmistoyritysten projektinhallinnassa. [51] Kuvassa 12 on nähtävissä lineaarisen IT-projektin toteutusmallin vaiheet.



**Kuva 12.** Lineaarisen IT-projektin vaiheet [51]

Toinen vartenotettava toteutusmalli ERP- ja muissa vastaavissa IT-toteutuksissa on V-malli [51]. Kuva 13 osoittaa, että V-malli mahdollistaa projektin iteratiivisen toteutuksen. Käytännössä tämä tarkoittaa, että projektin jokaisesta vaiheesta voidaan palata taaksepäin ja tehdä siihen korjauksia, ennen siirtymistä seuraavaan vaiheeseen. Lineaarissa tai vesiputousmallissa tämä ei enää ole mahdollista. Edellisen perusteella voidaan päätellä, että V-mallin toteutus on joustavampi tapa implementoida yrityksen

IT-projekti, koska iteratiivinen työskentelytapa parantaa IT-projektin onnistumisen mahdollisuuksia [28].



*Kuva 13. V-mallin IT-projektin kaavio [51]*

Edelliset näkökulmat huomioiden päätettiin kohdeyrityksessä tuotannonohjausjärjestelmän vaihdon projektimalliksi valita V-malli. Koska kyseessä ei ole koko ERP:n muunnos- tai käyttöönottoprojekti, on konfigurointi- ja ohjelmointivaihe todennäköisesti kevyempi. Kuitenkin tulee huomioida, että tuotannonohjaus ja -suunnittelu on yleensä hyvin yrityskohtaisesti toteutettuja ja tällöin se asettaa myös järjestelmälle yrityskohtaisia räätälöintitarpeita.

### 3.2.2 Konfigurointitarpeiden kartoitus

Vaikka kyseessä on avoimen lähdekoodin ohjelmisto, joka mahdollistaisi uudelleen ohjelmoinnin ilman ohjelmisto toimittajaa oletetaan kuitenkin, ettei sille ole tässä vaiheessa tarvetta. Kuitenkin tavoiteltavan toiminnallisuuden saavuttamiseksi konfigurointitarvetta alustavassa selvityksessä löytyi huomattava määrä. Tuotantomoduulissa konfigurointia tarvitsevat ainakin seuraavat ominaisuudet (suluissa järjestelmässä esiintyvä termi):

- Työpisteet (Work Centers)
- Tuotteiden reititykset (Routers)
- Tuote/vaihe kohtaiset työajat (Work Center Operations/Duration)
- Tuoterakenteet (BOM)
- Työviikon vakiotuntimäärät (Standard Hours/Week)

- Tuotannon häiriötekijät (Productivity Losses)
- Erä- ja sarjanumerot (Lots/Serial Numbers)

Kokonaisuuden toimivuuden kannalta täytyy konfigurointia suorittaa myös varastonhallinta moduuliin. Siellä tuotantoon viittaavaa konfigurointia vaativat ainakin seuraavat ominaisuudet:

- Varastopaikat (Locations)
- Tuotekohtaiset omakustannehinnat (Inventory Valuation)
- Varastotapahtumien tyypit (Operations Types)
- Uudelleen tilaussäännöt (Reordering Rules)

Järjestelmän konfigurointien lisäksi vaaditaan myös toimintatapojen muutosta tai täsmentämistä eräiden käytäntöjen osalta. Esimerkiksi saapuvien materiaalien ja komponenttien tulouttaminen ostotiluksille on välttämättömyys, että varastotasot saadaan pysymään ajantasaisina. Toistaiseksi sitä on tehty vain vanhassa järjestelmässä.

### 3.2.3 Toiminnanohjauksen prosessikuvaus

Jotta järjestelmän avulla saavutettaisiin tavoitellun tyyppinen toiminnallisuus, täytyy myös hahmottaa prosessi sen takana. ERP-järjestelmä on kokonaisuus ja käyttöön otettavat moduulit ovat tässäkin tapauksessa osa tätä kokonaisuutta. Tämän vuoksi tavoiteltavan prosessin kuvauksessa on myös otettava huomioon koko prosessi tilauksesta toimitukseen kaikkine välivaiheineen. Liitteessä A on aiemmin määritelty prosessikaavio koko ERP-järjestelmän tavoitellusta toiminnasta. Kaavio sisältää ainoastaan tuotannon näkökulman operaatioita, ei siis koko ERP-järjestelmän toimintaa.

Prosessikaavion ja alustavan selvityksen perusteella kysymyksiä tutkimuksen tässä vaiheessa herää ainakin seuraavista asioista:

1. Voidaanko järjestelmään muodostaa useita työjonoja?
2. Kuinka työt aikataulutetaan ja huomioiko aikataulutus käytössä olevat resurssit?
3. Mistä tulevat ohjausimpulssit omaan valmistukseen ja hankintatoimeen?

4. Edellinen vaatii ainakin hälytysrajojen asettamista komponenteille ja puolivalmisteille – minne ne asetetaan?
5. Kuka ja kuinka hoidetaan töiden statuskuittaukset?
6. Järjestetäänkö työmääräykset jatkossa paperidokumentteina, vai ohjataan tuotantoa hallissa sijaitsevien päätteiden välityksellä?

### 3.2.4 Koulutus

Uusi järjestelmä tuo mukanaan myös sen käyttäjien koulutustarvetta. Uuden tuotannonohjauksjärjestelmän kaikki käyttäjät tulee perehdyttää riittävän hyvin järjestelmään siihen osa-alueeseen, jota he joutuvat kulloinkin käyttämään. Kaikkien käyttäjien ei tarvitse osata kaikkea, mutta oma osa-alue on hallittava niin, että järjestelmän käyttö on tehokasta ja tarkoituksenmukaista. Aiheesta on järjestettävä riittävästi koulutustilaisuuksia ja toimintojen harjoittelua on voitava tarvittaessa toteuttaa testitietokannassa. Koulutuksessa on myös huomioitava, että kaikilla järjestelmän käyttäjillä on myös varahenkilö, joka tarvittaessa voi sijaistaa toiminnon varsinaista käyttäjää.

Toimintokohtaiset käyttäjät tarkoittavat käytännössä hallissa sijaitsevien työmääräin-kohtaisten leimausten kuittajaa, mikäli tällaiset otetaan käyttöön. Lisäksi varastolla on kuitattava myyntitilauksia toimitetuksi ja ostotilauksia saapuneeksi. Toimistossa tehtäväkentät ovat todennäköisesti huomattavasti laajemmat ja vaativat enemmän perehdytystä, kuin hallissa.

### 3.2.5 Suunnitelman yhteenveto

Valitun V-mallin projektitoteutuksen mukaan on tässä vaiheessa alustavasti määriteltynä liiketoimintakuvaus, prosessikuvaus ja funktionaaliset tarpeet. Seuraava vaihe on konfiguroinnin toteutus ja vastausten etsiminen kartoituksessa syntyneisiin kysymyksiin. Testausta tullaan suorittamaan jatkuvasti konfiguroinnin edetessä. Tällä voidaan varmistua, että konfiguroinnissa tehdään oikeita asioita ja päästään tavoiteltuun toiminnallisuuteen ilman ylimääräisiä työtä. Lisäksi iteratiivinen toimintatapa mahdollistaa konfigurointivirheiden löytymisen ja niiden korjaamisen mahdollisimman varhaisessa vaiheessa.

Järjestelmän vaihdoksen toteutus tulisi tämän suunnitelman mukaan noudattaa seuraavaa työjärjestystä:

1. Konfiguroidaan todenmukaiset työpisteet kapasiteetteineen

2. Tarkistetaan ja tarvittaessa korjataan ajantasaiset tuoterakenteet ja nimikkeiden yksikköhinnat
3. Konfiguroidaan tuotteiden reititykset tuotannossa
4. Testataan toiminnallisuutta prosessikaavioon peilaten
5. Konfiguroidaan työviikon vakiotuntimäärät ja tuotekohtaiset työajat
6. Testataan kuormituksen toiminnallisuutta ja töiden järjestelyn mahdollisuutta
7. Tutkitaan saranumeron generointi tuotteittain (järjestelmän sallimien mahdollisuuksien mukaan)
8. Konfiguroidaan varastopaikat
9. Testataan sisäisten siirtojen toiminnallisuutta ja tutkitaan mitä niillä on saavutettavissa
10. Tutkitaan toteumatietoa tuntikertymistä työnumeroittain ja konfiguroidaan tarvittaessa
11. Tutkitaan tuntikertymien ja materiaali-/komponenttien omakustannehintojen kautta syntyvää tuotteen valmistuskustannusta
12. Tehdään tarpeellisia korjauksia ja uudelleen testausta edellisiin liittyen

Järjestelmävaihdoksessa on huomioitava myös vanhan ja uuden järjestelmän rinnakkainen käyttöjakso. Vanhaa järjestelmää on käytettävä uuden järjestelmän rinnalla implementoinnin jälkeen vielä niin kauan, kunnes voidaan varmistua vähintään välttämättömien vaateiden mukaisesta toiminnallisuudesta. Vanhan järjestelmän käytöstä siis voidaan luopua vasta, kun uusi korvaa sen kaiken toiminnallisuuden.

Kaikki toiminnallisuustestaus tulee suorittaa aina testitietokannassa, ennekuin data syötetään käytössä olevaan tietokantaan. Tällä tavoin mahdollistetaan vapaa toimintojen kokeilu ilman vaaraa, että sekoitettaisiin jo käytössä olevien moduulien käyttämää dataa.



## 4. UUDEN JÄRJESTELMÄN KÄYTTÖÖNOTTO

Tässä kappaleessa luodaan yleiskatsaus käyttöönoton kohteena olevaan Odoo-järjestelmään ja sen historiaan. Tarkemmin kuitenkin keskitytään tuotannonohjaus- ja varastohallintamoduulin testaukseen sekä konfigurointiin niin, että käytössä olevaa tuotantostrategiaa ei tarvitse muuttaa. Lisäksi tutkitaan mitä uutta toiminnallisuutta voidaan järjestelmästä käyttöönottaa niin, että se tuo tehokkuutta tai lisäarvoa kohdeyrityksen toiminnalle.

### 4.1 Johdanto Odoo Community-järjestelmään

Odoo S.A on belgialainen ohjelmistoalan yritys, jonka pääkonttorin sijaitsee Belgiassa, mutta sivukonttoreita on useassa eri maassa. Yritys on suunnitellut ja ylläpitänyt avoimeen lähdekoodiin perustuvaa toiminnanohjausjärjestelmään, joka tunnetaan nimellä Odoo. Järjestelmä tunnettiin ennen versiota 8.0 nimellä Open ERP sekä ennen versiota 5.0 nimellä Tiny ERP. Ohjelmiston uusin versio on tätä kirjoitettaessa 14.0. Järjestelmästä on tarjolla kohdeyrityksenkin käyttämä Community-versio sekä lisenssimaksullinen Enterprise-versio. [1] Järjestelmä on modulaarinen, eli siihen on vakioasennuksen lisäksi mahdollista ladata ja asentaa lisäosia, jotka kuuluvat Enterprise-versiossa lisenssimaksun hintaa. [31]

Community-versiossa vakioasennussisältö on melko suppea sisältäen lähinnä järjestelmän perustoiminnot. Etenkin valmistavan teollisuuden käytössä on lähes välttämätöntä asentaa lisämoduuleja, kuten valmistus ja varastohallinta. Osa tarjolla olevista moduuleista on ilmaisia, mutta useat moduulit ovat saatavissa vain maksua vastaan. Toisin moduulien hankintahinnat ovat varsin kohtuullisia, usein vain joitakin kymmeniä tai satoja euroja [31]. Moduulit ovat yhteensopivia perusasennuksen kanssa ja konfiguroinnin jälkeen valmiita käyttöönotettavaksi.

Koska Odoo on avoimen lähdekoodin ympäristö, tarjoaa se myös mahdollisuuden omaan ohjelmistokehitykseen. Virallisten moduulien lisäksi on tarjolla myös muiden Odoo-käyttäjien, eli kolmansien osapuolien kehittämiä ja julkaisemia moduuleja [31].

### 4.2 Ohjelmaan tutustuminen ja pilotointi testikannassa

Tässä kappaleessa kerrotaan tarkemmin tutkimukseen kuuluvasta kokeellisesta osiosta. Suunnitelman mukaisesti kaikki toimintatestausta tapahtui järjestelmän

testitietokannassa, josta validiksi havaittu data siirrettiin käytössä olevaan tietokantaan. Testauksen alkuvaiheessa konsultaatiota järjestelmän ominaisuuksista ja datan massasiirrosta saatiin kohdeyrityksen ICT-tukihenkilöltä sekä ulkopuoliselta asiantuntijalta.

Testitietokannassa tutkittiin tehtaan työpisteiden, tuoterakenteiden, tuotteiden reititysten, varaston ja tuotannon operaatioiden välisiä relaatioita. Testauksen tarkoituksena oli löytää kohdeyrityksen tuotannonohjaukseen mahdollisimman hyvin soveltuvat järjestelmän konfiguroinnit niin, ettei tuotantostrategiaa ja toimintatapoja tarvitse muuttaa järjestelmän vaihdoksen vuoksi.

### 4.2.1 Työpisteet

Suunnitelman mukaisesti testikantaan luotiin ensimmäiseksi toden mukaiset työpisteet, joita oli 21 kappaletta. Tämä tapahtui Manufacturing-moduulin Master Data/Work Centers-polun kautta. Samalla työpisteille määriteltiin todenmukaiset yksikkökustannukset per työtunti, jotka perustuvat kunkin työpisteen keskiarvopalkkoihin sivukuluineen. Manuaali- ja robottihitsauksessa yksikkökustannuksiin otettiin huomioon myös keskimääräinen lisäaineen ja suojavaasun kulutus. Kuvassa 14 on nähtävissä muut työpisteen konfiguroitavat kentät.

Work Center Name	Plasmaleikkaus	Code	
Working Hours	Standard 40 Hours/Week	Company	REMU Oy

General Information	
Time Efficiency	100,00 %
Capacity	1,00
OEE Target	90,00 %
Time before prod.	00:00 minutes
Time after prod.	00:00 minutes

Costing Information	
Cost per hour	<input type="text"/>

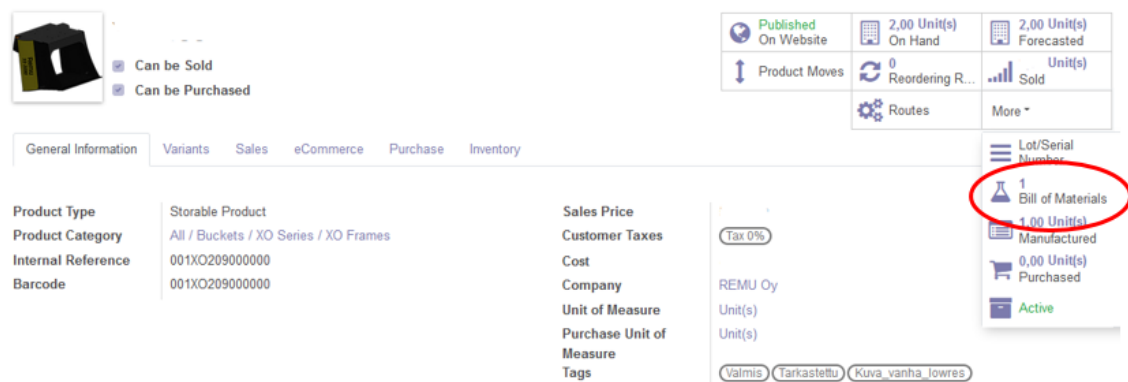
**Kuva 14.** Työpisteen konfigurointi

Järjestelmä kertoo myös vihjeen jokaiselle konfiguroitavalle kentälle leijuttamalla kursoria kentän päällä. Vihje selittää mitä kenttä käytännössä tarkoittaa ja kuinka asetukset tulisi missäkin tapauksessa tehdä. Time Efficiency-kenttään (ympyröity punaisella) voidaan määrittää työpisteen tai koneen tehokkuus. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi kahden henkilön kokoonpanopisteeseen asetetaan tehokkuudeksi 200 %. Tällöin projekti, jonka kestoksi on määritelty 8 tuntia, varaa kyseessä olevalta työpisteeltä 4 tuntia läpäistäkseen sen. Capacity-kenttään (ympyröity sinisellä) puolestaan voidaan määrittää lukuarvo, joka kertoo, kuinka monta kappaletta samanaikaisesti työpisteessä

voidaan käsitellä. OEE-target-kenttään voidaan määrittää tavoite arvo OEE:lle (Overall Equipment Effectiveness). Time before prod.- ja Time after prod.-kenttiin voidaan määrittää työpisteen tai koneen asetus aika ennen uuden työn aloittamista ja sen viimeistelyaika. Nämä ajat otetaan huomioon kapasiteetti- ja läpäisyajalaskennassa. Lisäksi Working Hours-kenttään asetetaan käytettävissä olevat viikon työtunnit, jotka huomioidaan myös kapasiteettina niille viikonpäiville, jolle työtunteja on asetettu Standard Hours/Week-asetuksissa.

