

Mikael Kortesuoma

**TUOTANNON KEHITTÄMINEN
HYÖDYNTÄEN LEAN-PROSESSEJA,
VIRTAUSMALLIA JA BROWNFIELD-
PROSESSIA**

Diplomityö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Tarkastaja: Yliopistonlehtori Timo Lehtonen
Tarkastaja: Professori Tero Juuti
Marraskuu 2020

TIIVISTELMÄ

Mikael Korttesluoma: Tuotannon kehittäminen hyödyntäen Lean-prosesseja, virtausmallia ja Brownfield-prosessia
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Automaatiotekniikka
Marraskuu 2020

Työssä tarkastellaan olemassa olevan ambulanssituotannon haasteita sekä luodaan tuotantoa kehittäviä toimia, jotka käyttöönotetaan tuotannossa. Käyttöön otettuja kehitystoimia analysoidaan käytön jälkeen ja korjaavia toimenpiteitä tehdään, mikäli tehdyt toimenpiteet eivät tuota haluttua tulosta. Työssä käytetään apuna Tampereen Yliopiston Hervannan kampuksella kehitettyjä oppeja, kuten virtausmallia ja Brownfield-prosessia. Näiden ohessa hyödynnetään myös Lean-periaatteita. Tavoitteena on tunnistaa tuotannosta kehityskohteita ja tehdä niiden avulla.

Alkuvaiheessa suoritettiin laaja nykytilan kartoitus, jotta kehityskohteet tulisi selvemmin esille. Nykytilan kartoitus keskittyi pääosin tuotantoon, mutta myös logistiikkatoiminnot ja koko tuotannon tilaus-toimitusprosessi otettiin tarkasteluun. Kartoituksen jälkeen aloitettiin tuotannon kehityssuunnittelu, joka jaettiin kolmeen erilaiseen kehitysmalliin.

Lean-työkaluja hyödynnettiin materiaalivirtoihin ja sisälogistiikkaan sekä työn standardointiin ja hukan poistoon. Suurin työ oli tuotannon materiaalivirtojen kehittämisessä. Siellä loogisten toimintojen luonti ja varastopaikkojen selkeytys huomattiin akuuteimmiksi päivityskohteiksi. Työn standardoinnissa käytettiin avuksi virtausmallia ja luotiin työohjeita työntekijöille standardoidun työtavan esittämiseksi. Hukan analysointi osoitti melkein kaikissa kategorioissa olevan hukkaa. Hukan poistaminen liittyi suurimmaksi osaksi tuotantoon annettujen työlistojen vaillinaiseen informaatioon. Työlistan ulosantia ja informaation määrää päivitettiin. Parannuksia pilotoitiin tuotannossa ja palaute oli positiivista.

Virtausmallia hyödynnettiin työssä nykytilan kartoitukseen sekä tuotannon kehitykseen. Mallista tehtiin Gantt-kaavio, joka auttoi kokonaisuuden hahmottamisessa ja uuden vaihejärjestyksen suunnitelman luonnissa. Virtausmalli analysoitiin linjatuoannossa asemakohtaisesti. Työmäärää asemilla tarkasteltiin ja sen pohjalta pyrittiin tasoittamaan työtä eri asemien välillä, jotta läpimenoaikaa saatiin parannettua.

Avainsanat: Lean, Virtausmalli, Brownfield process, Ambulanssituotanto

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Mikael Korttesluoma: Improving production using Lean methods, flow model and Brownfield process
Master of Science Thesis
Tampere University
Automation engineering
November 2020

In this thesis, the challenges of the existing ambulance production are examined. Production development actions are created and taken into use. Those actions are analysed and corrective measures are executed as needed. Doctrines that have been developed in Hervanta at the University of Tampere such as flow model and Brownfield process are used as the base ground for development. In addition to these, Lean principles are also utilised. The objective is to identify targets from production to develop and to make a development plan using them.

The mapping of the present state was done as a first step, so that the targets for development would come more distinctly forth. The mapping of the present state concentrated mainly on production. The logistic functions and order delivery process of the whole production were also taken to examination. After the mapping phase, started the development of production. This was divided into three different development models.

Lean tools were utilised for material currents and inside logistics. Standardization was used to unify working habits and challenge the loss. Most work in the beginning was in the developing of the material currents for production. There the creation of logical functions and the clarification of warehouse work area and storage places were noticed as critical development point. In the standardisation of work, the flow model was used to aid in the process. Work instructions were created for the workers to present the standardised way of working. Production loss analysis showed loss almost in all chosen categories. The root cause of loss was mainly tied to the incomplete information in worklist which is given to production. The appearance and the amount and relevance of the information in the worklist was updated. The improvements were piloted in production and the feedback was positive.

The flow model was utilised in the mapping of the present state and in the development of production. A Gantt scheme which helped in the perceiving of the whole picture was created according to the flow model. The current model was analysed by station-specifically in the production line. The amount of work with the stations was examined and based on it an attempt was made to level down work between different stations so that the lead time was improved.

Keywords: Lean, Flow model, Brownfield process, Ambulance vehicle production

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

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Tamlans Oy:lle. Työn tarkoituksena oli selvittää yrityksen ambulanssituotannon haasteita ja kehityskohteita. Työssä käytettiin hyväksi Tampereen Yliopistossa kehitettyjä metodeja, kuten virtausmallia ja Brownfield-prosessia. Työtä tehdessäni olen kokenut onnistumisia ja epäonnistumisia niin yrityksessä toteuttaessa kehityskohteita kuin työtä kirjoittaessa. Prosessin aikana olen lukenut tuotanto- ja johtajuus -aiheisia kirjoja enemmän kuin koskaan ennen. Nyt kun kirjoittaminen on loppu, tuntuu että kehitystä itsessä on tapahtunut hurjasti.

Yrityksen osalta haluaisin tuoda erityisen kiitoksen työpaikan puolen ohjaajalleni Mikko Valvelle. Hän on tukenut minua prosessin aikana valtavasti. Erityiskiitos myös ambulanssitietojani kartuttaneelle Jaakko Lohjansalolle, sekä Harri Niemiselle ja Jarkko Haviälle suuresta tuesta ja ymmärryksestä. Suurkiitos myös yrityksen toimitusjohtajalle, Kari Ojalalle avusta ja mahdollisuudesta tehdä tämä työ.

Kiitokset Tampereen Yliopiston puolen ohjaajille Timo Lehtoselle ja Tero Juutille, että jaksoitte kanssani loppuun saakka. Lopuksi suuri kiitos ja kumarrus vaimolleni Heidille. Hänen tukensa ja ymmärryksensä ei tuntunut loppuvan koskaan.

Mukaillen Henry Fordia:

”Auto voi olla minkä värinen tahansa, kunhan se on keltainen.”

Tampereella, 18.11.2020

Mikael Kortesuoma

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Työn tausta	1
1.2 Ambulanssituotanto Tamlans Oy:ssä	1
1.3 Ambulanssin esittely	2
1.4 Työn tavoitteet, tutkimuskysymykset ja rajausta	5
1.5 Tutkimusstrategia ja menetelmät	6
1.6 Työn rakenne	7
2. KEHITTÄMISEN TEORIA	8
2.1 Lean	8
2.1.1 TPS - Toyota production system	8
2.1.2 Arvovirtojen ja arvovirtakartan määrittely	9
2.1.3 Työn tasapainottaminen	10
2.1.4 Hukka - Muda	11
2.1.5 Standardoitu ja stabiloitu työ	13
2.1.6 Pullonkaulat	14
2.1.7 5S menetelmät	15
2.2 Virtausmalli	17
2.2.1 Idea ja rakenne	17
2.2.2 Tuotos ja Relaatio	19
2.2.3 Mallinnus	20
3. BROWNFIELD-PROSESSI TEORIA	23
3.1 Geneeriset elementit	24
3.2 Asiakastarpeet	25
3.3 Moduulit	26
3.4 Konfigurointitieto: K- & V-Matriisi ja dokumentointi	28
4. NYKYTILAN KARTOITUS	30
4.1 Virtausmalli nykytilasta	30
4.2 Valmistusajat ja työnmittaus	32
4.3 Tilaus-toimitusprosessin ja tuotannon kuvaus	33
4.4 Layout ja materiaalivirrat	36
5. TUOTANNON ANALYSOINTI JA KEHITYSKOhteet	40
5.1 Autoetnografisen aineiston analyysi ja kehityskohteet	40
5.1.1 Tuoterakenne	40
5.1.2 Työpisteet	41
5.1.3 Tuotannonohjaus	41
5.1.4 Tuotantomenetelmät	42
5.1.5 Varastonhallinta ja logistiikka	43
5.1.6 Materiaalivirrat	45
5.1.7 Informaatio	46
5.1.8 Hankinta	47
5.1.9 Materiaalin käsittely ja muokkaus	48

5.1.10	Laadun ylläpito	49
5.2	Virtausmallin analysointi ja kehityskohteet	49
6.	KEHITYSSUUNNITELMAT TUOTANTOON	58
6.1	Kehitys Lean-oppien avulla	58
6.1.1	Materiaalivirrat ja varastopaikat.....	58
6.1.2	Prosessien ja työn standardointi	59
6.1.3	Hukan poistaminen	62
6.1.4	Osto ja sisäinen logistiikka	63
6.1.5	Työlistojen informaatio	65
6.1.6	Ylimääräinen työstö	65
6.1.7	Turha liikkuminen.....	66
6.1.8	Tuotannossa tapahtuvat virheet.....	67
6.2	5S-menetelmän suunniteltu jalkautus tuotantoon	68
6.3	Kehitys virtausmallin avulla	74
6.3.1	Tavoitteet virtausmallin avulla kehittämiseen	74
6.3.2	Tuotannon kehitys virtausmallin avulla.....	75
6.4	Kehitys kyselyn perusteella	76
6.4.1	Informaation välitys yrityksen sisällä	77
6.4.2	Työohjeiden sähköistäminen.....	78
7.	MODULOITU AMBULANSSIRAKENNE.....	81
7.1	Modulaarinen muuntelurakenne.....	81
7.2	Muuntelurakenteen valinta	82
8.	TULOKSET	85
8.1	Tuotannon tehokkuus ja läpimenoajat.....	85
8.2	Hahmotelma tulevaisuuden tehtaasta	86
9.	POHDINTA	89
9.1	Menetelmät ja niiden hyödyntäminen yleisesti tuotannossa	89
9.2	Arvo yritykselle.....	89
10.	JOHTOPÄÄTÖKSET	91
	LÄHTEET	92