## 4.2.2 Tuoterakenteet

Yksittäisiä tuoterakenteita pääsee muokkaamaan esimerkiksi Inventory-moduulissa Master Data/Products-polun kautta. Tällöin avautuu lista kaikista järjestelmässä olevista nimikkeistä. Hakutoiminnon avulla voidaan hakea tuoterakenteeltaan konfigurointia vaativa tuote, joko nimikkeen tai nimikekoodin perustella. Käsiteltävän tuotteen taakaa löytyy tuoteikkuna, joka on kuvan 15 kaltainen näkymä.



**Kuva 15. Tuoteikkuna**

Tuoteikkunan valikoista löytyy useita konfigurointimahdollisuuksia, mutta tässä tapauksessa kiinnostava on tuoterakenne. More/Bill of Materials-napin painallus (ympyröity punaisella kuvassa 15) avaa jälleen uuden valikon, jossa on mahdollisuus luoda tuotteelle tuoterakenne tai avata olemassa oleva tuoterakenne tarkastelua ja muokkausta varten. Avautuva tuoterakenne sisältää nimikkeet ja niiden määrät. Jokainen nimike voi sisältää määräämättömän määrän tasoja alirakenteista. Lisäksi jokaiselle nimikkeelle voidaan määritellä sitä kuluttava työvaihe. Käytännössä tämän työvaiheen valmiskuitaus poistaa tuoterakenteen mukaisen määrän kyseistä nimikettä varastosaldolta. Työvaiheeksi voidaan valita vain yksi kyseisen nimikkeen reitityksen sisältämistä työvaiheista.

Odoon mahdollistaa tuoterakenteen luomisen kahdella eri tavalla: Phantom BoM, jolloin valintaruudusta asetetaan rasti kohtaan Kit tai Subassembly BoM, jolloin valitaan Manufacture this product. Ero näiden kahden tyylin välillä on niiden tavassa sisällyttää puolivalmisteiden tuoterakenne lopputuotteeseen. Phantom Bom sisällyttää lopputuotteeseen puolivalmisteen sarjana komponentteja ilman, että tuotantotilauksissa esiintyy varsinaista puolivalmistetta. [32] Subassembly BoM taas käsittelee puolivalmistetta niin, että se generoi tuotantotilauksen myös puolivalmisteista, jotka sisältyvät tilattuun lopputuotteeseen. Tuotantotilausten generointi tapahtuu automaattisesti kaikille tuoterakenteen riveille, joille on määritelty oma tuoterakenne, eli käytännössä vähintään reititys.

Tuoteikkunassa voidaan tuotteelle, alikokoonpanolle, komponentille tai raakamateriaalille lisätä myös seurantanumerovaateita. Seuranta voi olla eränumerotyyppinen, jolloin samaan erään voidaan sisällyttää useita kappaleita. Toinen vaihtoehto on uniikki sarjanumero, jolloin samalla numerolla voi esiintyä ainoastaan yksi kappale. Mikäli seuranta-vaateita on asetettu, on seurantanumero myös lisättävä nimikkeelle, ennen kuin sen voi kuitata valmiiksi reitityksen viimeisestä työvaiheesta.

Tuoterakenneikkunan Structure & Cost-napin klikkaus avaa jälleen uuden näkymän, jossa esiintyy käsiteltävän tuoterakenteen nimikkeiden hinnat kahdessa eri kentässä – Product Cost ja BoM Cost. Mikäli tuotteelle on määritelty omakustannehinta suoraan tuoteikkunanäkymän Cost-kenttään, näkyy se myös Structure & Cost-näkymän Product Cost-kentässä kyseisen nimikerivin hintana. Bom Cost puolestaan on nimikerivin laskennallinen hinta, joka muodostuu rivin alirakenteen muodostamasta kustannuksista sisältäen työpistekohtaiset työajat ja niistä seuraavat työkustannukset. Niistä kertyvä summa lisätään automaattisesti BoM Cost-kentän kokonaishintaan, joka näkyy alimalla rivillä Unit Cost-hintana. Edellytyksenä työkustannusten muodostumiselle on, että tuotteelle on määritelty reititys ja työpisteille tuntihinnat.

Koska kohdeyritys tarjoaa samasta tuotteesta variantteja, jota voi olla jopa useita tuhansia tuotetta kohden, oli järkevää tutkia myös tuoterakenteiden variointimahdollisuutta. Odoon vakiotoiminnallisuudesta löytyy mahdollisuus luoda varioituvia tuotteita [31]. Tuotevariointi on järjestetty niin, että perustuotteeseen voidaan liittää haluttu määrä attribuutteja ja jokaiselle attribuuteille tarvittava määrä eri arvoja. Attribuutin arvoja voivat olla esimerkiksi erilaiset komponentit, värit tai raakamateriaalit. Myyntitilausta tehtäessä voidaan valita varioituva perustuote ja siihen haluttuja ominaisuuksia attribuuttien mukaan. Tämä aiheuttaa varioitumistarpeen myös perustuotteen

rakenteessa, mikäli halutaan varastosaldojen pysyvän ajantasaisina ja järjestelmän generoivan oikeasisältöisiä tuotantotilauksia.

Kuvassa 16 nähdään esimerkki siitä, kuinka on luotu tuoterakenne varioituvalle tuotteelle. Rivillä 1 esiintyvä komponentti sisällytetään tuoterakenteeseen aina, kun tilaussa lopputuotteessa esiintyvät saman rivin viimeiseen kenttään valitut attribuutit (ympyröity punaisella). Riveillä 2–4 taas esiintyy sama komponentti, mutta kulutettava määrä vaihtuu attribuutin arvon mukaan (ympyröity sinisellä). Mikäli rivin viimeinen kenttä jätetään tyhjäksi, käyttäytyy kyseisen rivin nimike, kuten vakiotuoterakenteessa.

Product	EX140 / EX80 screening rotor	Reference	
Product Variant		BoM Type	Manufacture this product
Quantity	1,00 Unit(s)	Company	REMU Oy
Routing	Teräpakka		

#	Component	Quantity	Product Unit of Measure	Apply on Variants
1	[03200000000014] Hardox 500 teräputki, EX80 / EX140	1,00	Unit(s)	Blade Type: 4001 Blade Type: 4311 Blade Type: 4304 Blade Type: 4301 Blade Type: 4302
2	[4001S10] 4001S10 terälappu	25,00	Unit(s)	Blade Type: 4001 Blade Thickness and Spacing: (R)...
3	[4001S10] 4001S10 terälappu	19,00	Unit(s)	Blade Type: 4001 Blade Thickness and Spacing: (R)...
4	[4001S10] 4001S10 terälappu	15,00	Unit(s)	Blade Type: 4001 Blade Thickness and Spacing: (R)...

**Kuva 16.** Varioituva tuoterakenne

### 4.2.3 Reititykset

Tuotannon erilaisia reitityksiä on mahdollista rakentaa Manufacturing-moduulin Master Data/Routings-valikon takaa avautuvasta näkymästä. Reititykseen asetetaan työpisteet siinä järjestyksessä, kuin nimike käytännössä etenee tuotantoprosessissa. Järjestystä on kuitenkin myös mahdollista vaihtaa jälkikäteen. Näkymään voidaan asettaa myös työpistekohtaiset valmistusajat. Lisäksi voidaan määrittää yritys, koska työpiste voi olla esimerkiksi ulkoistettu alihankintaan. Notes-välilehdelle voi lisätä tekstimuotoista lisätietoa kyseessä olevasta reitityksestä. Kuvassa 17 punaisella ympyröidyn Time Analysis-napin takaa voidaan tarkastella työmääräskohtaisesti kertyneitä toteuma-aikoja, kappaleita, oletuskestoajoja ja toteuma-aikoja kappalekohtaisesti. Kuva on

testitietokantaan luodusta esimerkki reitityksestä.

RO/00004

Routing XO2090 runko Company REMU Oy

Time Analysis Active

Work Center Operations Notes

Operation	Work Center	Duration	Company
Plasmaleikkaus	Plasmaleikkaus		
Pitkien terästen sahaus	Sahaus		
Seulakauhan rungonosat	Särmäys		
Seulakauhan runko	Mankelointi		
Heppaus	Seulakauhojen silloitushitsaus		
Runkohitsaus	Seulakauhojen runkohitsaus		
Pintakäsittely	Jauhemaalaus		
Tarroitus	Seulakauhojen kokoonpano		

### Kuva 17. Reititys

Reititys nimikkeelle voidaan kohdentaa tuoterakennä näkymässä kenttään Routings, jonka alasvetovalikosta valitaan kyseisen nimikkeen valmistusta vastaava reititys tai se voidaan luoda tuoterakennetta tehtäessä. Käytännössä havaittiin, että reititys on kuitenkin usein luotava nimikekohtaisesti. Tämä johtuu siitä, että eri nimikkeillä on kussakin työpisteessä yleensä eri pituiset työn kestot, vaikka ne muuten noudattaisivatkin tuotannossa samaa reittiä. Työn kestot taas vaikuttavat tuotekohtaisiin aikataulutuksiin ja tuoterakenteesta laskettavaan kokonaiskustannukseen. Nimike-/työvaihekohtainen työn kesto voidaan asettaa reititykseen manuaalisesti tai se voidaan laskea keskiarvona toteutuneiden aikojen mukaan. Keskiarvoaikaan laskettavien toteuma-aikojen määrää voidaan myös säätää halutun suuruiseksi.

Reitityksen lisääminen nimikkeelle tuo tuoterakenteeseen näkyviin työvaihekohtaiset kustannukset, jotka lasketaan mukaan tuotteen kokonaiskustannukseen. Tässä kohdassa kuitenkin törmättiin kohdeyrityksessä ongelmaan. Koska pintakäsittely on ulkoistettu ja sen hinnoittelu perustuu käsiteltävän kappaleen massaun, eikä valmistusaikaan, joka on järjestelmän reitityksissä oletusyksikkönä. Ongelma ratkaistiin niin, että pintakäsittelyvaiheeseen tallennettiin kesto-aika, mutta tuntihinnaksi asetettiin nolla. Tuoterakenteeseen puolestaan lisättiin pintakäsittelyä vastaava nimikerivi. Rivin yksiköksi asetettiin kilo ja yksikköhinnaksi alihankkijan laskuttama kilohinta sekä määräksi tuotteen massa. Näin saatiin pintakäsittelyn kustannukset ja sille varattava aika vastaamaan todellisuutta.

#### 4.2.4 Tuotannon operaatiot

Odoon-järjestelmä siirtää myyntitilauksen vahvistuksen jälkeen tuotteen työjonoon automaattisesti, mikäli nimikekohtaiset asetukset sen sallivat [31]. Työjono löytyy Manufacturing-moduulista Operations/Manufacturing Orders-polun takaa. Täältä edelleen kukin tuotantotilaus voidaan avata ja muodostaa siitä tuotteen reitityksen määrittelemät, työvaihekohtaiset työmääräimet, jotka esiintyvät järjestelmässä termillä Work Orders. Samalla tuotantotilaus siirtyy statukselle In Progress. Avattaessa työvaihekohtainen työmääräin voidaan se kuitata aloitetuksi ja sen jälkeen myös paussille tai kuitata valmiiksi. Myös työn keskeyttäminen romutuksen vuoksi on mahdollista, mutta tällöin toimenpiteestä luodaan raportti, johon kirjataan kappalemäärä ja mahdolliset sarja- tai eränumerot. Reitityksen viimeisen työvaiheen valmistuttua on tuotantotilaus mahdollista kuitata valmiiksi. Valmiskuittauksen jälkeen nimike, puolivalmiste tai tuote siirtyy varastosaldolle. Lopputuote poistuu varastosaldolta, kun tilaus vahvistetaan toimituksi. Yksittäisen nimikkeen tai puolivalmisteen kohdalla saldopoisto tapahtuu tuoterakenteeseen määritellyn työvaiheen valmiskuittauksen perusteella.

Toimenpiteitä vaativia töitä on mahdollista tarkastella myös tuotantomoduulin yleisnäkyvässä. Yleisnäkyvässä on nähtävillä kaikki järjestelmään luodut työpisteet. Jokaisen työpisteen kohdalla on pikalinkki kyseisen työpisteen työjonoon. Lisäksi näkyvässä on työpisteen keskeneräisten töiden määrä. Työpistekohtaisesti voidaan suodattaa keskeneräisiä töitä esimerkiksi materiaalipuutteen mukaan. Näkyvässä on myös työpisteen OEE-luku, jota voidaan tarkistaa numeerisesti tai ympyrädiagrammimuodossa.

#### 4.2.5 Varasto

Varastomoduuili sisältää dataa tuotteista, tuotevarianteista, uudelleentilaussäännöistä sekä sarja-/eränumeroista. Raportteina saadaan tuoteinventaarior, varaston arvo ja nimikkeiden liikkeet esimerkiksi määritellyistä varastoista asiakkaille. Yleisnäkyvästä löytyy myös nimikkeiden sisäiset liikkeet, mikäli järjestelmään on luotu sisäiset varastoreititykset yritystasolla. Yleisnäkyvästä on nähtävissä lisäksi listaus toimittamattomista ostotilauksista, keskeneräiset myynti- ja tuotantotilaukset sekä Dropship-toimitukset. Dropship-termi tarkoittaa Odoon-järjestelmässä esimerkiksi raakamateriaalin lähettämistä toimittajalta suoraan alihankkijalle jatkojalostukseen niin, ettei se kulje tilaajan varaston kautta [27].