LIITE A: TYÖNMITTAUKSEN TUTKIMUSPÖYTÄKIRJA

KUVALUETTELO

<i>Kuva 1 Tamlans Volkswagen Amarok -ambulanssi.....</i>	<i>3</i>
<i>Kuva 2 Ambulanssin potilastila edestä taaksepäin.....</i>	<i>4</i>
<i>Kuva 3 Ambulanssin potilastila takaa eteenpäin</i>	<i>4</i>
<i>Kuva 4 Ambulanssi takaovelta.....</i>	<i>5</i>
<i>Kuva 5 TPS talon rakenne [3].....</i>	<i>9</i>
<i>Kuva 6 Esimerkki valmiista arvovirtakartasta [4].....</i>	<i>10</i>
<i>Kuva 7 5S vaiheet [12].....</i>	<i>16</i>
<i>Kuva 8 5S työkalupakki.....</i>	<i>17</i>
<i>Kuva 9 Virtausmallin rakenneosat [14].....</i>	<i>18</i>
<i>Kuva 10 Virtausmallin päätelmäketyt [14]</i>	<i>20</i>
<i>Kuva 11 Virtausmallin ensimmäisen vaiheen havainnekuva [14]</i>	<i>21</i>
<i>Kuva 12 Mallinnuksen rajoite [14]</i>	<i>22</i>
<i>Kuva 13 Brownfield-prosessi [15].....</i>	<i>23</i>
<i>Kuva 14 Geneeristen elementtien esimerkillinen rakenne [15].....</i>	<i>25</i>
<i>Kuva 15 Erilaisia moduulien käyttökohteita [15].....</i>	<i>27</i>
<i>Kuva 16 Elementtien ja moduulien jakoperiaatteet (esimerkki) [15].....</i>	<i>28</i>
<i>Kuva 17 Matriisin luonne [15].....</i>	<i>29</i>
<i>Kuva 18 PSBP-menetelmän havaintokuva [15].....</i>	<i>29</i>
<i>Kuva 19 Virtausmalli nykytilasta.....</i>	<i>31</i>
<i>Kuva 20 Ambulanssivalmistuksen tilaus-toimitusprosessi.....</i>	<i>34</i>
<i>Kuva 21 Ambulanssituotannon materiaalivirtauksen nykytila</i>	<i>36</i>
<i>Kuva 22 Ambulanssituotantolinja</i>	<i>39</i>
<i>Kuva 23 5 x miksi analyysi tuotannon jigeistä</i>	<i>43</i>
<i>Kuva 24 SWOT-analyysi varastosta.....</i>	<i>44</i>
<i>Kuva 25 Moduuliasema 1 / Vaihe 1 tuotokset ja relaatiot.....</i>	<i>50</i>
<i>Kuva 26 Moduuliasema 2 tuotokset ja relaatiot.....</i>	<i>51</i>
<i>Kuva 27 Moduuliasema 3 tuotokset ja relaatio.....</i>	<i>52</i>
<i>Kuva 28 Ruiskutustyöpisteen tuotokset ja niiden relaatiot.....</i>	<i>53</i>
<i>Kuva 29 Naitto tuotokset ja niiden relaatiot</i>	<i>54</i>
<i>Kuva 30 Moduuliasema 2 – Naitto tuotokset ja niiden relaatiot</i>	<i>54</i>
<i>Kuva 31 Loppuvarustelu nosturiasemalla tuotokset ja niiden relaatiot.....</i>	<i>55</i>
<i>Kuva 32 Loppuvarusteluaseman tuotokset ja relaatiot</i>	<i>56</i>
<i>Kuva 33 Loppuvaiheen tuotokset ja relaatiot.....</i>	<i>56</i>
<i>Kuva 34 Ambulanssilinjan valmistusajat asemoittain resurssit huomioituna.....</i>	<i>57</i>
<i>Kuva 35 Fifo periaatteella toimiva varastohylly [17].....</i>	<i>59</i>
<i>Kuva 36 Ehdotettu varastohyllyjen nimeämiskäytäntö</i>	<i>64</i>
<i>Kuva 37 Spagettikaaviot ambulanssilinjan työpisteiltä</i>	<i>67</i>
<i>Kuva 38 Esivarustelutyöpisteen layout ennen.....</i>	<i>70</i>
<i>Kuva 39 Esivarustelupisteen materiaalihylly ennen.....</i>	<i>70</i>
<i>Kuva 40 Esivarustelutyöpisteen layout jälkeinpäin.....</i>	<i>71</i>
<i>Kuva 41 Kuvia tuotannon työkalupakeista järjestelyn jälkeen.....</i>	<i>74</i>
<i>Kuva 42 Ambulanssilinjan valmistusajat asemittain</i>	<i>75</i>
<i>Kuva 43 Työmäärä asemilla uudelleen suunniteltuna (työntekijöiden määrä oikealla)</i>	<i>76</i>
<i>Kuva 44 Muuntelurakenteen valintataulukko [22].....</i>	<i>84</i>
<i>Kuva 45 Amarok -ambulanssin valmistusaika 2017-2019</i>	<i>85</i>
<i>Kuva 46 Amarok -ambulanssin läpimenoaika ja tehokkuus 2017-2019.....</i>	<i>86</i>
<i>Kuva 47 Tulevaisuuden layout ehdotus ambulanssien valmistukseen</i>	<i>87</i>
<i>Kuva 48 Tulevaisuuden layout ehdotuksen materiaalivirrat.....</i>	<i>88</i>

LYHENTEET JA MERKINNÄT

BOM	eng. Bill of materials, tuoterakenne
DSM	eng. Design structure matrix, rakenteen suunnittelu matriisi
ERP	eng. Enterprise resource planning, toiminnanohjausjärjestelmä
FIFO	eng. First in first out, periaate, jonka mukaan ensimmäisenä tuleva lähtee myös ensimmäisenä
Gantt-kaavio	kaavio, joka esittää projektin ja sen työvaiheiden edistymisen suhteessa aikaan
Heijunka	jap. Heijunka, tuotannon tasapainotus
Hukka	Tuotteen tai palvelun arvoa lisäämätön työ asiakkaan näkökulmasta.
Jigi	Tuotannossa käytettävä asennusta helpottava esine
JIT	engl. Just-in-Time, juuri oikeaan aikaan
k_j	Joutuisuuskerroin
KET	kesken eräinen tuotanto
Korityö	Ajoneuvon sisä- ja ulkopuolelle tehtävä muutostyö alkuperäiseen
Lean	Toyotan tuotantojärjestelmästä kehitetty johtamisfilosofia
LONO	eng. Letter of No Objection, sertifikaatti sille, että sertifikaatin antava taho ei vastusta sitä mitä toinen osapuoli tekee alkuperäiselle tuotteelle
Muda	jap. Muda, Prosessin sisällä oleva hukka
Monozukuri	jap. Monozukuri, mono = esine, zukuri = asioiden valmistaminen
Normaaliaika	Aika joka keskinkertaisen ammattitaidon omaavalla työntekijällä kuluu tietyn työtehtävän suorittamiseen
Negea	nimitys Tamlans Oy:n valmistamasta ambulanssista, engl. Next generation ambulance
Potilastila	Ambulanssin takatilassa oleva ensiapuun käytettävä hoitotila
t_n	Työn normaaliarvo
t_v	Työn mitattu vaiheaika
TPS	engl. Toyota Production system, Toyotan tuotantojärjestelmä
VSM	engl. Value Stream Map, arvovirtakartta
5S	Työpisteiden siisteyttä ja järjestystä parantava Lean työkalu

1. JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Tämän diplomityön kohdeyritys on Tamlans Oy. Yritys on vuonna 1998 perustettu ja varustelee ajoneuvoja asiakkaiden tarpeiden mukaan. Yritys rakentaa minibusseja, erikoisvarusteltuja ajoneuvoja ja moduuliambulansseja. Tamlans myy ajoneuvoja enimmäkseen Pohjois-Eurooppaan, mutta tavoitteena on vallata myös markkinoita ympäri maailmaa. Yrityksellä on yhteistyökumppaneita Iso-Britanniassa, Irlannissa, Saksassa, Norjassa, Ruotsissa, Itävallassa ja Baltian maissa. Tamlans Oy:n liikevaihto on noin 9 miljoonaa euroa ja työntekijöitä yrityksessä on noin 50. Yrityksellä on yksi toimipiste, joka sijaitsee Tampereella, Hervannan kaupunginosassa.

Työn kohteena on yrityksen Moduuliambulanssituotanto. Ensimmäinen Volkswagen Amarokin päälle rakennettu moduuliambulanssi valmistui vuonna 2012 ja on tämän jälkeen myynyt muutamia satoja kappaleita lähinnä pohjoismaihin. Kappaleissa 1.2 ja 1.3 on tarkoitus kertoa työn kohteena olevasta tuotannosta ja tuotteesta, jotta lukija saa paremman käsityksen tuotteesta.

Diplomityö sai alkunsa yrityksen halusta kehittää moduuliambulanssituotantoa, jotta tuotteen läpimenoaikaa saataisiin lyhennettyä ja kannattavuutta parannettua. Tuotannosta oli tarkoitus löytää pieniä ja suuria kehityskohteita ja löytää näihin ratkaisuja tuotannon nopeuttamiseksi. Samalla määrä oli tarkastella koko tuotantoprosessia ja löytää siitä kehityskohteita.

1.2 Ambulanssituotanto Tamlans Oy:ssä

Tamlans Oy:n valmistama ambulanssi eroaa muista valmistettavista ambulansseista merkittävästi. Ambulanssi on rakenteeltaan kahdessa osassa, jossa takatila ja auton alusta ovat erilliset. Yleensä ambulanssit rakennetaan täysin ajoneuvon sisään, käyttäen hyväksi auton alustan omia seiniä. Tamlansin valmistaman ambulanssin ominaisuuksina ovat korkea maavara ja neliveto. Tuotetta kutsutaan nimellä Tamlans Volkswagen Amarok (Negea) ja se on tehty yhteistyössä VV-Auto Groupin kanssa (nykyään K caara Oy). Ambulanssikori on suunniteltu kokonaan uudestaan täyttämään tarpeet niin ergonomiassa kuin tavaroiden ja välineiden sijoittelussakin. Kori on

komposiittivalmisteinen ja se on vaihdettavissa alustasta toiseen. Rakenne muuttaa myös ambulanssin valmistusta osittain.

Ambulanssin valmistus lähtee aina asiakkaiden vaatimuksista. He lähettävät tarkoin määritellyn listan, mitä vaatimuksia ja varusteita tai varustevarauksia ambulanssilta vaaditaan. Esimerkiksi alustan ominaisuudet kuten muunneltava maavara ja auton neliveto ovat joidenkin asiakkaiden erityisvaatimuksia. Ambulanssi suunnitellaan asiakkaan listan mukaan ja laitteiden paikoitukset potilastilassa ovat osin vakioituneet. Potilastilan suunnitelmaa määräävät pääosin vaihtoehdot sivu- tai keskipaariambulanssista, jotka muuttavat hieman kaluston asettelua ja seiniä. Kun suunnitelmat ovat valmiit, tilataan osat toimittajilta. Pääasiassa yritys tilaa alihankkijoilta osia, joista tehdään esivalmisteltuja kokoonpanoja, jotka asennetaan ambulanssin koriin tai alustaan. Ambulanssien tuotannossa autot eli alustat tulevat usein asiakkailta. Ennen niiden toimittamista Tampereelle, alustoihin asennetaan ilmajousitus, sekä niitä pidennetään noin 30 cm.

Kun koppi on alkuvarusteltu ja alusta on saapunut, voidaan osat yhdistää toisiinsa. Yhdistämisvaiheessa liitetään auton alusta koppiin, viimeistellään ilmastointi ja kytketään sähköt auton ja kopin välillä. Tämän jälkeen alusta ja koppi loppuvarustellaan, jonka jälkeen se on valmis lopputarkastukseen. Lopputarkastuksessa suoritetaan koeajo ja tarkastetaan auto laajan tarkastuslistan mukaan.