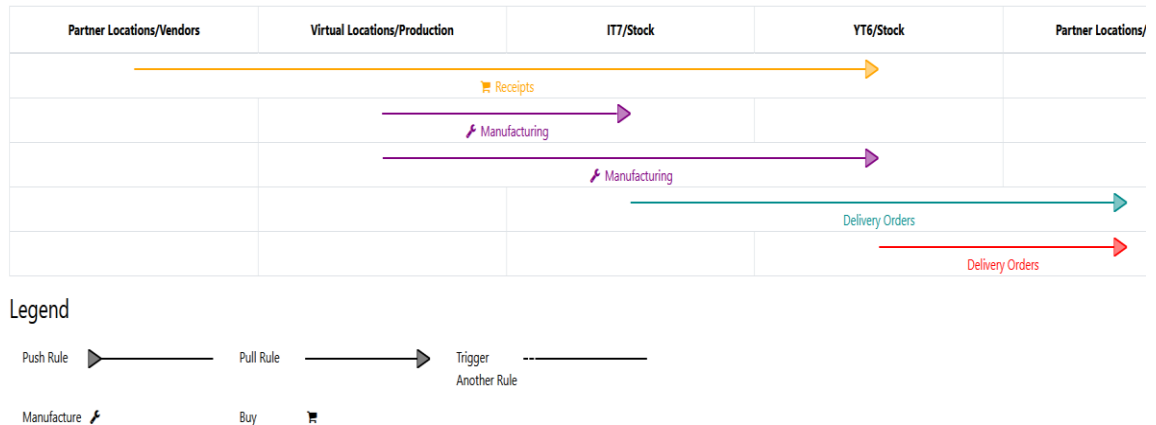
Varastomoduuilissa konfiguroidaan myös useita tuotantoon suoraan tai epäsuorasti liittyviä toimintoja. Näitä ovat varastot, sijainnit, varastosäännöt, varastoreitit ja varastooperaatiotyypit. Varastomoduuili mahdollistaa usean fyysisen varaston konfiguroinnin

järjestelmään. Sijainnit ovat käytännössä näiden varstojen varasto- tai hyllypaikkoja. Varastoreitit määrittelevät nimikkeelle suoritettavat operaatiot valintojen ja niiden taakse luotujen sääntöjen mukaan. Operaatiotyyppejä taas käytetään sääntöjä määriteltäessä. Näillä määrityksillä voidaan vaikuttaa siihen, missä vaiheessa ja mille nimikkeille generoidaan automaattinen tuotantotilaus, tai minne toimitukset ohjautuvat ostotilauksen toimitusosoitekentän mukaan. Kohdeyrityksen tapauksessa varasto-operaatioilla määriteltiin nimikeikkunan varastovälilehdelle seuraavat vaihtoehdot:

- Manufacture (yleisesti valmistettava nimike)
- Make To Order (valmistetaan tilausta vastaan)
- Make To Stock (valmistetaan varasto-ohjautuvasti tilaussääntöjen mukaan)
- Buy To IT7 (ostettava nimike, toimitusosoite hitsaus-/levytyöhallille)
- Buy To YT6 (ostettava nimike, toimitusosoite kokoonpanohallille)
- Dropship (toimitus suoraan toimittajalta esimerkiksi alihankkijalle)

Kuvassa 18 on havainnollistettu, kuinka järjestelmä tulostaa graafisen esityksen kuvitteellisen nimikkeen varastoreiteistä. Esimerkissä on kaksi tehtaan varastoa ja tuotanto, joka on omana sijaintinaan. Lisäksi on toimittajan ja asiakkaan varastot. Eriväriset nuolet kuvaavat eri toimintojen aiheuttamia siirtoja nimikkeelle ja symbolit kuvaavat mistä toiminnosta on kyse. Lisäksi nuolen muodosta on pääteltävissä varastosäännön laji, eli imu-, työntö-, tai muu ohjausmenetelmä. Nimikkeen ostoa kuvaa keltainen nuoli, jolloin nimike siirtyy toimittajan varastolta tehtaan YT6-nimiseen varastoon. Violetin väriset nuolet valmistusta, joka kuluttaa kyseessä olevaa nimikettä. Nimike kuluu ensin tuotannossa puolivalmisteeseen, joka siirtyy jatkojalostukseen IT7-nimisestä varastosta YT6-nimiseen tehtaan varastoon. Vihreä nuoli kuvaa puolivalmisteen myyntiä varaosana, jolloin nimike sisältyy toimitukseen ja se liikkuu puolivalmisteen varastopaikasta, IT7 asiakkaan varastolle.

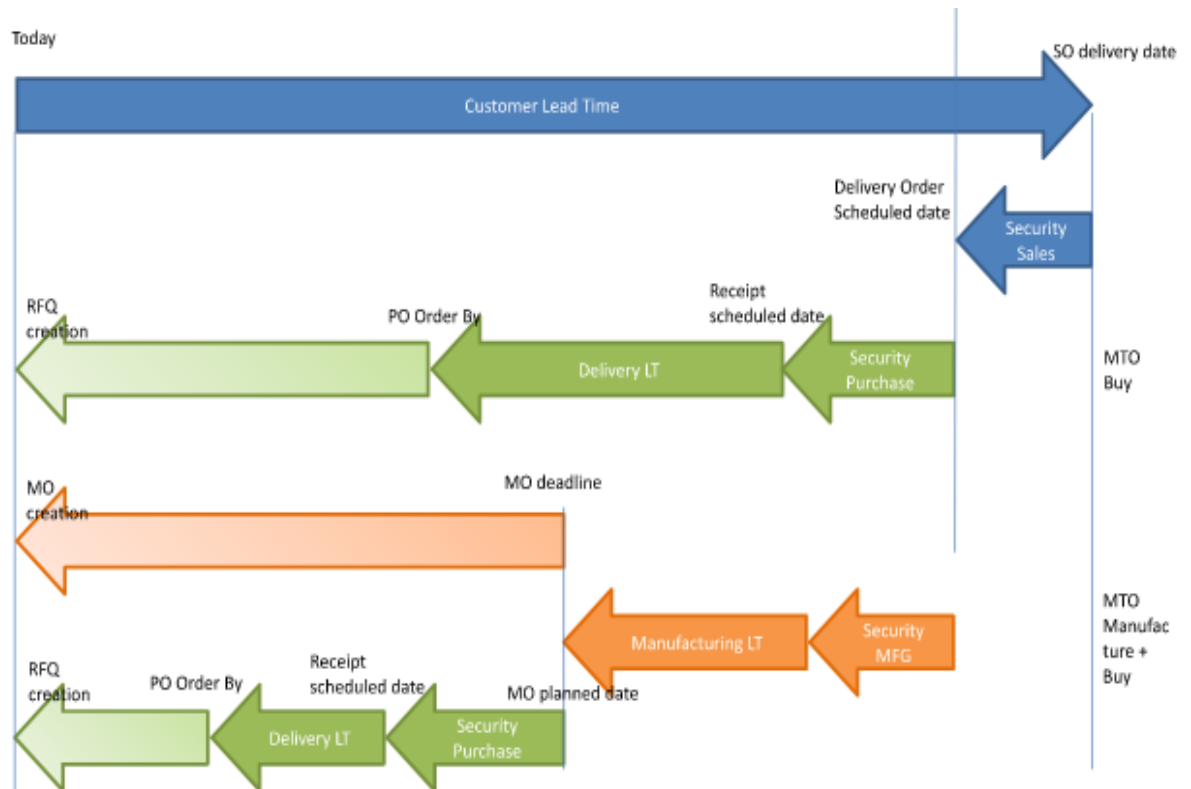




**Kuva 18.** Yksittäisen nimikkeen varastoreitti

#### 4.2.6 Aikataulutus ja resurssointi

Oodon perustoiminnallisuuteen kuuluu mahdollisuus asettaa päivätasoisia viiveitä eri operaatioille [31]. Ostokomponenteille voidaan asettaa toimittaja-/komponenttikohtaisia toimitusaikoja. Tämä asetus tehdään nimikeikkunan purchase-välilehdellä. Asetus on mahdollinen vain, jos komponentille on määritelty toimittaja. Mikäli samalle komponentille on määritelty useita toimittajia, on niistä jokaiselle mahdollista asettaa oma toimitusaikansa. Myytävälle tuotteelle on myös mahdollista asettaa omat toimitusajat, jotka asetetaan nimikeikkunan inventory-välilehdellä. Siellä on mahdollista asettaa sekä valmistusaika, mikäli on valittu rasti kohtaan manufacture, että asiakkaan toimitusaika. Valmistusaika tarkoittaa tässä tapauksessa tehtaan käyttämää oletusaikaa kyseisen tuotteen valmistamiseen. Asiakkaan toimitusajalla taas tarkoitetaan aikaa, joka kuluu kokonaisuutena tilauksen toimittamiseen asiakkaalle. Tuotannon- ja asiakkaan toimitusaikoja määriteltäessä on huomion arvoista myös, että mikäli asiakkaan toimitusaikaa ei ole määritelty ja tuotantoaika taas on, syntyy tilanne, jossa tuotannonaloituspäivä on tilaus vahvistettaessa jo lähtökohtaisesti menneisyydessä. Tämä johtuu siitä, että järjestelmä laskee tuotannonaloituspäivän kaavalla asiakkaan toimitusaika – tuotannon valmistusaika. Asian selkeyttämiseksi aikataulutuksen kaavio on nähtävissä kuvasta 19.



**Kuva 19.** Aikataulutuksen periaatekaavio [31]

Lisäksi järjestelmäasetuksissa on mahdollista määrittää lisäpäiviä, jotka järjestelmä ottaa huomioon tilausten aikataulutuksessa. Lisäpäivät aikatauluttavat hankintakehoitteita, työmääräyksiä ja lähetysmääräyksiä asetettujen turvapäivien määrän verran aikaisemmaksi myyntitilauksen oletustoimituspäivän suhteen. Lisäpäiviä voidaan asettaa sekä osto-, että myyntitilauksille ja niiden tarkoitus on parantaa yrityksen toimitusvarmuutta. Toimitusvarmuuden paraneminen johtuu siitä, että lisäpäivien avulla järjestelmä antaa toleranssia toimittajien, valmistuksen ja logistiikan toimitusaikojen vaihtelulle. Lisäksi edellä kuvatut toimitusaika-asetukset aiheuttavat järjestelmän generoiman varoituksen esimerkiksi tilanteessa, jossa myyntitilausta tehtäessä yritetään asettaa liian aikaista toimituspäivää asiakkaalle suhteessa järjestelmän tarjoamaan toimituspäivään [31].

Testivaihe osoitti, että käytössä olevat resurssit huomioon ottava aikataulutus näyttäisi olevan puutteellinen. Havainto perustuu siihen seikkaan, että usea samaa työpistettä kuormittava työ voidaan aloittaa päällekkäin. Tämä on mahdollista, vaikka kyseiselle resurssille olisi asetettu rinnakkain operoitavien kappaleiden määräksi yksi. Ratkaisua tähän ongelmaan ei tutkimuksen aikana löytynyt. Tätä havaintoa tukee myös tieto, joka saatiin erään kolmannen osapuolen Odoo partnerin edustajan kautta. Hänen mukaansa Odoo-järjestelmä ei sisällä varsinaista MES-tasosta ohjausta, jossa olisi

mahdollista järjestellä ja aikatauluttaa töitä, vaan tällainen lisäosa olisi hankittava erikseen [13].

### 4.3 Välitulokset toiminnallisuuden testauksesta

Testausvaiheessa oli havaittavissa, että lähes kaikki tavoiteltu toiminnallisuus on saavutettavissa Odoon vakioitoimitussisällöllä ja erilaisten asetusten sekä konfiguraatioiden yhdistelmillä. Erityisen paljon haasteita kuitenkin aiheutti varasto-ohjautuvien, valmistettavien nimikkeiden oikeiden asetusten ja reittien/sääntöjen konfigurointiyhdistelmän löytäminen. Tähän ongelmaan kysyttiin myös asiantuntija apua, mutta ratkaisuehdotukseksi tarjottiin erillisen moduulin hankkimista [13]. Pitkällisen testauksen ja vaihtoehtojen tutkimisen kautta kuitenkin löytyi ratkaisu, joka mahdollisti tämänkin tuotantostrategian toteuttamisen ilman erillisen moduulin hankkimista.

Selvitettäväksi kuitenkin jäi vielä se, saadaanko järjestelmä generoimaan lopputuotteiden sarjanumerot automaattisesti, vai joudutaanko tuotekohtaista sarjanumerokirjanpitoa pitämään erillisessä dokumentissa. Tämä vaihtoehto olisi hankalakäyttöinen ja virhealtis. Kuitenkin järjestelmä estää saman sarjanumeron tallettamisen useaan kertaan, joten käytännössä virhemahdollisuudeksi jäisi juoksevan numeron välistä jääminen tai väärän tyyppisen numerosarjan tallentaminen lopputuotteelle. Lisäksi se olisi kehityksen taka-askel suhteessa vanhaan tuotannonohjausjärjestelmään, joka osaa generoida juoksevat sarjanumerot tuotekohtaisesti.

On vielä todettava, että uusi järjestelmä tuo mukanaan myös useita hyödyllisiä ominaisuuksia, joita ei vanhasta Excel-pohjaisesta tuotannonohjausjärjestelmästä löytynyt. Myös suurimpaan osaan luvussa 3.2.3 esitettyihin kysymyksiin löytyi vastaus. Ratkaisut on esitelty alla:

1. Ei tarvita, jos käytössä on kohdassa 5. mainitut päätteet. Tällöin toimenpiteitä Useita työjonoja voidaan muodostaa, koska Odoo listaa automaattisesti keskenäisten töiden työmääräimet työpisteittäin.
2. Töiden aloituspäivän voi määrittää työmääräintä luotaessa ja työn kesto määräytyy reitityksessä määritellyn kestoajan mukaan. Järjestelmä ei kuitenkaan huomioi kapasiteettirajoitteita.
3. Ohjausimpulssi valmistukseen tulee myyntilauksen vahvistuksesta tai varasto-ohjautuvien nimikkeiden osalta uudelleentilaussäännöistä sekä

varastoreitityksistä/-säännöistä. Ostotilausten ja tuotantotilausten impulssit muodostuvat uudelleentilaussääntöjen mukaisesti.

4. Varastosaldojen hälytysrajat voidaan asetetaan uudelleentilaussääntöihin nimike kohtaisesti.
5. Töiden statuskuittaukset voidaan tehdä työpistekohtaisesti, mikäli tehtaan lattialla on käytössä päätteet tätä varten. Tällöin kuittauksen voi tehdä kyseisen työpisteen operaattori.
6. Paperisia työmääräyksiä vaativat työt voidaan havainnoida järjestelmän työpistekohtaisista työjonoista.

## 4.4 Käyttöönotto

Uuden järjestelmän käyttöönotto aloitettiin luomalla vastaavat työpisteen ja niiden parametrit käytössä olevaan tietokantaan samoin, kuin ne oli tehty testikantaan. Lisäksi jouduttiin luomaan muutama uusi työpiste, jotta järjestelmä vastaisi kohdeyrityksen tuotantoa mahdollisimman tarkasti. Seuraavaksi oli vuorossa tuoteranteiden luominen tai massatuonti, jonka jälkeen järjestelmän toiminnallisuutta voitiin jo kokeilla käytännössä. Lisäksi tarvittiin myös tuotteiden ja yksittäisten komponenttien työvaihereititykset. Mutta kuten jo testikannassa kokeilujen kautta voitiin havaita, on tuoterakenne melko monitasoinen käsite Odoo-järjestelmässä, sillä se voi sisältää lähes loputtomasti alirakenteita ja varioituvia tuoterakenteita. Avoinna siis edelleen oli, kuinka suhtaudutaan tuotevariantteihin ja kuinka monitasoisia tuoterakenteista tehdään.

Lisäksi olemassa olevaan kantaan täytyi konfiguroida samankaltaiset varastoreititykset ja reititysten sisältämät operaatiot, kuin oli konfiguroitu testikantaan. Tällä mahdollistettiin tavoiteltu, automaattinen tuotantotilausten generointi tuotantomoduuliin, vaikka kyseessä olisi varasto-ohjautuva tuote tai komponentti.