1.3 Ambulanssin esittely

Tamlans Oy:n ensisijainen tuote hälytysajoneuvojen valmistuksen osalta, on Tamlans Volkswagen Amarok -ambulanssi (Kuva 1). Sen moduulirakenteinen tuotekonsepti on erinomainen vaihtoehto hankaliin maastoihin.



Kuva 1 Tamlans Volkswagen Amarok -ambulanssi

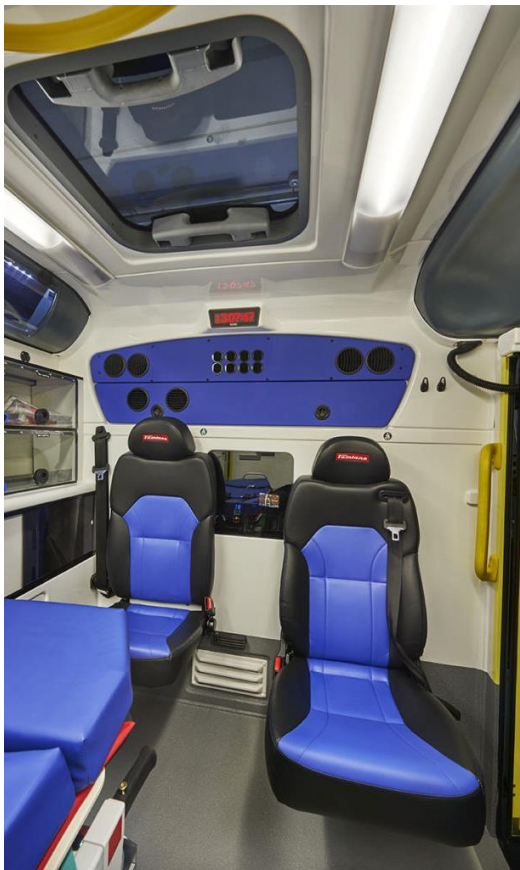
Ambulanssi on valmistettu Volkswagenin Amarok -alustan päälle. Lasikuitukori, joka näkyy ohjaamon jälkeen omna kokonaisuutenaan, on rakenteeltaan monokokki. Tämä tarkoittaa, että kori on itsekantava ja kestää hyvin esimerkiksi kolaritilanteissa. Kori on kuitenkin erittäin kevyt, jotta kantavuuden asettamat tarpeet asiakkaalle on saatu maksimoitua. Volkswagen Amarok -alusta on usein V6-moottorilla varustettu 3,0 litrainen TDI malli, joka tehokkaimmillaan tuottaa 190 kW tehon ja 580 Nm:n väännön. Alustasta on tarjolla taka- ja neliveto vaihtoehdot, mutta käytännössä kaikki ambulanssit ovat nelivetoja. Nelivetovaihtoehtoihin kuuluu kytkettävä- tai jatkuvatoiminen neliveto. Lisäksi on myös takatasauspyörästön kytkettävä 100 % mekaaninen lukko. Alustalla on erinomaiset maasto-ominaisuudet ja 500 mm kahluusvyvyys.

Ambulanssin korin sisusta, eli niin kutsuttu potilastila on suunniteltu yhdessä alan ammattilaisten kanssa. Sisusta on pyritty suunnittelemaan ensihoitajille mahdollisimman ergonomiseksi. Paarien oikealla puolella olevasta hoitajanistuimesta voidaan tehdä kaikki tarvittavat hoitotoimenpiteet siten, että turvavyöt ovat kiinni hoidettaessa (Kuva 2). Potilastilan sisusta on myös erittäin turvallinen. Joka puolella kulmat on tehty pyöreiksi ja tilaa on tarpeeksi. Väliseinään saadaan kaksi istuinta, joista toinen voi olla mukavuusistuin (Kuva 3). Mukavuusistuin voidaan sijoittaa vapaalle paikalle, mutta ei paarien päähän. Paarien pään puolella hoitajalle on tehty ylimääräisiä kaappivaihtoehtoja vasemmalle seinälle, jotta tarvittavat välineet olisivat helposti

saatavilla. Väliseinässä sijaitsee myös radio- ja viestintälaitetila, joka sijoittuu penkkien niskatukien kohdille. Potilastila on erittäin hiljainen hyvän äänieristyksen takia.



Kuva 2 Ambulanssin potilastila edestä taaksepäin



Kuva 3 Ambulanssin potilastila takaa eteenpäin

Ambulanssin perustoimintoja ohjataan väyläjärjestelmällä. Ajoneuvoon myydään asiakastarpeen mukaan ohjausjärjestelmä, joko ruotsalaisvalmisteinen Standby:n väyläjärjestelmä tai sitten mahdollisesti, joku asiakkaan haluama oma järjestelmä.

Väyläjärjestelmästä ohjataan sinivilkkuja, sireeniä, valoja sekä muita toimintoja. Amarok -ambulanssin takaovi on yksiosainen ylöspäin aukeava luukku, Kuva 4. Sen hyötyinä on sadesuojan lisäksi myös aurinkosuoja. Se rajaa takaa tilan, joka on hyvin valaistu takaluukussa olevilla lastausvaloilla.



Kuva 4 Ambulanssi takaovelta

Tammlans Volkswagen Amarok -ambulanssi on käynyt läpi Volkswagen AG:n tuotekehitysosaston testaukset sekä läpikotaisen tarkastuksen. Ambulanssille on myönnetty Volkswagenin LONO-sertifikaatti. Sertifikaatti tarkoittaa, että Volkswagenin tehdas ei vastusta tekemiämme muutoksia alkuperäiselle alustalle. Ambulanssin monokokki osa on myös testattu ambulanssistandardin EN 1789:2007+A2:2014 mukaan.

1.4 Työn tavoitteet, tutkimuskysymykset ja rajaus

Tämän työn tärkeimpänä tavoitteena on lyhentää moduuliambulanssituotannon läpimenoaikaa 20 % ja kokonaistyötuntimäärää 100 tunnilla. Tavoitteet pyritään

saavuttamaan kehittämällä tuotantoa. Kehitettävät kohteet pyritään löytämään Lean-oppien sekä Tampereen Teknisellä Yliopistolla kehitetyn virtausmallin avulla. Tavoitteena on myös arvioida yrityksen tulevaisuuden ambulanssivalmistusta, volyymien noustessa. Toissijaisena tavoitteena yrityksessä ollaan aloitettu modulaarisen tuotteen rakenteen hahmottelu, joten työ antaa siihen myös alustavaa pohdintaa.

Tamlans Oy:ssä ollaan tehty alustava laskelma teoreettisesta moduuliambulanssin kokonaistyöajasta perustuen arvioituihin vaihe aikoihin. Tämä otetaan tavoitteelliseksi työajaksi, mutta aikaa tarkennetaan työn aikana, kun saadaan tarkempia vaiheajoja tuotannon kelloituksilla. Teoreettista läpimenoaikaa ei ole ennen yrityksessä arvioitu, sillä työn vaiheita ei ole tarkasti eroteltu ja vaiheiden järjestystä kuvattu. Teoreettinen läpimenoaika arvioidaan työssä mahdollisimman tarkasti ja tämä otetaan tavoitteen nollakohdaksi.

Työn aikana on tekijän tarkoitus oppia ambulanssivalmistuksen vaiheet, siihen tarvittavat komponentit ja osaaminen. Tämä auttaa työn tekemisessä ja antaa kokonaiskuvan ambulanssin valmistuksesta. Työssä on tarkoitus esitellä ratkaisuja tuotannon kehittämiseen, sekä sivuta tuotteen modulaarisen rakenteen parantamista. Työaikoja ei työssä tulla esittelemään tarkasti niiden arkaluonteisuuden vuoksi.

Tuotoksina työstä saadaan tuotannon vaiheajat kelloitettuna, nykytilan virtausmalli, Gantt-kaavio tavoitteellisesta työjärjestyksestä, tulevaisuuden layout hahmotelma ja kehitysehdotukset yritykselle.

Tamlans Oy valmistaa henkilökuljetusajoneuvoja ja ambulansseja. Työ rajataan yrityksen ambulanssivalmistukseen.

1.5 Tutkimusstrategia ja menetelmät

Tämän työn tutkimusstrategiana käytetään empiiristä tutkimusta, jossa tehdään konkreettisia havaintoja. Näiden havaintojen pohjalta tehdään tarvittavia analyyseja, josta saadaan tuloksena konkreettisia kehityskohteita. Tutkimusmenetelmänä käytetään autoetnografista tutkimusta, jossa tutkitaan kulttuuria yrityksen sisällä, siihen osallistumalla [1]. Osallistumalla yrityksen toimiston sekä tuotannon puolen päivittäiseen arkitoimintaan ja tekemällä kirjallisia havaintoja toiminnasta saadaan materiaalia kehityskohteiden analysointia varten. Näin ollen tutkimusstrategiana voidaan puhua myös etnografisesta tutkimuksesta.

Tutkimusstrategiaksi valikoitui autoetnografinen tutkimus, sillä se tuntui luonnollisimmalta lähestymistavalta täysin uuteen teollisuuden alaan, jossa oli myös

paljon uuden asian oppimista. Tutkimustapaan vaikutti myös oman oppimisen nopeus tehtäessä tutkimusta autoetnografisella tavalla.

Tutkimusmenetelminä autoetnografisessa tutkimuksessa on tarkoitus käyttää pääasiassa päiväkirja merkintöjä pitkältä ajalta sekä haastatteluja [2]. Tutkimus perustuu pääosin kvalitatiiviseen tutkimukseen, mutta kvantitatiivisena osana tutkimuksessa käytetään kuitenkin myös tuotantoaikojen tuotannon työvaiheiden kellottamista l. mittaamista. Nämä täydentävät kokonaisuutta analyysia varten. Päiväkirjamerkinnöissä tehdään havaintoja tuotannon tekemisestä, käytettävistä työkaluista, käytettävästä materiaalista ja prosesseista. Tutkimusaineisto kerätään päiväkirja merkinnöistä, tuotannon työvaiheiden kellotuksesta, haastatteluista ja kyselyistä sekä yrityksen ERP järjestelmästä. Yrityksen ERP järjestelmään alettiin keräämään tietoa sisäisistä poikkeamista, joita on tässä työssä myös tarkoitus käyttää hyväksi.

Kerätystä aineistosta tehdään analyysi ja pohdinta. Ongelmia ja haasteita yrityksessä analysoidaan aineistosta työkalujen avulla. Työssä analysointiin käytetään juurisyyanalyysia eri työkalujen kuten 5 x miksi-analyysin, SWOT ja Z-mallin [2] mukaan. Näiden perusteella etsitään kehityskohteita, joihin on tarkoitus pohtia kehitysideoita.