### 4.4.1 Tuoterakenteiden ja reititysten luonti

Tuoterakenteiden toteutus päätettiin aloittaa luomalla komponenttien reitit, kulutettavat materiaalit ja uudelleentilaus- sekä varastoäännöt yhden lopputuotteen kohdalta. Tämän toteutuksen jälkeen olisi helpompi tutkia edelleen vastaavien tietueiden massatuontimahdollisuutta jäljellä olevien lopputuotteiden kohdalla. Hieman haasteita käytännön toteutuksessa asetti ainakin osa varioituvista tuoterakenteista, joihin törmättiin heti

ensimmäisen lopputuotteen tuoterakenteen kohdalla. Tästä aiheesta kerrotaan enemmän seuraavassa luvussa.

Edellisen kappaleen asioiden määrittelyn seurauksena työjonoon olikin seuraavana aamuna automaattisesti muodostunut kuvan 19 kaltainen näkymä. Kaikki työjonon nimikkeet olivat varasto-ohjautuvia. MTS-varastosäätö voitiin siis viimeistään tässä vaiheessa todeta toimivaksi, koska tuoterakenne oli luotu lopputuotteelle, jota ei sillä hetkellä ollut tilauskannassa. Tästä voitiin päätellä myös, että tuotantotilukset olivat muodostuneet uudelleentilaussääntöjen ja varastosaldojen pohjalta, koska usean nimikkeen saldo oli jäänyt päivittämättä todellisuutta vastaavaksi ja täten saldo alitti tilausäännön minimirajan. MTO-varastosäännön omaavia nimikkeitä ei työjonossa ollut, kuten ei tässä tapauksessa pitänytkään. Kuvassa 20 näkyvät vihreät rivit ovat aloituspäivämäärältään ajoissa olevia tuotantotilauksia. Punaiset rivit taas ovat työn aloituspäivämäärältään jo myöhässä. Näkymä on suodatettu toimenpiteitä vaativien rivien mukaan (ympyröity punaisella).



Manufacturing Orders

Create Import

Reference	Deadline Start	Product	Source	Quantity	Unit of Measure
WH/MO/00040	17.09.2021 15.06.11	[SB30617] Kampatelineen nurkkatuki	OP/00040	200,00	Unit(s)
WH/MO/00036	16.09.2021 15.06.33	[SB30612] EP/EE-sarja, kampatelineenkonva	OP/00024	100,00	Unit(s)
WH/MO/00034	16.09.2021 15.06.32	[SB31825] Kotelon etupuoli	OP/00021	10,00	Unit(s)
WH/MO/00035	16.09.2021 15.06.32	[SB31834] EP_150 suistolelyn pohjan kulutuspaala	OP/00022	10,00	Unit(s)
WH/MO/00043	15.09.2021 15.06.12	[SB31222] EP-sarja, kampatelineen keskituki_3	OP/00039	60,00	Unit(s)
WH/MO/00041	15.09.2021 15.06.12	[SB30909] Ketjukiristimen rungon puoli	OP/00036	100,00	Unit(s)
WH/MO/00042	15.09.2021 15.06.12	[SB31826] EP-pulttipohjan etujäykiste	OP/00037	60,00	Unit(s)
WH/MO/00039	14.09.2021 15.06.34	[SB30501] EP_150, Alavahike Kululevy HB400	OP/00030	5,00	Unit(s)
WH/MO/00038	14.09.2021 15.06.34	[SB30500] EP_150, alalevy Kululevy HB400	OP/00029	5,00	Unit(s)
WH/MO/00037	14.09.2021 15.06.33	[SB30621] EP_150, Huoltoluukun tukilatta	OP/00026	60,00	Unit(s)
WH/MO/00033	14.09.2021 15.06.32	[SB31828] Takalevy	OP/00020	10,00	Unit(s)
WH/MO/00029	06.09.2021 15.06.10	[SB31840] Kotelon sisätuki	OP/00015	10,00	Unit(s)
WH/MO/00030	06.09.2021 15.06.10	[0130000000114] EP pulttipohjan etujäykiste	OP/00016	10,00	Unit(s)
WH/MO/00024	06.09.2021 15.06.06	[011EPXXX000003] Top side hatch in EP_095-series and back side hatch in EP_150-series	OP/00011	20,00	Unit(s)
WH/MO/00025	05.09.2021 15.06.08	[SB31837] EP_150 uusi kansilevy	OP/00014	6,00	Unit(s)

**Kuva 20. Näkymä työjonosta**

Työn aloituspäivämäärään vaikuttaa nimikkeelle määritetty tuotannon oletusläpäisy-aika, jonka järjestelmä laskee tuotantotilauksen konfigurointi päivästä tuotteelle määritellyn läpimenoajan mukaisesti taaksepäin. Lisäksi aloituspäivämäärään vaikuttaa tilausohjautuvassa nimikkeessä uudelleentilaussääntöön määritetty kyseisen nimikkeen läpäisy-aika. Järjestelmän aloituspäivän laskenta varasto-ohjautuvan nimikkeen kohdalla toimii seuraavasti:

- Tilausrajan alittuessa uudelleentilaussääntö generoi tuotantotilauksen
- Uudelleentilaussääntöön määritetty läpäisy-aika lisätään tuotantotilauksen generointipäivään

- Nimikkeelle määritelty oletustoimitusaika vähennetään uudelleentilaussäännön läpäisyajasta
- Tuotantotilaukselle generoituva aloituspäivän deadline on edellisen kohdan laskennan tuosta edeltävä päivänmäärä

Mikäli nimike on tilauspohjaisesti ohjautuva, sen tuotantotilauksen aloituspäivän deadline muodostuu samaksi päiväksi, kun kyseistä nimikettä sisältävän tuotteen myyntitilauksen vahvistuspäivä. Lopputuotteen läpäisy aikaan vaikuttaa myös se, onko siinä monitasoisia tuoterakenteita. Mikäli näin on, alirakenteiden eri tasojen läpäisyajat lasketaan yhteen ja niiden summa muodostaa lopputuotteen kokonaisläpäisyajan. Järjestelmä ei kuitenkaan huomioi läpäisy aikalaskennassa resurssirajoitteita.

#### 4.4.2 Varioituvat tuotteet

Kuten kappaleessa 4.2.2 todettiin järjestelmä mahdollistaa varioituvat tuotteet ja niille varioituvat tuoterakenteet. Kohdeyrityksen tapauksessa käytännön ongelmaksi muodostui, että päätuotetasolla oleva varioituvuus ei riitä, vaan käytössä on myös varioituvia alikokoonpanoja. Lisäksi samoja varioituvia alikokoonpanoja myydään varaosana asiakkaiden ilmoittamien spesifikaatioiden mukaisesti. Kaikki alikokoonpanot löytyivät valmiiksi tietokannasta omina tuotteinaan, mutta niiden yhdistäminen tuotekohtaisiksi varianteiksi olisi tehnyt tarjousten ja myyntitilausten laatimisesta kohtuuttoman vaikeaa sekä virhealtista. Sen vuoksi järjestelmään oli jo luotu tuoteryhmäkohtaiset generaattorit, joita hyödyntäen tarjous ja edelleen myyntitilaus voitiin tehdä yleistuotetta ja sen attribuutteja hyväksi käyttäen [27].

Oli siis löydettävä keino, jolla yleistuotteen tuoterakenteeseen saataisiin liitettyä yleis-mallisia alikokoonpanoja omine varioituvine tuoterakenteineen. Asiaa lähdettiin tutki-maan niin, että luotiin kaikkiin tuoteryhmän tuotteisiin sopiva, yleinen alikokoonpano, joka varioitui kaikkien käytössä olevien attribuuttien mukaisesti. Lisäksi yleiselle alikokoonpanolle luotiin vastaavien attribuuttien arvojen mukaan varioituva tuoterakenne. Seuraavaksi yhden tuotteen tuoterakenteeseen lisättiin sen sisältämä määrä tätä yleistä alikokoonpanoa. Tämän avulla järjestelmän toimintaa testattiin ja havaittiin, että se ei toimi oikein yleisen alikokoonpanon osalta. Lisäksi haasteita tuotti seikka, että tiettyt spesifikaatiot muuttavat alikokoonpanojen määrää lopputuotteissa. Esimerkiksi yleisesti käytetyllä spesifikaatiolla eräs tuote sisältää kolme kappaletta alikokoonpano A:ta, mutta valitsemalla erilaisen spesifikaation, muuttuvat määrät kahdeksi B:ksi ja yhdeksi C:ksi. Tämän kaltainen tarve herätti epäilyksen siitä, onnistuuko varioituvan

alikokoonpanon käyttö varioituvassa lopputuotteessa. Tämän tyyppistä tuoterakennetta luotaessa oli myös huomioitavaa, että attribuutin, jota ei löydy lopputuotteen variaatioista, lisääminen tuoterakenteen riville aiheutti ei toivotun lopputuloksen. Tällöin varioituva alikokoonpano ei generoitunut työjonoon ollenkaan. Tämä joutuu siitä, että järjestelmä ei osaa tulkita attribuutin arvoa, koska attribuutti ei esiinny lopputuotteen variaatioissa. Lisäksi tämä ratkaisu ei olisi mahdollistanut tuotekohtaisten kustannusten seuraamista järjestelmästä, joka oli yksi tutkimuksen alkuperäisistä tavoitteista. Tämä taas joutuu siitä, että yleinen alikokoonpano keräisi kaikkien alikokoonpanojen valmistusajan keskiarvoa, ei tuotekohtaisen alikokoonpanon keskiarvoa. Näin ollen myös lopputuotteen valmistuskustannusten keskiarvosta muodostuisi virheellinen.

Ratkaisu todettiin käyttötarkoitukseen nähden soveltumattomaksi ja lisäksi liian hankalaksi toteuttaa. Nämä seikat pakottivat etsimään muita ratkaisuja varioituvien tuotteiden tuoterakenteen muodostamiseksi. Kuvassa 21 on havainnollistettu, minkä tyyppisen rakenteen varioituva lopputuote varioituvine alikokoonpanoineen vaatii. Attribuutin arvosarakkeen tyhjäksi jättäminen tarkoittaa, että nimike kuuluu vakiorakenteeseen, eli se ei ole varioituva komponentti.

Lopputuotteen XXX tuoterakenne		
Nimike	Määrä	Attribuutin arvot
Osa 1	1	
Osa 2	3	
Alikokoonpano 1	1	yy,zz
Alikokoonpano 2	3	aa,bb
Osa 3	2	cc,dd

Alikokoonpano 2:n tuoterakenne		
Nimike	Määrä	Attribuutin arvot
Osa 6	1	
Osa 5	23	ff
Osa 5	19	ee

**Kuva 21.** Esimerkkikaavio varioituvasta alikokoonpanosta varioituvan lopputuotteen osana tuoterakenteessa

Seuraavaksi kokeiltiin varioituvan tuotteen tuoterakenteeseen lisätä vakiokomponenttien lisäksi jokainen valittavissa oleva alikokoonpano asiaankuuluvine määrineen. Lisäksi jokaiselle alikokoonpanolle lisättiin lopputuotteen variaatioon kuuluva, kyseisen alikokoonpanon kulutukseen vaikuttava attribuutin arvo. Tällä tavoin saatiin myyntilauksen vahvistamisen jälkeen työjonoon generoitumaan automaattisesti sekä

valmistettavat vakio puolivalmisteet, että niiden komponentit. Lisäksi työjonoon generoitui oikean tyyppiset, vakiosisältöiset puolivalmisteet, joiden tyyppi ja määrä muuttuu myydyin lopputuotteen attribuuttien arvon mukaan. Kuva 22 kertoo selkeämmin, kuinka tuoterakenne on luotu niin, että se toimii tavoitellulla tavalla myös varioituvilla lopputuotteilla. Olennaisin ero kuvaan 21 verrattuna on, että nyt alikokoonpanoilla ei ole attribuutteja, eli ne ovat vakiosisältöisiä. Alikokoonpanojen määrä lopputuotteen rakenteessa taas muodostuu myyntitiluksessa valittujen attribuuttien arvon mukaan. Toisin sanoen vaikka tietyt alikokoonpanot toimivat lopputuotteen varianteina, on niiden tuoterakenne puolestaan vakio.

Lopputuotteen XXX tuoterakenne		
Nimike	Määrä	Attribuuttien arvot
Osa 1	1	
Osa 2	3	
Alikokoonpano 1	3	aa,yy
Alikokoonpano 2	3	aa,zz
Alikokoonpano 3	3	aa,ww

Alikokoonpano 3:n tuoterakenne		
Nimike	Määrä	Attribuuttien arvot
Osa 6	1	
Osa 5	2	
Osa 4	23	

**Kuva 22.** Esimerkki varioituvasta tuoterakenteesta

Tämän vaihtoehdon käyttö teki mahdolliseksi saavuttaa halutunlaisen lopputuloksen tuotantotilausten automaattisessa generoinnissa. Toisaalta se kuitenkin tekee lopputuotteiden tuoterakenteiden luomisesta työlästä. Jokainen lopputuotteen variantti aiheuttaa erilaisen tarpeen alikokoonpanoista ja siksi jokainen lopputuotteen variantteihin kuuluva alikokoonpano on lisättävä tuoterakenteeseen omalle rivilleen. Lisäksi riveille on määriteltävä alikokoonpanon kulutukseen vaikuttavat attribuuttien arvot. Tämä tulisi kasvattamaan tuoterakenteiden rivimäärää huomattavasti sekä tekemään niiden luomisesta myös erittäin virhealtista. Ratkaisuksi edellä kuvattuun ongelmaan mietittiin Excel-taulukoissa rakennettavia tuoterakenteita, jotka importoitaisiin järjestelmään tuotekohtaisesti. Alustava testaus kohdeyrityksen ICT-tuen avustuksella tälle toimenpiteelle ei kuitenkaan näyttänyt lupaavalta juuri Excel-taulukoiden importauksen osalta. Tähän oli syynä se, että järjestelmä oli asetettu generoimaan lopputuotteelle variantti vain, kun sellainen konfiguroidaan myyntitilaukselle. Tämä puolestaan aiheuttaa sen, että tuoterakennetta ei



voida importoida variantille, jota ei järjestelmässä ole vielä olemassa. Tässä vaiheessa vaihtoehdoksi jäi tuoterakenteiden luonti manuaalisesti komponentti, alikokoonpano ja lopputuote kerrallaan.

#### 4.4.3 Tuotekohtaisten sarjanumeroiden luominen

Kappaleessa 3.2.4 todettiin erääksi tutkimuskohteeksi jäävän järjestelmän automaattisen sarjanumerogeneroinnin. Tähän ongelmaan ratkaisua haettiin hankkimalla valmis järjestelmämoduuli. Oletus oli, että sarjanumeroiden generointi halutulla tavalla onnistuisi *Auto Generate serial/lot number from Manufacturing order in odoo*-moduulin avulla. Hankintakustannuksiltaan moduuli on kertaluontoinen, eli lisenssimaksuja ei ole.

Moduulin asetuksista voidaan määritellä käytettävän sarjanumeron aloitusmerkit ja niiden määrä juoksevassa numeroinnissa. Aloitusmerkin voivat olla kirjaimia tai numeroita ja ne ovat määriteltävissä tuotekohtaisesti. Määritykset riippuivat siitä, halutaanko käyttää erä- vai sarjanumerointia tai onko kyseessä yleinen juokseva, vai tuotekohtainen numerointi. Kohdeyrityksen tapauksessa tarve oli tuotekohtaisille juokseville numeroille omine etumerkkeineen. Lisäksi tarvittiin tiettyihin alikokoonpanoihin tuotteesta riippumaton juoksevaa numerointia.

Moduulin asennuksen ja testauksen jälkeen havaittiin, että edellä kerrotut ominaisuudet toimivat, kuten pitääkin. Ongelman kuitenkin muodostaa se, ettei juoksevan numeron aloitusnumeroa voi asettaa, vaan numerointi alkaa aina ykkösestä. Tähän ongelmaan ei löytynyt ratkaisua järjestelmä- tai moduulikohtaisista asetuksista. Vaihtoehtoja on neljä.

1. Ostetaan kolmannen osapuolen räätälöinti moduulin koodiin, joka aloittaa numeroinnin tuotekohtaisesti halutusta numeroarvosta.
2. Aloitetaan sarjanumerointi uudelleen ykkösestä järjestelmävaihdoksen yhteydessä ja muutetaan aloitusmerkkejä duplikaattien välttämiseksi.
3. Aloitetaan sarjanumerointi uudelleen ykkösestä järjestelmävaihdoksen yhteydessä ja lisätään juoksevaan numero-osaan merkkejä duplikaattien välttämiseksi.
4. Muokataan juoksevaa numero-osaa manuaalisesti jatkamaan vanhan järjestelmän generoimista numeroista ja pidetään sarjanumerokirjausta muussa järjestelmässä (esimerkiksi Excel).

Näistä vaihtoehtoista alustavasti päätettiin valita numero 3, koska se on yksinkertaisin toteuttaa ja perusteltavissa järjestelmän vaihdoksella. Lisäksi visuaalinen poikkeama vanhaan sarjanumerointiin ei ole merkittävä.

Alikokoonpanojen kohdalla kokeiltiin eri nimikkeille asettaa sama aloitusmerkki ja sama määrä juoksevia numeroita. Testien perusteella tällä tavalla saavutettiinkin toivottu lopputulos, eli yhtenevä juokseva numero alikokoonpanosta riippumatta.

#### **4.4.4 Järjestelmän jalkauttaminen tehtaaseen**

Tätä kirjoitettaessa oli päätetty, että työpistekohtaisten työjonojen tutkiminen sekä työvaiheiden kuittaukset tehdään työntekijöille hankittavilla taulutietokoneilla, eli tableteilla. Tabletteja oli aikomus hankkia niin, että jokaisella työntekijällä on käytössä henkilökohtainen 10 tuuman näytöllä varustettu tabletti. Tällöin jokaisen työntekijän voi kirjata järjestelmään omana käyttäjään ja saadaan täten myös identifioitua työvaiheiden kirjaukset. Mikäli järjestelmän käyttäjänä toimisi yleinen käyttäjätunnus, kirjausten identifiointi jälkepäin ei olisi mahdollista [27].

Tehtaassa käytettävien tablettien etuihin kuuluu myös se, että niitä voidaan hyödyntää esimerkiksi piirustusten lukemiseen sisäverkon avulla kohdeyrityksen Product Data Management (PDM)-järjestelmästä. Tällöin käytössä on aina ajantasaiset piirustukset ja virhemahdollisuus vanhojen piirustusrevisioiden käyttöön tuotannossa minimoituu. Lisäksi työntekijöiden ja työnjohdon aikaa säästyy, koska heidän ei tarvitse hakea ongelmatilanteissa uusiman revision piirustuksia toimistosta.

Hieman arveluttavaksi seikaksi jää, mikä on normaali olosuhteisiin tarkoitettujen tablettien käyttöikä tehdasympäristössä. Toisin tarkoitus oli käyttää halpoja versioita, jolloin niiden uusimiskustannuksetkin olisivat vähäiset rikkoontumistilanteissa. Lisäksi kohdeyrityksessä on ennestään hyviä kokemusta vastaavien tyyppisten IT-ratkaisujen käytössä tehdasympäristössä, joten oletettavasti ongelmasta ei muodostu merkittävä.

## 5. TULOKSET

### 5.1 Tutkimuskysymysten vastaukset

Tässä kappaleessa tarkastellaan vastauksia diplomityön tutkimuskysymyksiin, joita oli kaksi kappaletta. **K1** soveltuuko uusi järjestelmä kaikilta osin korvaamaan vanhan järjestelmän? **K2** mitä järjestelmän vaihdoksella saavutetaan? Näihin kysymyksiin tutkimuksen perusteella saatiin vastauksia seuraavasti.

#### 5.1.1 Järjestelmän soveltuvuus

Aliluvussa 3.2.3 on lueteltu kysymyksiä ominaisuuksista, joita uuden järjestelmän myötä vähintään tavoiteltiin, että se kaikilta osin voisi korvata vanhan järjestelmän. Luvussa 4 taas kerrottiin uuden järjestelmän toiminnoista, jotka havainnoitiin testauksen aikana. Kahta edellistä tilannetta vertailemalla saadaan vastaus tutkimuskysymykseen **K1**. Taulukossa 2 verrataan, löytyykö uudessa järjestelmässä vastaavuutta vaaditulle toiminnolle ja kuinka se on ratkaistu sekä vanhassa, että uudessa järjestelmässä.

Toiminnallisuus	Excel-pohjainen järjestelmä	Odoo-järjestelmä
Työjonojen muodostus	Yksi työjono puolivalmis- teille ja kaksi lopputuot- teille.	Jokaiselle määritellylle työpisteelle oma työjono + kokonaisnäkyvä.
Aikataulutus ja resurssirajoitteet	Manuaalisesti ilman re- surssirajoitteita.	Osittain automaattisesti perustuen tuotekohtaisesti määriteltyihin läpimenoai- koihin ja asiakkaan toimi- tusaikaan. Ei resurssirajoitteita.

Valmistuksen ja hankintojen ohjausimpulssit	Varastolistauksesta Excel-kaavoja ja suodatusta hyödyntäen.	Suoraan myyntitilauksista tai nimikkeiden uudelleentilaussäännöistä.
Nimikkeiden hälytysrajat	Määritetty nimike kohtaisesti varastolistauksessa	Määritetty nimike kohtaisesti uudelleentilaussäännöissä
Töiden statuskuittaukset (kuka huolehtii, missä, milloin)	Hoitaa pääsääntöisesti työnjohtajat työjonoissa, sijaistaa tuotantopäällikkö. Kun paperiset työmääräimet palautuvat työnjohtajille.	Operaattorit työpisteittäin heti vaiheen valmistuttua.
Työmääräinten formaatti	Paperituloste	Mahdollisuus tutkia järjestelmästä sähköisessä muodossa.

**Taulukko 2.** Vertailu vanhan ja uuden järjestelmän ominaisuuksista

Kuten taulukosta 2 voidaan havaita, kaikille kuudelle toiminnallisuusvaateelle löytyi vastaavuus uudesta järjestelmästä. Edellisten lisäksi oli kuitenkin olemassa muitakin vaateita, joita uuden järjestelmän olisi täytettävä. Aliluvun 3.2.5 käyttöönottosuunnitelmaan peilaten taulukko 2 ei sisällä ainakaan automaattista sarjanumeron generointitoimintoa. Se kuitenkin toteutettiin omalla, erillisellä moduulilla, eli saatiin myös toimimaan vaaditulla tavalla. Edellisten seikkojen perustella voidaankin todeta uuden järjestelmän korvaavan vanhan kaikilta vaadituilta osin. Odoo-järjestelmää voidaan siis pitää soveltuvana kohdeyrityksen tuotannonohjaukseen ja varastonhallintaan.

### 5.1.2 Mitä uudella järjestelmällä saavutettiin?

Uusi tuotannonohjausjärjestelmä ei vielä ole kaikilta osiltaan täydellisesti toimiva, koska kaikkien komponenttien varastoparametreja ei ole asetettu. Myöskään kaikkien loppuotteiden, puolivalmisteiden ja valmistettävien komponenttien reitityksiä ole tehty valmiiksi. Kuitenkin muutos entiseen on jo tässä vaiheessa selkeästi havaittavissa. Tämänhetkisen käyttökokemuksen perusteella voidaan todeta, että uusi järjestelmä on

tuonut mukanaan useita parannuksia vanhaan järjestelmään verrattuna. Uutta toiminnallisuutta ja ominaisuuksia saatiin useissa kohteissa vanhaan järjestelmään verrattuna. Tämänhetkisten käyttäjien haastattelujen perusteella niitä voidaan listata seuraavasti [27], [36]:

1. Myyntitilausten automaattinen generointi tuotantotilauksiksi
2. Automaattiset hankintaehdotukset
3. Automatisoitu tuotekohtaisen läpimenoajan laskenta
4. Sisäisen logistiikan seuranta
5. Seuranta erä/-sarjanumeroitain
6. Mahdollisuus rakentaa varioituvia tuotteita ja tuoterakenteita
7. Kertyneiden nimikekohtaisten toteuma-aikojen seuranta
8. Edellisistä kertyvien kustannusten laskenta automaattisesti mukaan tuoterakenteeseen perustuvaan omakustannehintaan
9. Varastosaldojen synkronointi myös komponenttimyynnin (varaosat) yhteydessä

Jotta tilaus-toimitusprosessin kehityksestä saataisiin myös numeerista dataa, suoritettiin ajankäyttötutkimus aiheesta myyntitilauksen siirto tuotantoon vanhassa järjestelmässä. Tutkimuksessa mittatiin kahden työnjohtajan ajankäyttöä, kun he siirsivät ja aikatauluttivat yhden myyntitilauksen tuotteet (yksi tuote 3 kpl) tarvittaviin työjonoihin valmistusta varten. Tutkimuksen pöytäkirja on nähtävissä liitteessä C. Tulokseksi saatiin tekemisaihana yhteensä 17 minuuttia koko tilauksen käsittelyyn. Yksinkertaistamiseksi mittauksen tuloksesta jätettiin pois apuaika, jota kohdeyrityksessä ei ole määritelty toimistotyöllä [7]. Tämä 17 minuuttia siis kului aikaa vanhassa järjestelmässä yhden tilauksen tuotantoon siirtoon. Uudessa järjestelmässä vahvistettu tilaus siirtyy tuotantoon ilman manuaalisesti tehtävää kopiointi- ja siirtotyötä, eli uudessa järjestelmässä vastaavan vaiheen toteutukseen ei kulu kenenkään työaikaa, vaan se tapahtuu automaattisesti kerran vuorokaudessa.

Muutosta järjestelmien toimintojen välillä tutkittiin myös vanhan järjestelmän käyttäjille suunnatulla kyselyllä, jonka kysymykset ovat nähtävissä liitteessä B. Tähän kyselyyn

viitattiin myös nykytila-analyysin yhteydessä, aliluvussa 3.1.4. Kyselyn otanta oli 7 käyttäjää ja tuloksia kyselystä saatiin seuraavasti:

1. Kuinka usein käytät järjestelmää tai sen osia (päivittäin, viikoittain vai kuukausittain)?

Päivittäin 5 kpl, viikoittain 2 kpl ja kuukausittain 0 kpl.

2. Onko sinulla kokemusta muista valmistavan teollisuuden tuotannonohjausjärjestelmien käytöstä ja jos kyllä, niin minkä järjestelmän ja kuinka pitkältä ajalta?

Ei kokemusta 6 kpl, on aiempaa kokemusta 10 vuotta 1 kpl.

3. Kuinka arvioisit järjestelmän käytettävyyttä asteikolla 1 – 5 (5=paras)?

Taulukossa 3 on lueteltu vastauksena annetut arvosanat. Niiden perusteella on laskettu aritmeettinen keskiarvo sekä kyseisen vastaajan järjestelmän käyttötaajuuteen perustuva, painotettu keskiarvo. (painoarvo 0 = kuukausittain, 1 = viikoittain, 2 = päivittäin)

	Arvosana	Painoarvo
Vastastaja 1	3	2
Vastastaja 2	5	2
Vastastaja 3	4	2
Vastastaja 4	3	2
Vastastaja 5	3	1
Vastastaja 6	3	1
Vastastaja 7	5	2
Aritmeettinen ka.	3,71	
Käyttötaajuudella painotettu ka.		3,83

**Taulukko 3.** Kyselyssä vanhasta järjestelmästä annetut arvosanat

4. Onko järjestelmässä jokin ominaisuus, joka erityisesti helpottaa sinun työtäsi?
  - i. Kaikki

- ii. Ei
  - iii. Tuotteiden varastosaldot ja tuotantohistoria
  - iv. Vastaanotto
  - v. Näkee käytössä olevien raakamateriaalien profiilit ja vahvuudet
  - vi. Ei erityisesti, mutta sen olemassaolo on ihan hyvä.
  - vii. -
5. Mitkä ovat mielestäsi järjestelmän heikkoudet tai ominaisuuden, jotka ovat vaikeita käyttää?
- i. Monen käyttäjän yhtäaikainen käyttö ei onnistu ja voisi olla useampi toiminto yhden napin alla.
  - ii. -
  - iii. Yhden käyttäjän rajoitus ja varastosaldojen ajantasaisuus.
  - iv. Varaosien vähennys puuttuu.
  - v. Sijainti paikallisella koneella, eikä pilvessä.
  - vi. Järjestelmä on erillinen yrityksen käyttämästä toisesta järjestelmästä ja vaatii yrityksen verkossa työskentelyn, ei etämahdollisuutta.
  - vii. -
6. Kaipaisitko järjestelmään jotain ominaisuutta, joka helpottaisi työtäsi?
- i. Yhtenäisyyttä, useampi ominaisuus samassa.
  - ii. En
  - iii. Tuki englanninkieliselle Excel-sovellukselle
  - iv. Varaosien vähennys
  - v. En osaa sanoa
  - vi. Linkitys yrityksen muihin järjestelmiin.

vii. -

7. Jos yrityksessä ei olisi käytössä vastaavaa järjestelmää ollenkaan, kuinka se vaikuttaisi työtehtäviisi?

- i. Vaikuttaisi ja lisäisi muistin varaan asioiden jäämistä.
- ii. Inventaario olisi tehtävä useammin.
- iii. Joutuisin selaamaan tarkastuspöytäkirjoja tunti tolkulla.
- iv. Hankaloittaisi paljon, koska varasto ja tuotanto on tämän Excelin takana.
- v. Pitäisi siirtyä paperi muistioihin tai muistin varaan.
- vi. Kaikkea työssä tarvittavaa informaatiota ei olisi saatavilla.
- vii. Työn tekeminen olisi todella hankalaa.

Tulosten perusteella tehtyä analyysiä tarkastellaan lähemmin luvussa 6. Kuitenkin yhteenvedona kyselyn tuloksista voidaan todeta, että käyttäjät pitävät vanhaa, Excel-pohjaista järjestelmää puutteistaan huolimatta parempana, kuin tilannetta, jossa järjestelmää ei olisi laisinkaan käytössä. Uusi järjestelmä on verrattavilta osiltaan vielä niin suppeassa käytössä, että tätä käyttökokeuskyselyä ei laajennettu koskemaan sitä.



## 6. PÄÄTELMÄT

### 6.1 Tulosten analysointi

Tässä luvussa esitetään tutkimustulosten analyysyjä, eli käsitellään tutkimuksesta saatuja tuloksia pohtien, mitä ne käytännössä kertovat, ovatko tulokset luotettava ja mitä tämän tutkimuksen avulla on saavutettu. Lisäksi eräs olennainen seikka on myös min-kälaisia panostuksia saavutetut hyödyt ovat vaatineet.

#### 6.1.1 Soveltuvuus kohdeyrityksen käyttöön

Tutkimuskysymys **K1** kuului: soveltuuko uusi järjestelmä kaikilta osin korvaamaan vanhan järjestelmän. Myös välttämättömiin vaateisiin oli asetettu, että uuden järjestelmän on kyettävä kaikilta osin korvaamaan vanha ja lopullisena tavoitteena on luopua vanhan järjestelmän käytöstä. Tulokseksi tälle tutkimuskysymykselle saatiin, että teknisesti uusi järjestelmä pystyy korvaamaan vanhan kaikilta vaadituilta osin. Taulukossa on 2 verrattu ominaisuuksia uuden ja vanhan järjestelmän välillä ja tarkoitus on todentaa edellä mainittu vaade täytetyksi. Vanhan järjestelmän osalta tulokset perustuvat nykytila-analyysiin, joka puolestaan osittain hyödyntää käyttäjiltä kerättyä tietoa järjestelmän ominaisuuksista. Uuden järjestelmän osalta taas tieto perustuu haastatteluihin ja kokeelliseen testaukseen, jota harjoitettiin kohdeyrityksen testitietokannassa.