1.6 Työn rakenne

Johdannossa käydään läpi yrityksen ambulanssituotanto, työn tarkoitus, tutkimuskysymykset ja -strategia. Toisessa ja kolmannessa luvussa käydään läpi työhön liittyvää teoriaa siten, että toisella luvussa keskitytään kehittämisen teoriaan ja kolmannessa luvussa kerrotaan moduulituotteen teoriaa. Neljännessä luvussa esitellään yrityksen nykytila, eli tila, mistä lähdetään liikkeelle kehittämään tuotantoa. Luvussa viisi pohditaan ja analysoidaan nykytilan kartoituksessa sekä autoetnografisessa tutkimuksessa kerättyä materiaalia, sekä etsitään kehityskohteita tuotannosta ja prosessista. Käytännön tason suunnitelmat esitellään luvussa kuusi, jossa kerrotaan kehityssuunnitelmista tuotantoon. Suunnitelmat on rajattu Lean-oppien, 5S:n, virtausmallin ja kyselyn avulla tehtäviin kehityssuunnitelmiin. Luvussa seitsemän tehdään nopea katsaus yrityksen aloitettuun moduulirakenteisen tuotteen perustamiseen. Luvussa kahdeksan esitellään osan kehityssuunnitelmien toteuttamista tuloksista ja luvussa 9 kootaan yhteenveto johtopäätösten muodossa.

2. KEHITTÄMISEN TEORIA

Toisessa luvussa luodaan kirjallisuuskatsaus työhön soveltuvaan aihepiiriin. Luvussa käydään läpi tuotannon Lean-filosofian periaatteita, virtausmallin kuvausta ja tuotteen moduulista rakennetta Brownfield-prosessin avulla.

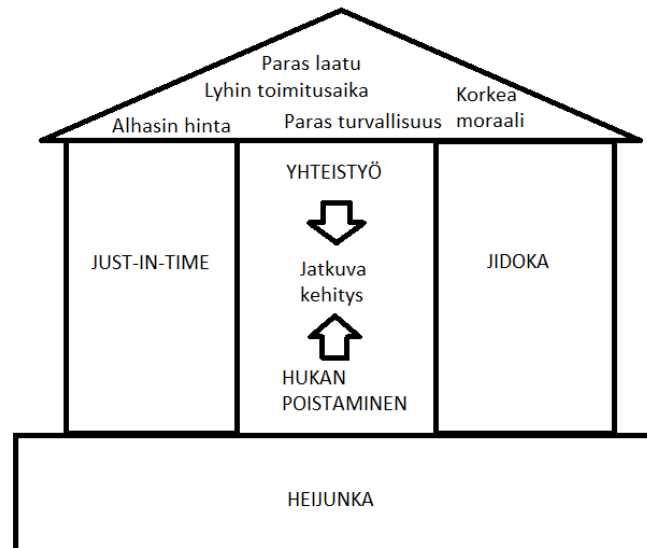
2.1 Lean

2.1.1 TPS - Toyota production system

Toyota Production System (TPS), on Japanissa auton valmistaja Toyotan kehittämä systemaattinen teos, joka sisältää tärkeimpiä ajatusmalleja, työkaluja ja tekniikoita tuotannon ylläpitoon ja parantamiseen. Järjestelmä kehitettiin toisen maailmansodan jälkeen, jolloin Japanissa elettiin hyvin köyhiä aikoja. Toyotan oli tehtävä monenlaisia autoja yhdellä valmistuslinjalla ja suhteessa isoihin amerikkalaisiin auton valmistajiin Toyotalla oli pienet tilat. Tästä syystä he joutuivat kehittämään tuotantoprosessiaan siten että pienissä tiloissa ja pienillä varastoilla pystyttiin tekemään tehokasta työtä ja keskittymään vain siihen mitä asiakas oikeasti haluaa ja mistä he maksavat. Heidän strategiakseen tuli minimoida hukattu aika ja materiaali tuotannon jokaisesta vaiheesta. Niin he päättivät keskittyä materiaalien ja tuotteen virtaukseen, jonka avulla lopulta luotiin TPS, joka on nykypäivän Lean-filosofian perusta [3].

TPS tunnustetaan usein kuvasta (Kuva 5), joka kuvaa järjestelmän osat pääpiirteittäin. Kuvassa on talo, jossa on eri osat jaoteltuna. Talo kuvaa rakennetta, joka on toimiva vain, jos katto, pilarit sekä perustukset pysyvät kassassa. Juuri näihin elementteihin onkin lajiteltu TPS:n peruselementit, joka tarkoittaa sitä, että kaikkien peruselementtien on toimittava, jotta kokonaisuus toimisi. Talon katto koostuu käsitteistä, paras laatu, alhaisin hinta, lyhin läpimeno aika, paras turvallisuus ja korkein moraali. Tähän kaikkeen pyritään lyhentämällä tuotannon virtausta, joka tapahtuu hukan (muda) poistamisella. Talon kahdessa pilarissa ovat Just-in-Time (JIT) ja laadun kehittäminen (Jidoka), joka tarkoittaa ”ihmisen avustamaa automaatiota”. JIT on näistä tunnetumpi ja sitä käytetään yleensä logististen toimintojen kehittämiseen, mutta Toyota on tarkoittanut sillä myös työpisteiden välisiä siirtoja. Jidoka-periaatetta sovelletaan yleensä linjastolla ja se tarkoittaa yksinkertaisesti virheen tunnistamista ajoissa sekä virheellisen tuotteen jatkojalostuksen estämistä. Talon perusteissa on käsitteitä kuten tuotannon tasapainotus (heijunka), tasapainoinen ja standardisoitu prosessi, visuaalinen hallinta ja Toyotan

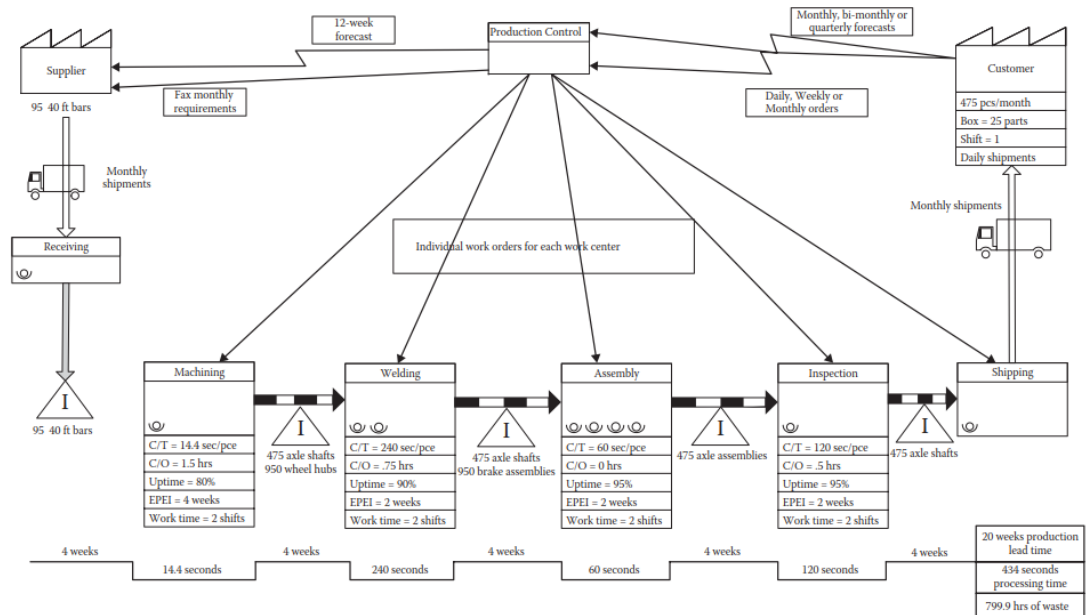
filosofia. Talon sisältä löytyy keinoja siihen millä talo pidetään kasassa, kohdat ovat jatkuva parantaminen, hukan vähentäminen sekä ihmiset ja yhteistyö [3]. Kuvassa 5 on havainnollistettu TPS talon rakennetta.



Kuva 5 TPS talon rakenne [3]

2.1.2 Arvovirtojen ja arvovirtakartan määrittely

Yleisesti valmiin tuotteen päätymiseen asiakkaalle tarvitaan tavaran toimittajia, tavaran vastaanottoa, työnjohtoa, työntekijöitä, työtä, valmiiden tuotteiden lähettämistä ja niiden vastaanottoa. Näiden toimintojen aikana ja niiden välillä oleva ajan käyttö on joko arvoa tuottavaa tai ei. Arvovirtakartassa (VSM) kuvataan visuaalisesti tuotteen valmistus prosessi komponenttien toimittajilta siihen saakka, kun tuote päättyy asiakkaalle. Karttaan kuvataan kohdat, jotka tuottavat arvoa ja kohdat, jotka eivät tuota arvoa, vaan lisäävät kustannuksia, työstöaikaa tai odotusaikaa. Valmiista arvovirtakartasta näemme tuotteen todellisen läpimenoajan. VSM eroaa tavallisesta prosessivirtaa kuvaavasta kartasta, sillä siinä kuvataan myös informaatio, jota tarvitaan tuotteen etenemiseen, suunnitteluun ja asiakkaan tarpeiden täyttämiseen. VSM kuvataan usein välillä ”varastosta-varastoon”, tarkoittaen yrityksen varastosta löytyvistä komponenteista valmiiksi tuotteeksi omaan varastoon. Arvovirtakartta voi olla laajempi, mutta käytännössä se tuottaa usein hankaluuksia [4]. Kuvassa 6 on esimerkki valmiista arvovirtakartasta.



Kuva 6 Esimerkki valmiista arvovirtakartasta [4]

Hyöty, jota arvovirtakarttoja tehtäessä tavoitellaan, on hukan vähentäminen. VSM:n tavoitteena on katsoa laajempaa kokonaisuutta, jotta suurin hukka voidaan tunnistaa ja poistaa koko prosessista. Samalla se ohjaa kehitystä siihen, että keskitytään suurien linjojen vetoihin ja jätetään pienet huomioimatta ainakin alkuun. Tärkeätä on muistaa, että VSM ei voi olla ainoa työkalu hukan poistamiseen tuotannosta, sillä sen avulla pienet virheet jäävät huomiotta ja juuri nuo pienet virheet voivat joskus olla ne isoimmat.[5]

2.1.3 Työn tasapainottaminen

Kokoonpanolinjan tasapainoittaminen on usein haastavaa. Siihen on kuitenkin kehitetty monia tapoja. Tasapainoittamiseen liittyy kaksi termiä, kysyntävauhti (takt time) ja tahtiaika (cycle time). Kysyntävauhti saadaan, kun käytettävissä oleva aika jaetaan kysynnällä. Tämä tarkoittaa aikaa, jonka välein tuotteen pitää valmistua. Tahtiaika taas on enimmäisaika yhden tuotteen tekemiselle yhdessä vaiheessa. Se saadaan, kun jaetaan käytettävissä oleva aika tuotantomäärällä. Tässä ajassa täytyy huomioida tauot, huolto ja häiriöt.

Työn tasapainottaminen voidaan tehdä monella tapaa. Tässä on 10 tapaa tasapainottaa tuotantoa [6].

1. Ohituslinja: Paljon aikaa vaativille tuotteille asennetaan ohituslinja
2. Työn jakaminen osakokoonpanoihin: Linjalta siirretään vaiheita osakokoonpanoon

3. Puskurivarastot: Puskurivarasto linjan tahdituksen helpottamiseksi vain tietyille pisteille
4. Väliaikainen tahtiajan ylitys: Osalla työpisteistä tahtiaika ylitetään ja vastaavasti toisaalla alitetaan
5. Erillinen työvaihe: Linjalta varattu alue vain tietyille töille
6. Joustava vaihtoalue työvaiheiden välillä: Tuotteen vaihtoalue, jossa siihen tehdään töitä kahdesta eri vaiheesta
7. Lisätyöntekijät ja joustava työvoima: Lisätyövoiman otto linjalle tarpeen tullen
8. Automaatio: Automatisoidaan joitain vaiheita nopeuttaakseen työntekoa
9. Standardoitu työ: Vakioidaan valmistusajat ja näin ollen saadaan työ kestäväksi aina saman verran
10. Työn sekvensointi: Järjestellään työt niin että suuri- ja pienitöiset vaihtelevat linjalla, tehden kokonaisläpimenosta kuitenkin tasaisen

Työn tasapainottaminen on mahdollista tehdä monella tavalla. Yrityksen on oltava tarkkana valinnasta ja punnittava hyötyjä ja haittoja.

2.1.4 Hukka - Muda

Hukka (muda) määritellään TPS:n mukaan arvoa tuottamattomaksi toiminnaksi [7]. Arvoa tuottamaton toiminta on kaikkea ylimääräistä mitä tuotannossa joudutaan tekemään, eli työtä mikä ei lisää tuotteen jalostus arvoa. Esimerkkejä hukasta ovat työkalun etsiminen, ruuvien hakeminen, tuotteen vieminen paikasta toiseen ja kävely työpisteeltä toiselle. Hukan poistaminen ei aina ole mahdollista, mutta tavoitteena onkin hukan vähentäminen ja aikojen minimointi [6]. Lean-filosofian mukaan hukkaa ei saa myöskään olla liikaa suhteutettuna läpimenoaikaan. Jos läpimenoaika on arvoa tuottavaan osioon nähden yli 10 kertainen, työ ei voi olla tehokasta. [8]

Toyota on alun perin määritellyt seitsemän tyypillisintä hukkaa, jotka soveltuvat melkein kaikkiin yritystoimintaan liittyviin osastoihin [7]. Nykyään siihen on lisätty kaksi hukkaa, eli yhteensä yhdeksän tyypillistä hukan alkuperää [3, 6]. Ne ovat:

1. Ylituotanto
2. Liika varastointi
3. Odottaminen
4. Materiaalin turha liikuttaminen
5. Ylityöstö tai väärä työstö
6. Työntekijän turha liike
7. Viat
8. Käyttämätön luovuus
9. Luonnonmukaisuus

Pahin syyllinen hukkaan on ensimmäisenä esitelty, ylituotanto. Jos yrityksellä on ylituotantoa tarkoittaa se, että sillä on myös ylikapasiteettia. Kun valmistetaan enemmän

kuin asiakas tarvitsee, täytyy olla tilaa varastoida, tulee enemmän tavaroiden siirtelyä ja koko ajan hukataan tilaa, jota tarvittaisiin mahdollisesti jonkin juuri asiakkaalle aikaisemmin toimitettavan tuotteen varastoimiseen. Hyvänä esimerkkinä tästä on yrityksissä olevat suuret valmistuotevarastot, jotka eivät aina ole täysin hyvästä syystä. Toinen syy hukkaan on inventaario. Tällä tarkoitetaan suurien raaka-aine ja valmistuote varastojen ylläpitoa ilman perusteltua syytä. Suurien raaka-aine varastojen ylläpidossa on vaaroja kuten materiaalin ennenaikainen rikkoontuminen, ruostuminen ja suuri tilantarve. Suuren raaka-aine varaston ylläpito johtaa usein epäkurantin materiaalin syntymiseen huonon varastointitavan myötä. Varastot aiheuttavat työntekijöiden turhan ajankäytön kurantin materiaalin etsimisessä ja epäkurantin materiaalin tuhoamisessa. Suuret varastot toki yleensä vähentävät materiaalipuutteita, mutta piilottavat taakseen huonosti suunnitellun tuotannon virtauksen ja pullonkaulat. Kolmas syy hukkaan on odottaminen. Odottaminen tapahtuu yleensä seuraavista kolmesta syystä: työntekijä odottaa konetta, materiaalia tai työkalua. Odottamisen syynä voi olla myös tuotannon pullonkaulat, jolloin työntekijä tai työntekijät odottavat toista työstövaihetta. [4]

Neljäs syy hukkaan on materiaalin turha liikuttelu. Materiaalin tai keskeneräisen tuotannon (KET) paikasta toiseen siirtely on hukkaa mitä pitäisi välttää. Materiaalin tai kokoonpanojen tarpeeton liikuttelu ja työpisteiden suuri etäisyys estävät tuotantoa toimimasta tehokkaasti. Viides hukkan aiheuttaja on ylityöstö. Samaan ryhmään kuuluu myös väärä työstö. Ylityöstöön lukeutuu muutamia asioita kuten ylilaadun tuottaminen, saman vaiheen toistaminen tarpeetta, huonon suunnittelun aiheuttaman ylityöstön osuus sekä virstanpylväiden tarpeettoman suuri määrä esim. hyväksyntöjen saamisissa. Ylilaatua voidaan tehdä työntekijän tai suunnittelijan toimesta. Se voi olla liian tarkkaa työstöä tai saman asian tarkastamista moneen kertaan. Väärää työstöä voi tapahtua työntekijän erheestä tai suunnitteluvirheestä. Kuudes hukka on ylimääräinen liike. Työntekijän hakiessa materiaalia, etsiessään tai kurottaakseen työkalua, etsiessään työnjohtajaa ohjeita varten tai lukiessaan tarpeettomia ohjeita. Seitsemäs ja viimeinen Toyotan määrittelemä hukka on viat tai virheet. Virhe, joka tulee esim. väärästä työstötavasta ja aiheuttaa sen jälkeen uudelleen työstöä, korjausta, kappaleen tai kokoonpanon tuhoamista, on hukkaa. Mikäli tuotteelle tehdään lopputarkastus, jossa havaitaan työstövirheitä aiheuttavat ne usein harmia koko tuotantoketjulle. Pahimmassa tapauksessa tuote joudutaan tekemään uudestaan jostain vaiheesta tai jopa kokonaan.

Toyotan määrittelemiin [7] seitsemään hukkaan on vuosien myötä tullut hieman lisäystä. Kahdeksas nimetty hukka on käyttämätön luovuus [4]. Tällä luovuudella viitataan työntekijöiden luovuuteen ja heidän ideoihin mitä ei johtoportaalilla oteta vakavasti tai välttämättä edes haluta kuulla. Tässä usein hukataan kallisarvoisia ideoita, joita

työntekijöillä tulee mieleen, kun työskentelevät tuotteen parissa. He ehdottavat usein ideoita, joita kehitystiimit eivät välttämättä edes osaa ottaa huomioon. Yhdeksäs hukka I. luonnonmukaisuus liittyy nykypäivänä trendinäkin olevaan vihreään ajatteluun [4]. Luonnonmukaisuudella tarkoitetaan lajittelun ja roskien järjestelyn tehokkuutta ja rahallisia säästöjä tämän avulla.

Hukkaa voidaan analysoida monella tavalla. Yksi tapa analysointiin on työkalu, jota voidaan kutsua nimellä työnositus. Ositettuja töitä voidaan käyttää tuotannon analysointiin. Niistä voidaan rakentaa isompi kuva tuotannossa olevasta hukasta. Kun työ on jaettu vaiheisiin, vaiheet on kelloitettu ja työalueesta on hahmotelma valmiina, voidaan asioihin puuttua helpommin. Kokonaisuudesta, joka on jaettu osiin, voidaan helposti erotella aikoja, jotka ovat merkittävän suuria kokonaisuukaan verrattuna [4]. Tällöin nähdään missä kehityksen tarve sijaitsee.

2.1.5 Standardoitu ja stabiloitu työ

Tuotannon standardointi ja prosessien samankaltaisuus ovat usein jatkuvan kehityksen alkuaskelia. Aluksi on kuitenkin saatava tuotantoon luotua stabiiliutta ja samalla poistaa kohtia, jotka lisäävät epästabiiliutta. Epästabiilius johtuu usein vaihtelusta prosessissa. Prosessin vaihtelu tulee taas usein ihmisten eroavaisuuksista eri tehtävien suorituksissa, koneiden toimimattomuudesta huollon vajavaisuudesta johtuen tai laatuvirheiden korjauksien takia. Toisaalta se voi myös johtua siitä, että työvaiheita ja aikoja ei ole standardoitu.

Standardointi mielletään usein väärin ja sillä halutaan kuvata tiukkoja sääntökirjaan kirjoitettuja sääntöjä, joista yksikään työntekijä ei saa poiketa. Tämä johtaisi siihen, että kehitystä ei tapahtuisi ja työntekijät vain tekisivät töitä sääntöjä noudattaen ilman omaa ajatusta. [6]

TPS:n mukainen standardointi ei kuitenkaan tarkoita tätä. Se on enemmän työntekijöiden ja prosessien tarkempaa ohjausta, visualisuiden ja avoimuuden rakentamista työympäristöön [6]. Standardointiin kuuluu mm. työtapojen ja menetelmien yhdenlaistamista, työn vaiheistamista ja standardoinnin suunnittelua. Tarkemmin kuvailtuna, se on tarkennettuja ohjeita jokaisesta työvaiheesta, tuotteiden osalistoja ja kohdennettuja työkaluluetteloita työpisteille. Tärkeintä on, että prosessin stabiloimiselle on tavoite ja se on arvoa lisäävän virtauksen tuottaminen prosessiin. [9]

Standardoitu työ ei liity ainoastaan työntekijöihin ja heidän työtapoihin. Työtapojen standardointi on myös tarpeellista esim. työnjohtajien ja korkeamman tason johtajien päivärytmin helpottamiseksi. Työnjohtajien tehtäviä helpottamaan voidaan luoda

tuntikohtaisia ja viikkokohtaisia kalentereita. Tuntikohtaisessa aikataulussa on kirjattuna esim. sähköpostin tarkastelua, työnjakoa tuotannon työntekijöille, työn vaiheiden kirjausta ja 5S alueiden tarkastelua. Viikkokohtaisessa taas viikoittaisia palavereja, sisäisiä auditointeja, tuotannon aikatauluttamista ja viikoittaisen työntuloksen tarkastelua. [4, 9]

Työn standardoimiseen tarvitaan strategia ja Lean-työkaluja. Strategiaan kuuluvat suurimman hukan poistaminen, muun hukan poistaminen ja sen tuominen näkyviin, sekä tuottavuuden saatavuus ja vaihtuvuuden vähentäminen. Lean-työkaluja toteutuksen avuksi voivat olla esim. ympyrän keskellä istuminen, standardoitu työ, 5S, työpisteen organisointi, nopea vaihtuvuus, ennakoiva huolto, ongelmien ratkaiseminen sekä heijunka. [6]

2.1.6 Pullonkaulat

Pullonkaulat ovat tuotannon virtauksessa kohtia, esim. työpisteitä, johon työt kasaantuvat ja läpivirtaus on heikko. Näiden työpisteiden tai asemien käyttöaste on yleensä yli 80% ja kapasiteetti on pienempi kuin muiden samassa ketjussa olevien vaiheiden. Näin ollen pullonkaulana oleva vaihe määrää tuotannon todellisen valmistumistahdin. Jos kyseessä on linjalla valmistuva tuote, se menee läpi niin hitaasti kuin sen hitain vaihe antaa myöden. Pullonkaulat ovat toki asioita, joita kapasiteetin laskennassa ja kuormitusvalinnoissa pyritään aina välttämään, mutta aina silloin tällöin niitä syntyy ja ne on otettava huomioon.