Vertailun perusteella vaaditut tavoitteet on saavutettu, mutta kyseenalaistaa edelleen voi seikan, voiko uusi järjestelmä täysin korvata vanhan. Perusteluna edelliselle on, että uudesta järjestelmästä on vielä melko suppea käyttökokemus tutkimuksen käsittelemässä kontekstissa. Näin ollen aiheesta ei vielä kiistattomasti voida todeta tehdyksi riittävästi tapaustutkimusta, vaikka näennäisesti verratuilta osilta korvaavuus on todennettavissa. Eli uuden järjestelmän käytöstä ei ole vielä riittävästi kokemusta, että korvaavuus voitaisiin aukottomasti todentaa.

#### 6.1.2 Saavutetut hyödyt

Toinen tutkimuskysymys **K2** oli: mitä järjestelmän vaihdoksella saavutetaan. Luvussa 5 mainittujen käyttäjien haastattelujen perusteella on saavutettu 9 uutta toimintoa, joita ei vanhassa järjestelmässä ollut käytettävissä. Myös uuden järjestelmän myötä tavoiteltua toiminnan tehostumista tutkittiin. Tutkimus toteutettiin ajankäyttötutkimuksena (liite C) tilauksen tuotantoon siirrosta vanhassa järjestelmässä. Tulokseksi tästä tutkimuksesta

saatiin 17 minuuttia. Tämän yksittäisen tutkimuksen tulosta sinällään voidaan pitää suhteellisen luotettavana, sillä se on suoritettu keskusliittojen työntutkimusohjeistuksen mukaan [7]. Lisäksi tutkimuksen suorittajalla on työntutkimukseen vaadittava koulutus ja sen antama pätevyys. Kuitenkaan tutkimuksen perusteella ei ole syytä olettaa, että tuloksena saatu aika kerrottuna tilausten vuosittaisella määrällä olisi tilausten siirtoon vuositasolla käytetty kokonaistyöaika. Ja että tämä työaika säästyisi uuden järjestelmän käyttöönoton myötä. Väittämää voidaan perustella sillä, että yksittäiset tilaukset voivat kohdeyrityksessä olla tuotteiltaan, spesifikaatioiltaan ja määrittäen hyvinkin erilaisia. Lisäksi vallitsevan tilauskannan suuruus vaikuttaa aikataulutuksen haastavuuteen ja usein johtaa priorisointeihin, jotka edelleen kasvattavat aikataulutukseen vaadittavaa aikaa. Näin ollen otanta tutkimukselle (1 kpl) on liian suppea näin pitkälle vietyyn tehostumisen olettamaan. Kuitenkin se on suuntaa antava tulos, ja tehostumisvaikutukset ajankäytön suhteen ovat joka tapauksessa positiivisella puolella. Lisäksi on erittäin todennäköistä, että tehostumista työajankäytön suhteen tapahtuu muillakin osa-alueilla. Näitä havaintoja kuitenkin saadaan vasta pidemmän käyttökokemuksen myötä.

Aiheeseen liittyen laadittiin myös kysely vanhan järjestelmän käyttäjille (liite B). Kyselyn tarkoitus oli lähinnä kartoittaa nykytilaa, eli vanhan järjestelmän toimivuutta ja edelleen tehdä vertailua uuteen järjestelmään. Kyselyn kaksi ensimmäistä kysymystä kuitenkin kartoittivat sitä, kuinka paljon käyttäjälle on kertynyt kohdeyrityksen järjestelmän käyttökokemusta ja käyttökokemusta yleensä tuotannonohjausjärjestelmistä. Mikäli olisi löytynyt vastauksia, joissa kohdeyrityksen järjestelmää käytetään vain kuukausittain ja vastaavista järjestelmistä ei olisi aiempaa kokemusta, olisi nämä vastaukset ainakin järjestelmästä annetun arvosanan suhteen jätetty huomiotta. Tämä siksi, että vähäinen käyttökokemus ja vertailupohja muihin järjestelmiin olisi heikko ja tällöin arviointikykyään ei olisi paras mahdollinen. Kuitenkin tämän kaltaisia vastauksia ei esiintynyt, vaan kaikki kyselyyn osallistuneet käyttivät järjestelmää vähintään viikoittain ja suurin osa päivittäin. Tosin aiempaa kokemusta vastaavista järjestelmistä oli vain yhdellä vastaajalla. Taulukossa 3 järjestelmän arvosanasta laskettiin aritmeettinen keskiarvo, joka oli jo sinällään suhteellisen korkea, eli kertoo vanhaa järjestelmää pidettävän melko käyttökelpoisena ja hyödyllisenä. Ilmiö korostuu entisestään, kun keskiarvolaskentaan otetaan mukaan käyttäjien käyttötaajuus järjestelmän suhteen. Eli laskettaessa käyttötaajuudella painotettu keskiarvo niin, että painoarvon 0 antaa käyttö vain kuukausittain, painoarvon 1 antaa käyttö viikoittain, ja painoarvon 2 antaa käyttö päivittäin. Tämä laskenta antaa vanhalle järjestelmälle vielä hiukan korkeamman keskiarvoarvosanan. Tästä voisi päätellä, että järjestelmä toimii niin tyydyttävästi, että vaihtotarvetta ei ole. Kuitenkin kyselyn kohdat 5 ja 6 antoivat vastauksia, joiden perusteella vanha

järjestelmä sisältää useitakin parannustarpeita ja kehityskohteita ja siksi järjestelmän vaihto on perusteltavissa.

## 6.2 Pohdintaa uuden järjestelmän ominaisuuksista

Uusi järjestelmä toi mukanaan useita uusia ominaisuuksia, joita ei aiemmin ollut käytössä kohdeyrityksen tuotannon- ja varastohallinnassa. Seuraavassa on hieman pohdintaa mitä niillä käytännössä saavutetaan ja mihin se perustuu.

Myyntitilausten automaattinen siirtyminen tuotantotilauksiksi on huomattava parannus vanhaan verrattuna. Tämä siksi, että tilausten siirto spesifikaatioineen oli vanhassa järjestelmässä hidasta, kuten ajankäyttötutkimuksessa todennettiin. Käsien siirrettävän tiedon kohdalla on myös virhemahdollisuus. Lisäksi uusi järjestelmä tutkii valmistustarvetta varastotasojen seuraten myös lopputuotteiden osalta, mitä vanha järjestelmä ei tehnyt. Samalla uusi järjestelmä antaa ehdotuksen toimitusajasta, mikäli oletustoimitusaika asiakkaalle on nimikeikkunaan asetettuna. Toimitusaikaa asiakkaalle vahvistettaessa on kuitenkin edelleenkin oltava varovainen, koska uusi järjestelmä antaa ketjutetun läpimenoajan ilman resurssirajoitteita [13].

Materiaalien, komponenttien ja puolivalmisteiden kulutuksen seuranta on tarkentunut. Vaikka vanhakin järjestelmä piti varastokirjanpitoa suurimmasta osasta nimikkeistä, tieto ei aina ollut reaaliaikaista tai luotettavaa. Tämä johtui siitä, että esimerkiksi varaosa myynnistä aiheutuvia saldomuutoksia jouduttiin päivittämään manuaalisesti. Syynä tähän taas oli, että myynti tapahtui eri järjestelmässä kuin varastokirjanpito ja tuotanto, eikä järjestelmien välillä ollut toimivaa linkkiä. Tällöin myös unohduksilla ja inhimillisillä virheillä oli selkeä vaikutus varastosaldojen ajantasaisuudessa. Uudessa järjestelmässä sekä myynti, varastokirjanpito, että tuotanto toimivat kaikki samassa järjestelmässä ja siksi myös varastosaldojen muutokset ovat reaaliaikaisempia ja luotettavampia. Lisäksi uusi järjestelmä ennakoii tulevia varastomuutoksia, kuten nimikkeelle jo generoituja työmääräyksiä tai toimittamattomia myyntitilauksia.

Hankintatoimi on myös helpottunut, koska uusi järjestelmä generoi automaattisesti tarjouspyyntöehdotuksia asetettujen uudelleentilauksääntöjen mukaan. Vanhassakin järjestelmässä oli kyllä mahdollista asettaa hälytysrajoja nimikkeille ja niiden avulla suodattaa tilauslistoja. Toiminto ei kuitenkaan ollut automaattinen, eli tilausten tekeminen jäi aina loppukädessä muistinvaraiseksi. Uusi järjestelmä tekee tarjouspyyntöehdotukset ajastetusti kerran vuorokaudessa, jolloin ne ovat nähtävissä ostotilausmoduulin yleisnäkyvässä. Tarjouspyynnölle generoituu myös toimittaja-/nimikekohtaiset hinnat,

jotka muodostuvat tallennettujen toimittajakohtaisten hintojen mukaan. Tämä helpottaa ostajan hinnanmuutosvertailua toimittajittain.

Tuotannon läpinäkyvyys on parantunut. Vanhassa järjestelmässä on käytössä vaihekuittauksia, mutta ne eivät tapahdu reaaliaikaisesti kyseisen vaiheen operaattorin toimesta, vaan työnjohtajien kuittaamana. Juuri edellisestä syystä vaiheita on vanhaan järjestelmään rakennettu suhteellisen vähän, vain kolme. Uuden järjestelmän reaaliaikainen kuittausmahdollisuus auttaa hahmottamaan, mikä on kunkin tuotannossa olevan nimikkeen valmiusaste. Vaiheiden määrä per tuote on täysin valittavissa sen mukaan, kuinka tarkasti reititykset on konfiguroitu vastaamaan todellisuutta. Vaiheiden määrää ei ole rajoitettu, vaan vaihekuittaukset voidaan viedä niin tarkalle tasolle kuin halutaan. Tosin mitä tarkemmalle tasolle tuotannon reititykset halutaan rakentaa, sitä enemmän on konfigurointityötä ja edelleen käyttöönoton aika pitenee. Tämä seikka on huomioon arvoinen etenkin silloin, kun tuotteiden rakenteet sisältävät suuren määrän nimikkeitä, tuotteita on paljon tai tuoterakenteet ovat huomattavan monitasoisia, eli sisältävät alikokoonpanoja useassa tasossa.

Sisälogistiikan seuranta on ominaisuus, joka on tullut täysin uutena vanhaan järjestelmään verrattuna. Seuranta perustuu määriteltyihin varastoihin ja sääntöihin, joita seuraten nimike liikkuu kussakin tapauksessa. Ominaisuudesta on hyötyä silloin, kun samalla nimikkeellä on useita varastopaikkoja, tuotanto kuluttaa samaa nimikettä useassa eri pisteessä tai nimikettä kuluttaa sekä tuotanto, että suoramyynti. Ominaisuuden toimiminen oikein vaatii kuitenkin useassa paikassa tehtäviä nimikekohtaisia määrittämiä ja ainakin kohdeyhteyksien tapauksessa saavutettu hyöty jää määrittämisen työläyteen nähden vähäiseksi. Hyödylliseksi sen sijaan koettiin ominaisuus, jossa jokaiselle nimikkeelle voidaan määrittellä erä- tai sarjanumero seuranta. Kohdeyhteyksien tapauksessa tätä hyödynnetään lopputuotteiden lisäksi niin, että aikaisemmin paperisiin laadunvarmistusdokumentteihin kirjattiin tiettyjen komponenttien valmistenumeroita käsin myöhempää jäljiteltävyyttä silmällä pitäen. Nyt voidaan komponenttien valmistenumerot kirjata jo vastaanottovaiheessa ja sisälogistiikkaseuranta pitää kirjaa mihin lopputuotteisiin ja edelleen asiakkaalle ne päätyvät. Tämä on laadunvarmistuksen osalta merkittävä parannus.

Varioituvat, eli muuttuvat tuotteet ja niiden tuoterakenteet ovat olleet vanhan Excel-järjestelmän aikana melko haastavia rakennettavia. Tämän vuoksi niitä ei siellä kovin laajasti esiinnykään. Odoo-järjestelmässä varioituvien tuotteiden mukaan muuttuvien tuoterakenteiden määrittely oli kohtuullisen helppoa, kunhan oli ensin sisäistänyt sen periaatteen. Yksitasoisena, eli variointi vain lopputuotetasolla, on järjestelmä toiminnaltaan

vakaa, eikä siinä tullut vastaan määrällisiä rajoitteita. Määrällisillä rajoitteilla tarkoitetaan varioivien tuoterakenteiden rivien, attribuuttien tai niiden arvojen määrän rajoitteita. Useampitasoinen variointikin olisi saattanut toimia nimikekulunkien suhteen, mikäli selvittelyä olisi vielä jatkettu. Luvussa 4.4.2 mainituista syistä johtuen asian jatkotutkiminen kuitenkin lopetettiin. Varioivat tuotteet tarjoavat hyvän työkalun lähinnä myyntihenkilöille, koska ne mahdollistavat tuotespesifikaatioiden mukaan määriteltävien konfiguraattoreiden rakentamisen. Tuotannon näkökulmasta tarkasteltuna ne eivät juuri helpota, koska varioituvat tuoterakenteet kasvattavat rakenteen rivimäärää ja lisäävät määriteltävät attribuutit rakenteeseen. Toinen vaihtoehto paljon varioituvien tuotteiden kohdalla olisi määritellä tuoterakenne variaatio kerrallaan omina tuotteinaan. Tällöin jokaisella olisi oma tuoterakenteensa, mutta tuotteiden määrä kasvaa huomattavasti. Tosin tämäkään vaihtoehto ei olisi työmäärältään sen vähäisempi ja se tekisi puolestaan myynnin työstä haastavampaa. Voidaan kuitenkin todeta, että mikäli tuoteohjelmassa on paljon varioituvia tuotteita, on varioituvat tuoterakenteet kokonaisuutta helpottava ominaisuus.

Toteumatietojen kerääminen tuotannosta on myös kohdeyrityksessä uutta toiminnallisuutta. Käytännössä tätä ominaisuutta ei olla vielä päästy kokeilemaan, mutta testikannassa tehtyjen testien perusteella se näyttää toimivan. Yksi projektin tavoitteista oli kerätä komponenttikohtaisesti toteutuneita työaikoja ja ottaa ne huomioon tuoterakenteen kautta muodostettavaa omakustannehintaa laskettaessa. Näin ollen järjestelmän ominaisuudet kattavatkin tämän vaateen hyvin. Nimikekohtaisesti voidaan jopa määritellä keskiarvoajan laskentaan käytettävien, viimeisimpien toteuma-aikojen määrä. Eli mitä suurempi luku asetetaan, sitä pidemmältä ajalta dataa kerätään ja sen tarkemmaksi toteuma-aikojen keskiarvo muodostuu. Kohdeyrityksessä tämä ominaisuus on erittäin hyödyllinen, sillä todellisia valmistusaikoja ja niistä muodostuvia kustannuksia on vaikea arvioida muuten kuin työmittauksen avulla [7, s. 7].

### 6.3 Tavoitteiden saavuttaminen

Koko tutkimuksen kannalta eräs mielenkiintoinen kysymys on myös: päästiinkö asetettuihin tavoitteisiin. Vastaukseksi yleisellä tasolla voisi sanoa kyllä ja ei. Osa tuloksista on hyvin odotetun kaltaisia, etenkin järjestelmän toiminnallisuuden sektorilla. Taas tavoite korvata kokonaan vanha tuotannonohjausjärjestelmä ei ole vielä täysin toteutunut. Tosin tämäkin tavoite on teknisesti jo saavutettu, mutta käytännössä se vaatii vielä paljon käsityötä tai lisätutkimusta massasiirtojen suhteen, että vanha järjestelmän käyttö voidaan kokonaan lopettaa.