Pullonkaulaohjaus perustuu teoriaan, jota kutsutaan englanniksi nimellä TOC (Theory-of-constraints). Teoriassa otetaan kantaa siihen, miten pullonkaulat syntyvät ja minkälaisilla tekniikoilla niistä voidaan päästä eroon tuotannossa. Tärkeintä on aina eliminoida ne mahdollisimman tehokkaasti. Tavoitteena tällä on maksimoida läpivirtaus. Ohjausperiaatteena yleisin on ”drum-buffer-rope”, eli ”rumpu-puskuri-köysi”. Köysi tarkoittaa pullonkaulan imuohjausta ja pullonkaulavaiheen suojausta puskurivarastolla. Rumpuna toimii pullonkaula itse, jolloin voidaan ajatella, että tämä työpiste lyö ns. rummulla tahtia. [10]

Toinen työkalu pullonkaulojen poistoon on ”Viisi keskittymisen porrasta”. Portaat ovat seuraavat [10]:

1. Tunnista: Tunnista tuotannon pullonkaula, joka rajoittaa virtausta
2. Hyödynnä: Tee nopeat parannuskeinot työkaluilla mitä sinulla on jo käytössä
3. Tarkasta: Tutki muut vaiheet, että ne ovat varmasti linjassa pullonkaulan kanssa eivätkä näin ollen aiheuta tai haittaa sitä

4. Nosta: Jos pullonkaula esiintyy vielä alkuperäisessä kohdassa, tee kaikki tarvittavat toimenpiteet sen poistamiseksi. Tee toimenpiteitä niin kauan, että pullonkaula saadaan pois tai se siirtyy toiseen kohtaan. Tässä vaiheessa myös investointeja saatetaan kaivata.
5. Toista: Tässä vaiheessa etsitään seuraava pullonkaula ja aloitetaan sen poistaminen käyttäen ennen esiteltyjä vaiheita 1-4

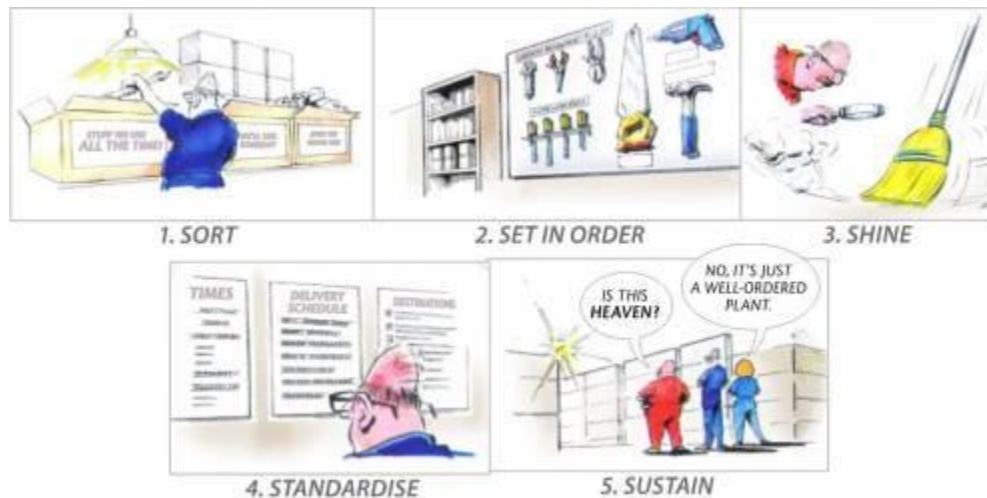
2.1.7 5S menetelmät

Tuotannon joustavan työskentelyn turvaamiseksi on tuotannossa paikat pidettävä siisteinä sekä tavaroille, materiaalille ja työkaluille on oltava paikat. Tämä kaikki voidaan tiivistää 5S termin alle. 5S tulee englannin kielen sanoista, sort (erottele), straighten (järjestä), shine (siivoa), standardize (standardoi) ja sustain (ylläpidä). 5S menetelmien toteutus vaatii usein taustalleen työryhmän. Ilman työryhmää tapa jää helposti yritykseksi, eikä lopputuloksia saada pidettyä. Tavan 5S on alun perin kehittänyt japanilainen Hiroyuki Hirano [11]. 5S tapana on tuonut tuotantoihin ympäri maailmaa huomattavan paljon hyötyä sekä tehokkuuden että turvallisuuden merkeissä. Menetelmää käytetään usein tuotannossa, mutta yhtä hyvin sitä voidaan soveltaa toimistoonkin. 5S:n viisi pilaria on selitetty tarkemmin alla.

1. Sort (erottele): Ensimmäisessä vaiheessa tehdään alkusiivous työpisteeseen, tai pienempään alueeseen johon 5S:ää aloitetaan soveltamaan. Työpisteeltä on tarkoitus poistaa kaikki ylimääräiset työkalut ja jättää sinne vain kaikki tarpeelliset.
2. Straighten/Set in order (järjestä): Kun ensimmäinen vaihe on tehty, on meille jäänyt käsiimme materiaali, työkalut ja laitteet jotka ovat nyt tarkoitus järjestellä omille paikoilleen.
3. Shine (siivoa): Tässä vaiheessa työpiste ja työkalut siivotaan kokonaisuudessaan, jotta saadaan hyvä pohja 5S:n ylläpitämiseen.
4. Standardize (standardoi): Kolmantena vaiheena on tekemisen standardointi. Eli tarkoituksena on luoda järjestelmä, jotta nämä ensimmäiset 3S:ää voidaan ylläpitää.
5. Sustain (ylläpidä): Luodun järjestelmän ylläpitäminen.

5S:n implementointi yritykseen ja tuotantoon vaatii melkein koko yrityksen tukea. Ennen kuin implementointi aloitetaan, on ajatuksesta 5S puhuttava. Myös johtaja tason päättäjät yrityksessä on saatava mukaan, jotta implementointi on järkevää aloittaa. Motivaatio asiaan lähtee yrityksestä itsestä, mutta ulkoisiakin motivaation lähteitä voi löytyä. Yrityksen on usein pysyttävä jollain tasolla, varmistaakseen tulevaisuuden toimitukset ja 5S on asia, jota monet yritykset jopa vaativat toimittajiltaan jollain tasolla. Implementointi voidaan tehdä neljässä vaiheessa. Ensimmäinen vaihe koostuu asian esittelystä. 5S metodeja opetetaan tuotannolle ja niiden sisältöä avataan hieman

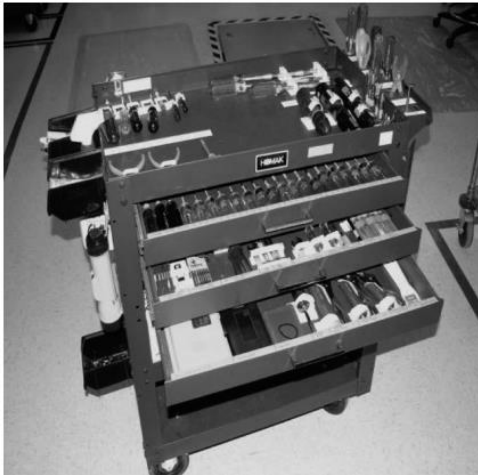
enemmän. Kaikilla pitäisi olla tämän vaiheen jälkeen perustiedot mitä ideologia sisältää. Toisessa vaiheessa tuotannosta valitaan 5S pilotti alue, johon näitä oppeja sovelletaan. Alue on oltava pieni ja sellainen, jossa saadaan nopeasti tulosta aikaan. Tämän alueen tuloksia jaetaan muille ja siitä otetaan oppia muihin alueisiin. Kolmannessa vaiheessa tehdään suunnitelma koko tuotannon alueelle. Tätä vaihetta ennen on viimeistään 5S tiimi luotava ja myös luotava aikataulut tiimin toimimiselle. Työtehtävät jaetaan ja päätetään mihin alueisiin vaikutetaan ja kuinka paljon. Neljännessä vaiheessa työntekijöitä opetetaan jokaisen S:n vaiheisiin erikseen, tehdään 5S toimintoja käytännössä sekä jaetaan kokemuksia käytöstä muille. [4]



Kuva 7 5S vaiheet [12]

Kun 5S ideologiaa lähdetään toteuttamaan, on vaiheet tehtävä järjestyksessä kuten edellä on kuvattu (Kuva 7). Kun suunnitelmat on tehty ja asiaa lähdetään toteuttamaan alkaa työ ensimmäisestä S:stä. Ensimmäisen S:n vaiheena on tarpeellisen ja tarpeettoman erottelu, Tämä tehdään rajattu alue tai työpiste kerrallaan ja työkalut sekä materiaali jaotellaan kolmeen kategoriaan: käytetään usein, käytetään joskus ja ei käytetä koskaan. Kolmannen kategorian työkalut ja materiaali voidaan hävittää heti tai myydä. Toisen kategorian omaavat merkataan esim. punasilla lapuilla, joissa on tarkempaa tietoa ja viedään alueelle, josta työntekijät eivät niitä itse voi hakea, mutta tarvittaessa ne voidaan antaa takaisin. Tämän vaiheen avulla moni yritys on saanut huollon varaston täyteen esim. tuotannosta lojuvista työkaluista, eivätkä ole joutuneet vuosiin ostamaan uusia työkaluja. Toisena S:n vaiheena on järjestäminen. Ensinnäkin kaikille työkaluille on oltava paikka. Työkalut voivat sijaita työkalutaulussa ja työkalujen paikoille on laitettava joko työkalujen muotoiset tarrat kuten varjot tai sitten työkalujen ympäri voidaan piirtää rajat. Näin nähdään helposti työkalujen sijainnit ja myös se mitkä työkalut puuttuvat. Samalla tehdään työkalujen paikoista työntekijöille helppokäyttöiset.

Näin säästetään lopulta paljon aikaa esim. työkalujen etsimiseltä. Kolmantena S:nä on siivous. Siivous liittyy jokapäiväiseen toimintaan ja tarkoittaa käytännössä siivousta työpäivän alussa ja lopussa. Siivouksen sisältönä on työkalujen paikalleen laitto, ylimääräisen materiaalin poisto työpisteeltä, sekä oman työpisteen lakaisu. Tämä helpottaa aina seuraavan päivän tai vuoron työn aloittamista. Kuvassa 8 esitetään 5S:n mukaisesti järjestyksessä oleva työkalupakki.