Tuotannon suunnittelu MES-tasoisena kuuluu tavoittamattomiin tavoitteisiin, koska järjestelmän oletuskokoonpanoon ei kuulu tämän tyyppistä toiminnallisuutta. MES-tasoinen suunnittelulisäosa on hankittavissa kolmannen osapuolen toimesta toteutettuna, mutta se aiheuttaa lisäkustannuksia. Kuitenkin lisätoiminnallisuuden ostaminen tilanteessa, jossa kaikkia oletustoimintoja ei vielä kyetä täysin hyödyntämään, ei välttämättä olisi järkevää.

Materiaalivirtojen tarkempi seuran ja myös henkilö- ja koneresurssien käytön seuranta on teknisesti tasolla, jolla tavoitteisiin pääsy voidaan todeta toteutuneeksi. Nimikkeiden valmistuksen ohjaus määrityksen mukaan tilaus- tai varasto-ohjautuvasti on tuotantostrategia, jota kohdeyrityksessä on harjoitettu menestyksellisesti. Tämä toiminnallisuus onnistuttiin siirtämään myös uuden järjestelmän määrityksiin. Tällä tuotantostrategialla pystytään paitsi ohjaamaan valmistusta, myös optimoimaan varastotasojä sekä itse valmistettavien, että ostettavien nimikkeiden suhteen. Lisäksi uudelleen tilaussääntöjen avulla tilaukset automatisoituvat tarpeen mukaan ja tarvittaessa toimitusaikapyynnöt määrittyvät oikea-aikaisesti. Tilauserät voidaan myös määrittää optimikokoisiksi haluttaessa.

Tilaus- toimitusprosessin tehostuminen on tavoite, joka ei vielä ole toteutunut. Tämä johtuu siitä, että uutta järjestelmää ei vielä käytetä tasolla, mihin sillä teknisesti olisi valmius. Tästä johtuen on vielä liian aikaista arvioida, kuinka prosessi tehostuu. Toisaalta loogista päättelyä voidaan harjoittaa ainakin virhealttiuden suhteen. Kun myyntitilaus generoi automaattisesti tuotantotilauksen ja edelleen siihen tarvittavat materiaalit komponentit ja puolivalmisteet, jää virheen syntymiselle melko pieni todennäköisyys. Jos verrataan edellistä tilannetta vanhan järjestelmä vastaavaan, jossa myyntitilauksen tieto siirretään manuaalisesti toiseen järjestelmään ja hajautetaan vielä puolivalmiste sekä kokoonpanon työjonoon. Näitä kahta toimintatapaa verratessa on helppo päätellä, että uuden järjestelmän käytön myötä tilauksen siirto tuotantoon paitsi tehostuu, myös virheiden mahdollisuus jää merkittävästi pienemmäksi.

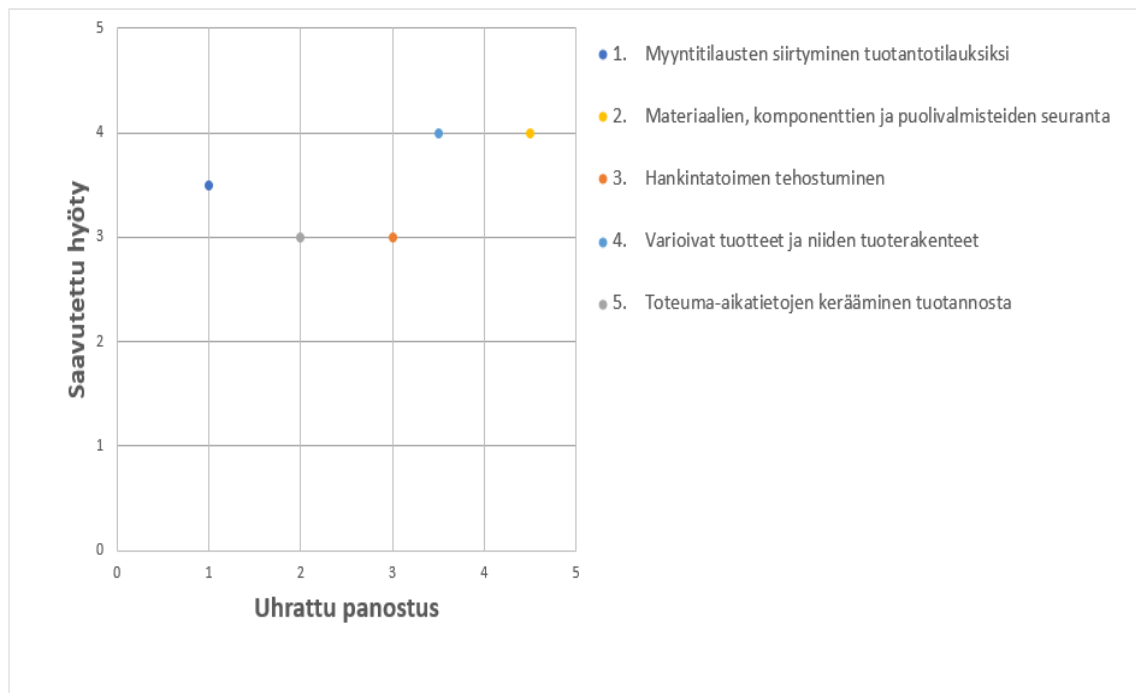
Ehdollisena tavoitteena oli vielä tuotteiden omakustannehintojen muodostuminen järjestelmän kautta. Tämä tavoite on myös teknisesti saavutettu, sillä järjestelmän vakioominaisuuksiin kuuluu tämän tyyppinen, automaattinen ja tuotekohtainen laskenta. Laskentaa on myös kokeiltu testitietokannassa ja se on todettu toimivaksi. Tosin muodostuva structure & cost-raportti on kustannusten osalta aluksi hieman hämmentävä ja vaatii syvällisempää perehtymistä. Esimerkiksi puolivalmisteille ilmenee sekä omaa kustannusta, jos sellainen on asetettu, että tuoterakenteesta ja kertyneestä työstä muodostuva kustannus.

### 6.3.1 Hyöty suhteessa panokseen

Mielenkiintoista on arvioida projektia myös hyöty-/panosnäkökulmasta. Optimaalista tietysti olisi saavuttaa mahdollisimman suuri hyöty minimaalisilla panostuksilla. Vähiten tavoiteltava tilanne taas on päinvastainen, eli vähäinen hyöty on saavutettu suurella resurssien käytöllä. Tämän tutkimusprojektin tapauksessa arvioidaan seuraavat ominaisuudet hyöty/panos suhteessa:

1. Myyntitilausten siirtyminen tuotantotilauksiksi
2. Materiaalien, komponenttien ja puolivalmisteiden kulutuksen seuranta
3. Hankintatoimen tehostuminen
4. Varioituvat tuotteet ja niiden tuoterakenteet
5. Toteumatietojen kerääminen tuotannosta

Tässä vaiheessa hyötyä arvioidaan suurella abstraktiotasolla, koska dataa asiasta ei ole vielä juuri kertynyt. Panostuksissa on otettu huomioon sekä käytetyt henkilöresurssit, että muu taloudellinen panostus. Kuvassa 24 on esitetty graafisessa muodossa hyöty suhteessa panokseen arviointi. Hyöty ja panos on arvioitu asteikolla 0–5 ja arviointipiirteinä on käytetty lukua 0,5.



**Kuva 23.** Hyöty/panos kaavio

Parhaan tuloksen antaisivat pisteet, jotka sijoittuvat kaavion vasempaan yläneljännekseen, kun taas huonoin sijainti on oikeassa alaneljänneksessä. Keskinertaisina voidaan pitää sijoittumista oikeaan yläneljännekseen tai vasempaan alaneljännekseen. Kohdeyrityksen tapauksessa kokonaisuutta voidaan pitää vähintään kohtuullisena, koska 2/5 pisteistä sijoittuu vasempaan yläneljännekseen ja 3/5 oikeaan yläneljännekseen.

## 6.4 Jatkokehitysehdotukset

Kuten jo aiemmin on useaan otteeseen sivuttu faktaa, että järjestelmän täyteen toimintakuntoon saattaminen on vielä kesken ja vaatii runsaasti määrittelytyötä nimikkeistön suhteen. Muun muassa siksi se tarjoaakin potentiaalisen mahdollisuuden jatkokehitykselle. Nimikkeistön kuntoon saattaminen on varmasti prioriteeteissa ensimmäinen seikka, joka on tehtävä, että järjestelmästä saadaan täysi hyöty irti. Määriteltävää on lisäksi nimikkeiden varastoparametreissa, reitityksissä ja uudelleentilaussäännöissä. Asian helpottamiseksi, ja ennen kaikkea nopeuttamiseksi, olisi järkevää jatkaa massaimportaus menetelmän tutkimista. Useiden tietueiden yhtäaikainen käsittely ja siirto Excel-muodossa toisi kaivattua tehoa nimikkeistön kuntoon saamisessa.

Toinen jatkotutkimuksen ja kehityksen kohde olisi inventaario ja varaston arvon muodostus järjestelmän kautta. Tämä ominaisuus on lähes välttämätön, mikäli siirrytään pelkästään uuden järjestelmän käyttöön, koska kohdeyrityksessä inventaario ja siitä saatava varaston arvo lasketaan useita kertoja vuodessa järjestelmän avulla. Tämä ominaisuus on kyllä Odoo-järjestelmässä jo olemassa. Järjestelmästä saatua varaston arvoon täytyisi voida luottaa ja sen edellytyksenä onkin oikeat tasoiset varastosaldot ja omakustannehinnat nimikkeittäin. Lisäselvitystä vaatisi vielä se, muodostuuko omakustannehinnat ostokomponenteille nimikkeelle asetetun omakustannehinnan mukaan vai esimerkiksi viimeisimmän ostohinnan mukaan. Lisäksi täytyisi selvittää, kuinka järjestelmä muodostaa keskeneräisen tuotannon arvon. [36]

Järjestelmän MES-ominaisuuksien puuttuminen oli lievä pettymys. Niiden lisääminen järjestelmään olisi erittäin toivottava toiminnallisuus. Luvussa 6.2. kerrottiin, että tarjolla on kolmannen osapuolen Odoo-yhteistyökumppani, joka tuottaa ja markkinoi järjestelmään yhteensopivaa MES-moduulia [13]. Hankinta ja ylläpitokustannuksia tälle ei ole vielä tiedusteltu, mutta tulevaisuudessa olisi varmasti harkitsemisen arvoinen asia. MES-tasoinen tuotannosuunnittelu toisi toimintaan tehokkuutta pitäen kuitenkin kaiken datan yhden ERP-tasoisessa järjestelmän käytössä, ilman rajapintoja muihin järjestelmiin.



Kuten aiemmin on todettu, kohdeyrityksen tuotekehitystoiminta on dynaamista ja intensiivistä. Tämä aiheuttaa tuotteistamishaasteita järjestelmän näkökulmasta. PDM-integraatio olisi ratkaisu tähän ongelmaan. Käytännössä tämä tarkoittaisi, että suunnittelijan tallentaessa uusia komponentteja kohdeyrityksen PDM-järjestelmään ne voitaisiin automatisoidusti siirtää myös ERP-järjestelmään nimikkeiksi. Tällä hetkellä nimikekoodien generointi tapahtuu jo valmiiksi PDM-järjestelmässä, joten ne voitaisiin tuoda sieltä sellaisenaan, vain nimikkeen muita määrytyksiä täytyisi tehdä manuaalisesti. Tosin määrytyksiä saattaisi pystyä tekemään tietyn tyyppisten algoritmien avulla tai ne voitaisiin käydä läpi siirtovaiheessa. Tällöin importtaus voitaisiin tehdä kaikille uuden tuoterakenteen nimikkeille yhtäaikaisesti.

## 7. YHTEENVETO

Tämän diplomityön pääasiallisena tavoitteena oli käyttöönottaa kohdeyritykselle tuotannonohjaukseen saman järjestelmän tuotannonohjausmoduuli, josta useita muita moduuleja oli jo käytössä. Tällä oli tarkoitus korvata kokonaisuudessa vanha tuotannonohjausjärjestelmä ja saada integroitua toiminta saman ERP-järjestelmän alle. Jotta uudella järjestelmällä voitiin tavoitella vähintään käytössä olevaa toiminnallisuutta, täytyi ensin kartoittaa nykytila. Nykytila-analyysin perusteella voitiin asettaa tavoitteet ja kartoittaa projektiin riskit. Asetettuja tavoitetta ei kuitenkaan täysin saavutettu, mutta teknisesti järjestelmällä on nyt valmius asetettuihin tavoitteisiin. Työtä jäi siis vielä tekemättä, mutta tutkimuksellinen osuus saatiin valmiiksi. Molempiin tutkimuskysymyksiin saatiin tulokset ja järjestelmän toiminnasta tiedetään riittävästi, jotta sitä voidaan käyttää kohdeyrityksen tuotannonohjaukseen ja varastohallintaan.

Lopuksi tarkastelemme vielä, miten diplomityön tulokset suhtautuvat aiheen teoriaan. Kirjallisuuskatsauksessa keskityttiin lähinnä tuotantostrategioihin, tuotantotyyppeihin, ohjausjärjestelmiin ja niiden eri tasoihin sekä alan standardeihin. Tutkimuksen edessä voitiin huomata, että myös kohdeyrityksen tuotantoa ohjattiin käytännössä kirjallisuuskatsauksessa esiteltyjen tuotannonohjausmenetelmien mukaisesti. Tosin käytössä on kombinaatio eri menetelmistä ja myös järjestelmältä vaadittiin mukautumista tähän. Kohdeyritys käyttää myös luvussa 2.1 käsitellyjä tuotantotapoja, kuten erä- ja yksittäistuotantoa. Myös näihin oli uusi järjestelmä saatava sopeutumaan. Keskusteltu on myös siitä, kuinka tilauksen kohdistuspiste tulisi prosessiin sijoittaa, jotta toiminta olisi sekä kohdeyrityksen, että asiakkaan näkökulmat huomioiden optimaalista. Myös lean-termeihin Kanban ja Conwip törmättiin uuden järjestelmän käyttöönotossa mietittäessä informaation liikkumista tehdasympäristössä ja sen ohjausjärjestelmässä. MES, APS ja EPR-järjestelmien rajapinnat taas eivät tulleet selkeästi esille tämän tutkimuksen yhteydessä. Tämä johtuu siitä, että tämän tutkimuksen myötä kaikki kohdeyrityksen toiminnot on tarkoitus siirtää saman järjestelmän käsiteltäviksi ja näin eri järjestelmien rajapintoja ei esiinny.

Kokonaisuutena tämän diplomityön tekeminen on ollut erittäin mielenkiintoinen ja opettavainen projekti. Ehkä pienennä yllätyksenä tuli, kuinka suuri työmäärä on järjestelmän oikeanlaisten parametrien haku niin, että kokonaisuus saadaan toimimaan juuri halutulla tavalla. Toisaalta positiivinen yllätys taas oli, kuinka joustavaksi juuri suuri parametrisointimahdollisuus tekee järjestelmän. Eli suurella vaihtoehtojen määrällä

voidaan toteuttaa useiden erilaisten tuotantotapojen ja niiden kombinaatioiden ohjausta samalla järjestelmällä ilman, että vaadittaisiin ulkopuolista konsultaatiota kustomoinnin muodossa.

## LÄHTEET

- [1] Agira, The Story And The Timeline Of Odoo, 2020. Saatavissa (Viitattu 29.8.2021): <https://www.agiratech.com/the-story-and-the-timeline-of-odoo>
- [2] ANSI/ISA-95.00.01–2000 Enterprise-Control System Integration, Part 1: Models and Terminology, International Society of Automation (ISA), 2000.
- [3] ANSI/ISA-95.00.03–2005, Enterprise-Control System Integration, Part 3: Models of Manufacturing Operations Management (ISA), 2005.
- [4] Bretthauer D., Open source software, A history. Information technology and libraries. 2002;21(1): pp. 3–10.
- [5] Browne J., Harhen J. and Shivnan J., Production Management Systems 2nd edition, Addison-Wesley, 1996.
- [6] Deuel A.C., The Benefits of a Manufacturing Execution System for Plantwide Automation, ISA transactions 33.2, 1994, Saatavissa (viitattu 24.5.2021): [www.scientific.net/AMR.980.248](http://www.scientific.net/AMR.980.248)
- [7] EK-SAK tuottavuustyöryhmä, Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita, Teknologiateollisuus, 2011.
- [8] Elbert M., 2013. Lean production for the small company. 1 st ed. Taylor & Francis Group. New York
- [9] Elragal, Ahmed, and Moutaz Haddara, The Future of ERP Systems: Look Backward before Moving Forward, Procedia technology 5, 2012. p. 21–30.
- [10] Fruhlinger J., What is open source software? Open source and FOSS explained. InfoWorld.com. 2019.
- [11] Govindaraju R., Putra K., A methodology for Manufacturing Execution Systems (MES) implementation, IOP conference series Materials Science and Engineering, 2016. Kuala Lumpur, pp. 1–3
- [12] Guillaume Romain, Bernard Grabot, and Caroline Thierry, Management of the Risk of Backorders in a MTO–ATO/MTS Context Under Imperfect Requirements, Applied mathematical modelling 37.16–17, 2013.
- [13] J. Helander, Collapick Oy, myynti-insinööri, Ähtäri, Haastattelu 25.8.2021.
- [14] L.C. Hendry, B.G.Kingsman, Production planning systems and their applicability to make-to-order companies, European journal of operational research. 1989;40(1): p. 1–15.
- [15] Hopp W. & Spearman M., Factory Physics, McGraw-Hill Companies, Second edition, 2001.
- [16] G. Huang, J. Chen, X. Wang & Y. Shi, A simulation study of CONWIP assembly with multi-loop in mass production, multi-products and low volume and OKP

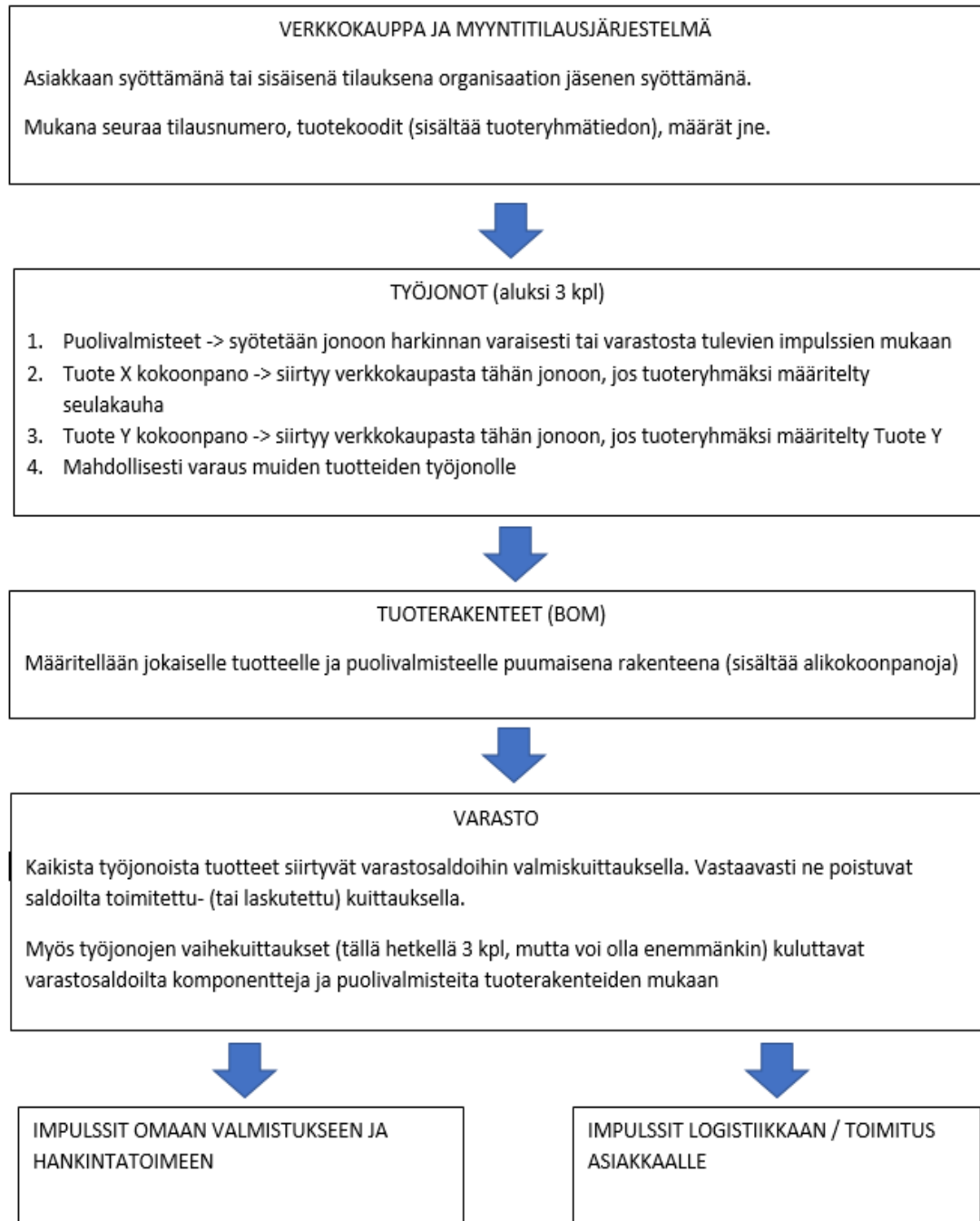
environments, International Journal of Production Research, accepted for publication, 2014.

- [17] Jacobs R.F., and F.C “Ted” Weston. Enterprise Resource Planning (ERP)—A Brief History, *Journal of operations management* 25.2 (2007): p. 357–363. Saatavissa (viitattu 29.5.2021): <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.11.005>
- [18] Jacobs F.R., Manufacturing planning and control for supply chain management. APICS/CPIM certification ed. New York: McGraw-Hill; 2011.
- [19] Jalava U. & Keinonen K., Projektin suunnittelu - tie tuloksiin, Ornanet Koulutus, 2008.
- [20] E. Järvenpää, M. Lanz, Tuotannosuunnittelu ja -ohjaus suomalaisissa valmistavan teollisuuden yrityksissä – Nykytila, haasteet ja tarpeet, FIMECC, 2014, 30 s. + 1 liite 7 s. Saatavissa: <https://research.tuni.fi/uploads/2019/05/31946714-leanmes-tuotannosuunnittelu-ja-ohjaus-suomalaisissa-yrityksiss-julkinen-final-1.pdf>
- [21] I. Lapinleimu, 2010, Ideaalitehdas, Tampereen teknillinen yliopisto.
- [22] Leopold K., Kaltenecker S., 2015, Kanban and change leadership: creating a culture of continuous improvement, Hoboken, New Jersey: Wiley, p.19
- [23] William Liu, T. J. Chua, J. Larn, F. Y. Wang, T. X. Cai and X. F. Yin, APS, ERP and MES systems integration for semiconductor backend assembly, 7th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, 2002. ICARCV 2002., Singapore, 2002, pp. 1403–1408 vol.3.
- [24] McKay KN, Wiers VCS, Planning, scheduling and dispatching tasks in production control, *Cognition, technology & work*, 2003, 5(2): pp. 82–93.
- [25] MESA International, 1997, MES explained: A High Level Vision, White Paper 6
- [26] Modig N, Åhlström P. Tätä on lean: Ratkaisu tehokkuuspaadoksiin. Tukholma, Rheologica Publishing, 9. painos, 2020.
- [27] Moisio P., ICT-vastaava, Remu Oy, Ähtäri, Haastattelut 19.5.2021 & 19.1.2022.
- [28] Myllymäki R., Miksi IT-projekti epäonnistuu – miten epäonnistumiset estetään?, CxO Mentor Oy, 2011, Saatavissa (viitattu 15.6.2021): <https://www.yumpu.com/fi/document/read/13802241/miksi-it-projekti-epaonnistuu-miten-epaonnistumiset-hetky>
- [29] Nave D., How To Compare Six Sigma, Lean and the Theory of Constraints, *Quality Progress*, lss. 11, 2002. pp. 73–78
- [30] New C. & Clark G., International Handbook of Production and Operations Management, Place of publication not identified, Irwin Professional Publishing Imprint, 1989. p.402, 406
- [31] Odoo S.A. Odoo. [www.odoo.com](http://www.odoo.com). Saatavissa (Viitattu 15.8.2021): <https://www.odoo.com>.
- [32] Odoo S.A. Odoo. Create Your Own Advanced BoMs | Odoo MRP. 2019 Saatavissa (Viitattu 18.8.2021): <https://www.youtube.com/watch?v=4PVPRllcoc8>

- [33] Olhager, J., Strategic positioning of the order penetration point, *International Journal of Production Economics*, vol. 85, no. 3, 2003. pp. 319–329
- [34] Ōno T, Bodek N., *Toyota production system: beyond large-scale production*. 1st edition, Boca Raton, Florida; CRC Press; 1988. Saatavissa: [https://andor.tuni.fi/permalink/358FIN\\_TAMPO/1j3mh4m/alma9911130261405973](https://andor.tuni.fi/permalink/358FIN_TAMPO/1j3mh4m/alma9911130261405973)
- [35] Open Source Initiative: History of OSI. Oct. 2018. Saatavissa (Viitattu 22.6.2021): <https://opensource.org/history>
- [36] Pihala S., Remu Oy, talouspäällikkö, Ähtäri, haastattelu 19.1.2022.
- [37] Porter K., Little D., Peck M., Rollins R., *Manufacturing classifications: relationships with production control systems*, *Integrated manufacturing systems*, 1999;10(4): pp. 189–99.
- [38] Prakash J. & Chin J. F., *Implementation of hybrid parallel kanban-CONWIP system: A case study*, 2014, *Cogent Engineering*, vol , 938922, Saatavissa (Viitattu 14.5.2021): [www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311916.2014.938922](http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311916.2014.938922)
- [39] Remu Oy, Home Pages/About Us, 2019: Saatavissa (Viitattu 20.3.2021): <https://www.remu.fi/about-us>
- [40] Sadik Ahmed, and Bodo Urban. *Combining Adaptive Holonic Control and ISA-95 Architectures to Self-Organize the Interaction in a Worker-Industrial Robot Cooperative Workcell*. *Future internet* 9.3 (2017): p. 35–.
- [41] Salmi J., Remu Oy, toimitusjohtaja, Ähtäri, haastattelut 22.2.2021 & 5.1.2022.
- [42] Scholten, B., 2009, *MES Guide for Executives: Why and How to Select, Implement, and Maintain a Manufacturing Execution System*, *International Society of Automation*, Saatavissa (Viitattu 10.4.2021): [www.isa.org](http://www.isa.org).
- [43] Schönsleben P., *Methods and tools that support a fast and efficient design-to-order process for parameterized product families*. *CIRP annals*. 2012;61(1):1 p. 79–82.
- [44] SFS-EN 62264-3:2013 *Enterprise-control system integration. Part 1: Models and terminology (IEC 62264-1:2013)*, SESKO Standardization in Finland, Saatavissa: [ww.sfs.fi](http://www.sfs.fi), 2013.
- [45] SFS-EN 62264-3:2017 *Enterprise-control system integration. Part 3: Activity models of manufacturing operations management (IEC 62264-3:2016)*, SESKO Standardization in Finland, Saatavissa: [www.sfs.fi](http://www.sfs.fi), 2017.
- [46] Soman CA, van Donk DP, Gaalman G. *Combined make-to-order and make-to-stock in a food production system*, *International journal of production economics*, 2004;90(2): pp. 223–35
- [47] Szendrovits A. Z., Truscott W. G., *International Handbook of Production & Operations Management*, 1989, p. 325.
- [48] Suomen Riskienhallintayhdistys, *Nelikenttäanalyysi - SWOT*, Suomen Riskienhallintayhdistys, 2021: Saatavissa (Viitattu 30.5.2021) <https://pk-rh.fi/tools/swot.html>

- [49] Strandhagen J.W., Vallandingham L.R., Alfnes E., Strandhagen J.O., Operationalizing lean principles for lead time reduction in engineer-to-order (ETO) operations: A case study. *IFAC PapersOnLine*. 2018;51(11): pp. 128–33
- [50] Tao W., Zhang L.P. & Sang H.Y., 2012, A SOA-Based Reconfigurable Manufacturing Execution System for a Tools Workshop, *Applied Mechanics and Materials*, vol. 145, p. 499
- [51] Tenhilä A., ERP- ja APS-järjestelmien erikoiskurssi, Helsingin Yliopisto, 2010, Saatavissa (Viitattu 5.6.2021): <https://docplayer.fi/684461-Tu-22-1177-erp-ja-aps-jarjestelmien-erikoiskurssi.html>
- [52] Wang Y., Ma H.-S., Yang J.-H., Wang K.-S., Industry 4.0: a way from mass customization to mass personalization production, *Advances in manufacturing*, 2017;5(4): pp. 311–20
- [53] Melina C. Vidoni, Aldo R. Vecchiatti, An intelligent agent for ERP's data structure analysis based on ANSI/ISA-95 standard, *Computers in Industry*, 2015. Vol. 73, p. 39–50
- [54] Wei Wang, Wei Liu, 2011, Study on the integration model of ERP and APS based on CORBA static invocation, *IEEE*, Saatavissa (Viitattu 15.6.2021): 10.1109/SOLI.2011.5986550
- [55] Yilin Mo, Chabukswar R., Sinopoli B., Detecting Integrity Attacks on SCADA Systems, *IEEE transactions on control systems technology*. 2014, 22(4): pp. 1396–407

# LIITE A: ERP:N PROSESSIKAAVIO TUOTANNON NÄKÖKULMASTA





## LIITE B: KYSELY EXCEL-POHJAISEN JÄRJESTELMÄN KÄYTTÄJILLE

1. Kuinka usein käytät järjestelmää tai sen osia (päivittäin, viikoittain vai kuukausittain)?

---

2. Onko sinulla kokemusta muista valmistavan teollisuuden tuotannonohjausjärjestelmien käytöstä ja jos kyllä, niin minkä järjestelmän ja kuinka pitkältä ajalta?

---

---

3. Kuinka arvioisit järjestelmän käytettävyyttä asteikolla 1–5 (5=paras)?

---

4. Onko järjestelmässä jokin ominaisuus, joka erityisesti helpottaa sinun työtäsi?

---

---

5. Mitkä ovat mielestäsi järjestelmän heikkoudet tai ominaisuuden, jotka ovat vaikeita käyttää?

---

---

6. Kaipaisitko järjestelmään jotain ominaisuutta, joka helpottaisi työtäsi?

---

7. Jos yrityksessä ei olisi käytössä vastaavaa järjestelmää ollenkaan, kuinka se vaikuttaisi työtehtäviisi?

---

---

Kysely liittyy allekirjoittaneen diplomityöhön ja olisin erittäin kiitollinen, mikäli uhraisit muutaman minuutin tämän kyselyn täyttämiseen.

-Esa J