Kuva 8 5S työkalupakki

Jotta nämä kolme S:ää pysyisi kunnossa tarvitaan neljäs ja viides. Neljännen S:n tehtävänä on luoda säännöt kolmen ensimmäisen ylläpitämiseksi. Käytännössä tämä vaatii jatkuvaa seurantaa, eli sisäisiä auditointeja. 5S auditointisuunnitelmat kannattaa tehdä, päivä-, viikko- ja kuukausi tasolla. Päiväkohtaiset tarkastukset ovat helppoja, esim. työkalujen paikallaan olo tarkastuksia, viikkotasolla voidaan tehdä isompia siivoustarkastuksia ja kuukausitasolla katsotaan kerran kaikki alueet läpi tarkemmin. Viides S:ä vaatii pitkäjänteisyyttä ja ylläpitoa. [4]

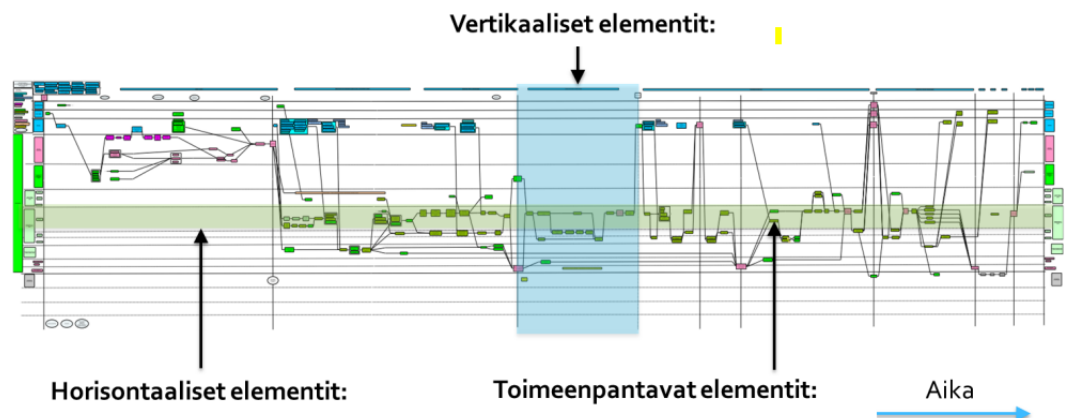
2.2 Virtausmalli

2.2.1 Idea ja rakenne

Virtausmalli ajattelun perusta on lähtöisin japanista. Se perustuu filosofiaan, jota kutsutaan nimellä "monozukuri". Suoraan käännettynä monozukuri on tehdä asioita, mutta tällä tavalla siitä saa vain osan totuudesta. Japanissa monozukuri ei ole vain asioiden valmistamista, vaan ajattelutapa, filosofia ja yhteishenki. Monozukuri filosofiasta tulee periaate: kaikki liittyy alkuun ja loppuun. Se tarkoittaa myös tuotannonkuvaa ja omaa arvoa tai ylpeyttä teollisesta tuotannosta. Virtausajattelu pohjautuu myös arvovirta malliin ja yrityksen arvontuottoon. Virtausmallia voidaan

ajatella siten, että se on informaatiomalli tilauksesta tavaran toimitukseen. Virtausmalliin kuuluu usein sekä informaatio, että varsinaiset työvaiheet ja materiaali. [13]

Virtausmallin rakentamista varten on oltava tiettyä asioita selvitettyinä. Ensiksi on selvitettävä tuotteen tuoterakenne ja tarkemmin ottaen geneeriset elementit [14]. Tämän avulla pystymme hahmottamaan monia virtausmalliin tulevia kokonaisuuksia. Toiseksi tarvitsemme tuotannon prosessin vaiheet sekä suunnittelujärjestyksen. Koko malli on oltava mitattavissa, joten sen takia tuotokset on oltava tarkkarajaisia. Säännöstö kulkee niin, että jos kyseessä on laajempi projekti, on mitattavuuden oltava viikkotasolla. Jos projekti on viikkotasolla, on mitattavien tuotosten oltava vähintään päivätasolla. Virtausmallin tarkoitus on kuvata kollektiivista käsitystä siitä, mitä ja miten tullaan tekemään. Se on usein monen ihmisen yhdessä suunnittelema, jolloin kokonaisuudesta saadaan aina realistisempi ja yhden ihmisen näkemys ei määritä sitä liikaa. Jos virtausmalli suunnitellaan yhdessä organisaation eri osastojen kanssa, sen on havaittu olevan kaikkein hyödyllisin työkalu. Tämä tilanne, jossa kaikki kokoontuvat suunnittelemaan on havaittu nopeuttavan oppimista ja toisaalta tiivistää osapuolien yhteistoimintaa rikkomalla osastojen välisiä rajoja.



Kuva 9 Virtausmallin rakenneosat [14]

Yllä (Kuva 9) esittää kokonaisen virtausmallin, jossa näkyy sen rakenneosat nuolilla korostettuina. Virtausmalli on aina aikaan sidottu malli, jossa aika virtaa vasemmalta oikealle.

Vertikaaliset elementit: Selventävät ja jaksottavat projektin aika-akselilla järkeviksi kokonaisuuksiksi. Sarakkeisiin kuvataan tuotannon tai elinkaaren vaiheet, virstanpylväät tai muut apuotsikot.

Horizontaaliset elementit: Riveillä ja niin kutsutuilla "uimaradoilla" on kuvattuna tuotteen osaratkaisut ja pääkomponentit tai jos kyse on projektista, niin eri organisaatiot ja/tai projektin jäsenet.

Tuotokset eli toimeenpaneavat elementit: Virtausmallin tuotokset, eli projektissa tai tuotannossa tapahtuvat tarkoin rajatut asiat tai vaiheet ja niiden väliset relaatiot. Ne on kuvattu loogisena päättelyketjuna aikajanalle ja oikealle ”uimaradalle”. [14]

2.2.2 Tuotos ja Relaatio

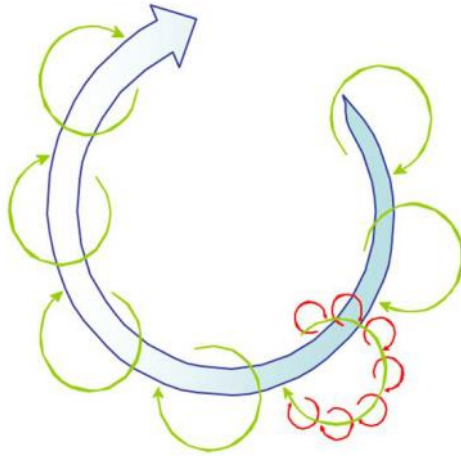
Kuten edellisessä kappaleessa jo hieman viitattiin, virtausmallin raamit koostuvat aika, eli vaakajanalla kulkevista vaiheista ja pystyjanalla olevista organisaation osista tai tuotteen rakenteen isoista kokonaisuuksista. Raamien sisällä on kuitenkin tärkein informaatio ja se koostuu tuotoksista ja relaatioista. Tuotos on tapahtuma, joka kuvataan ja kirjoitetaan aina menneeseen muotoon, eli jotain on jo tapahtunut ja voidaan siirtyä seuraavaan vaiheeseen [14]. Tuotokset ovat esim. seuraavia asioita:

- Mitattavat tuotokset
- Toteutetut tapahtumat
- Suunnittelun selvityslistat
- Suunnittelupiirustukset
- Katselmuksipiste
- Osakokoonpanojen valmistumiset
- Pienempien vaiheiden valmistumiset

Tuotos on kuitenkin hyvä määritellä vielä tarkemmin. Tuotos on jonkun tapahtuman tai teon lopputulos, joka on näkyvä ja sitä pystytään konkreettisesti tarkastelemaan siten, että asia on tehty. Se voi kuvastaa esim. projektissa määriteltyä pienempää tavoitetta. Tuotoksella on aina määritelty tekijä tai joukko tekijöitä. Tuotokseen tarvitaan usein välineet, menetelmät ja materiaali. Näiden kaikkien tulee olla saatavilla ennen kuin tuotoksesta voidaan puhua. Viimeinen tärkeä asia on tuotoksen kohde. Saadakseen tuotoksen valmiiksi se tarvitsee aina kohteen, suunnittelutiedon ja joskus myös historia tietoa aikaisemmin rakennetuista asioista.

Ollakseen täydellinen virtausmalli tarvitsee tuotosten väliset relaatiot. Niiden avulla nähdään riippuvuussuhteet organisaation osastojen, eri kokoonpanojen nähden ja myös tärkeänä tuotannon ja osastojen riippuvuudet. Relaatiot ovat mallin tekijöiden yhdessä sopimia tuotosten välisiä ketjuja, jotka määräävät projektin tai tuotteen etenemispolun alusta loppuun. Relaatiot ovat loogisia kausaalisuhteita, kun A sitten B. Tarkoittaen sitä, että kun on A, siitä aiheutuu B. Tämä perustuu järkipäraseen toimintaan, jossa ajatellaan, että mitään ei tapahdu vahingossa täten kaikki ovat tietoisia tapahtumia. Asia voidaan kääntää myös toisinpäin, jolloin puhutaan tavoitehakuisesta toiminnasta. Kun pyritään B:hen, täytyy ensiksi tapahtua A. Virtausmalliin joudutaan rakentamaan myös approksimatiivisia relaatioita, jolloin tietoisuus ei välttämättä ole läsnä.

Mallinnusteknisesti kuitenkin kaikki tuotokset ovat johdettavissa alusta loppuun ja toisinpäin, tällöin malliin tulee relaatioita, joita on vaikeampi ymmärtää. [14]



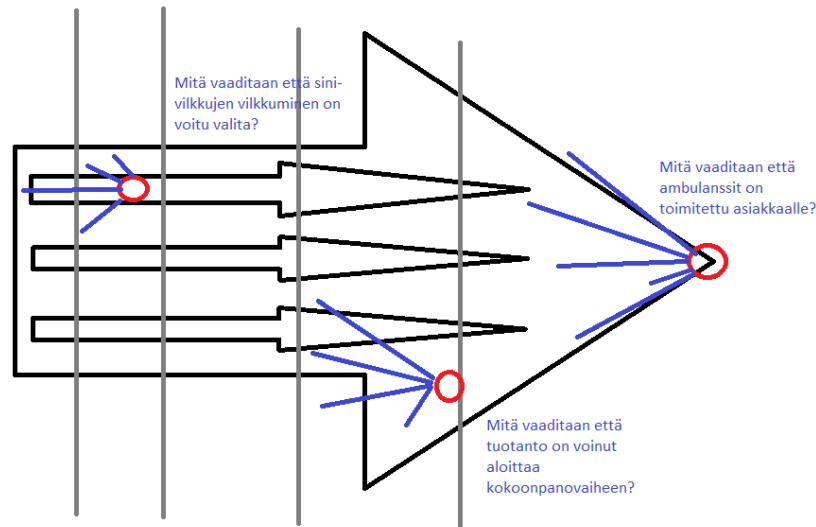
Kuva 10 Virtausmallin päätelmäketjut [14]

Päätelyketjun havainnollistava hahmotelma on esitetty yllä (Kuva 10). Päätelyketju on mallissa oleva otos, joka sisältää linkitettyjä tuotoksia. Ne ovat usein syklisiä, eli toistuvia ketjuja, joita käydään läpi aina uudestaan. Jos ketjussa on iteraatioita, pyritään ne aina avaamaan, jotta hallitsevuus paranee esim. versionumeroinnilla suunnittelupiirustus v1, v2, jne. [14]

2.2.3 Mallinnus

Yleensä mallin ja prosessikaavioiden tekeminen aloitetaan miettimällä alusta alkaen mitä A:lle pitää tehdä, jotta saadaan B aikaiseksi. Virtausmallin tekeminen aloitetaan täysin päinvastaisesti. Ensimmäisessä vaiheessa lähdetään liikkeelle lopputuloksesta ja aloitetaan miettiminen siten, että mitä tuotoksia tarvitaan, jotta tuote on saatu valmiiksi ja toimitettu asiakkaalle tai miten projekti on saatu valmiiksi. Näin toimitaan jokaisen tuotoksen kohdalla, joita syntyy, kun tarkastellaan tilannetta lopusta alkuun. Tästä on havainnekuva alla (Kuva 11). Tarkemmin ottaen jokaisen tuotoksen kohdalla on hyvä pyrkiä vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

- Mitä edellisiä tuotoksia tarvitaan, jotta tuotosta voidaan alkaa toteuttaa?
- Mitä informaatiota tarvitaan ennen kuin tuotos voidaan aloittaa?
- Onko jotain muuta mitä tarvitaan että tuotos on mahdollinen?

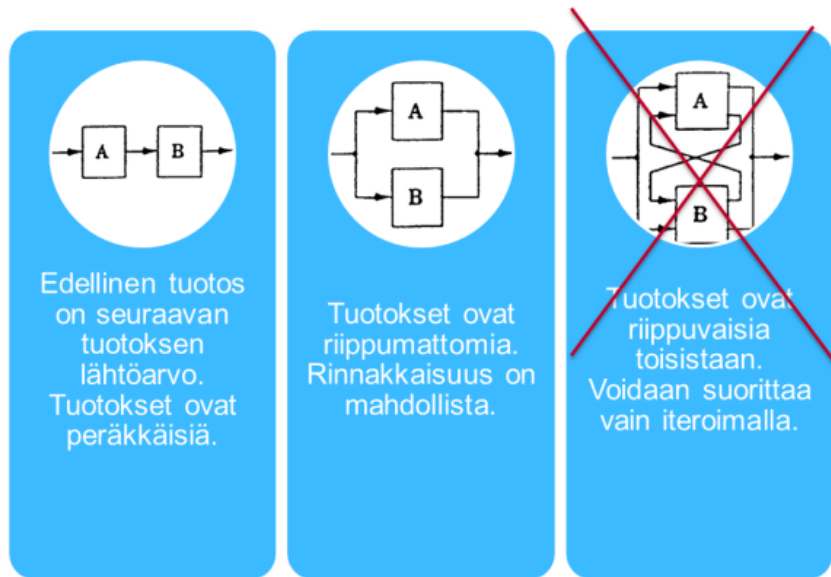


Kuva 11 Virtausmallin ensimmäisen vaiheen havainnekuva [14]

Toisessa vaiheessa mallia lähdetään tarkastelemaan tutusta suunnasta, eli alusta loppuun. Pyritään vastaamaan kysymyksiin:

- Mitä tietoa tästä tuotoksesta syntyy, sekä kuka ja mihin tätä tietoa tarvitsee?
- Millainen tuotos syntyy ja kuka sitä tarvitsee?

Lopullinen tavoite tässä on poistaa arvoa tuottamattomat tuotokset. Kolmannessa vaiheessa tehdään mallin analysointi, täydennetään avoimet kohdat ja relaatiot. Virtausmallin kuvaamisprosessissa on tiettyjä sääntöjä mitä on noudatettava. Tärkeänä on muistaa, että ainoastaan ensimmäinen ja viimeinen tuotos virtausmallissa saa olla ilman sisään tulevaa tai ulostulevaa relaatiota. Tuotokset tulee olla mitattavissa ainakin viikkotasolla, jotta vältettäisiin liian suurpiirteisten asioiden kuvaaminen. Malliin kuvataan ainoastaan yritykselle tai asiakkaalle arvoa tuottavia toimenpiteitä, joten esim. odottaminen ja arvoa tuottamattomat hallinnolliset asiat jätetään mallista pois. On muistettava kuitenkin, että tuotteen koko toimitussisältö on oltava näkyvissä mallissa tuotoksina. Kun virtausmallia aletaan lopulta optimoimaan, on muistettava seuraavat strategiat. Tehdään tuotos kerralla oikein, jolloin yritetään löytää ensimmäinen mahdollinen kohta, jossa tuotos voi olla valmis. Samaan tapaan läpimenoaikaa yritetään lyhentää lisäämällä rinnakkaisuutta tuotoksille.



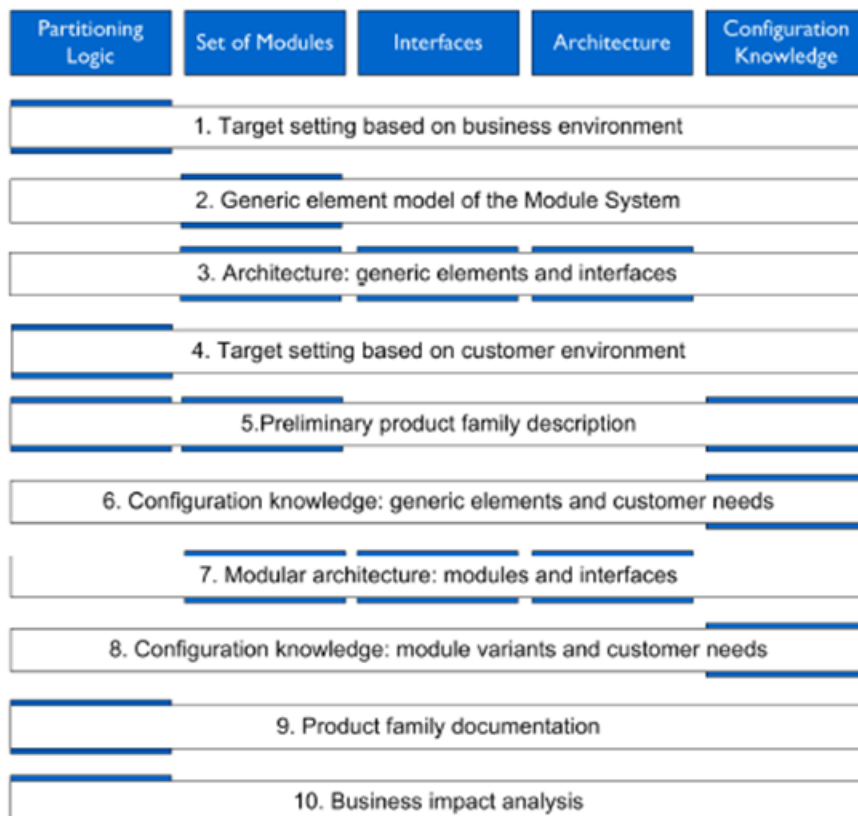
Kuva 12 Mallinnuksen rajoite [14]

Mallinnuksen tärkeimpiä tehtäviä on saada mallista kaikille helposti luettava, jossa relaatiot ja tuotokset ovat järkeviä kokonaisuuksia, joilla on loogisia relaatioita. Kuva 12 yllä, esittää mallinnuksessa olevan rajoitteen. Iteraatiota mallinnuksessa ei sallita, vaan se kirjoitetaan auki omina tuotoksina ja kohdat numeroidaan. Toinen hyvä asia muistaa on mallin relevantti hierarkia. Mallissa ei ole tarkoitus käsitellä liian suuria kokonaisuuksia, sillä ne ovat vaikeasti ymmärrettäviä, vaan ottaa suuria asioita tarkoittavien otsikoiden alta puurakenteesta ne, joilla voidaan tarkasti selittää tuotokset. Esimerkkinä tuotokseksi ei voida ottaa käsitettä "ambulanssin alustan rakentaminen" vaan osia siitä, esim. "sinivilkkujen asennus". [14]

3. BROWNFIELD-PROSESSI TEORIA

Brownfield-prosessi on olemassa olevien tuotteiden muuntamista modulaarisiksi. Kun yrityksellä on jo toimiva tuote, mutta tuotteen rakenne on suunniteltava uudestaan, voidaan käyttää hyväksi prosessia. Brownfield-prosessiin on saatu idea alun perin greenfiel project:ista, jossa kaikki aloitetaan puhtaalta pöydältä. Brownfield-prosessissa on jo olemassa olevaa, jota muokataan. Prosessi on kehitetty väitöskirjassa ja aiheesta on tehty aiempia tutkimuksia ja teoksia.

Prosessi on alun perin ollut 5-vaiheinen, mutta Pakkanen [15] lisäsi väitöskirjassaan prosessiin viisi uutta vaihetta. Uusien prosessien oli tarkoitus havainnoida kokonaisuutta paremmin ja tehdä siitä enemmän yksityiskohtaisempi. Tärkeää on myös huomioida, että vaiheita ei välttämättä tarvitse suorittaa järjestyksessä, vaan prosessi voidaan aloittaa esim. kartoittamalla asiakastarpeita. Prosessissa on kokonaisuudessaan kymmenen vaihetta. Ne on esitetty alla (Kuva 13)



Kuva 13 Brownfield-prosessi [15]

3.1 Geneeriset elementit

Brownfield-prosessin mukaan geneeristen elementtien määrittely on vaiheena numero 2. Geneeristen elementtien ideana on jakaa tuote toiminnallisiin osiin. Paras näkemys jakologiikasta löytyy yleensä yrityksen sisältä. Geneeriset elementit täytyy miettiä siten, että ne toteutuvat teknisenä yksikkönä ja niin, että ne toteuttavat muunteluvaatimukset. Elementtien määrittely voi alkaa tunnistamalla tuotteesta toiminnollisuudet ja vaatimukset, joita asiakas tavoittelee. Ambulanssin tapauksessa, nämä voivat olla esimerkiksi potilaan kuljetus, defibrillaattorin säilytys tai hoitolaukkujen paikoitus.

Kun toiminnallisuudet on listattu, voidaan siirtyä teknisempään ajattelumaliin, jossa määritellään abstrakteja geneerisiä elementtejä. Abstraktit geneeriset elementit ovat elementtejä, joiden teknistä toteutusta ei ole vielä tarkemmin määritelty. Näiden elementtien avulla on seuraavaksi pohdittava, voidaanko tuotteet toteuttaa näillä valituilla teknisillä yksiköillä. Jossain tapauksissa tekniset rajoitteet voivat tulla alkuperäisen suunnitelman tielle siten, että abstraktit geneeriset elementit on määriteltävä uudestaan. Elementtien laadinnassa kannattaa huomioida elementtien päällekkäisyydet. Pienikin elementtien päällekkäisyys saattaa tulevaisuudessa luoda turhia variantteja. Tällöin usein parempi vaihtoehto on lähteä yhdistämään elementtejä.

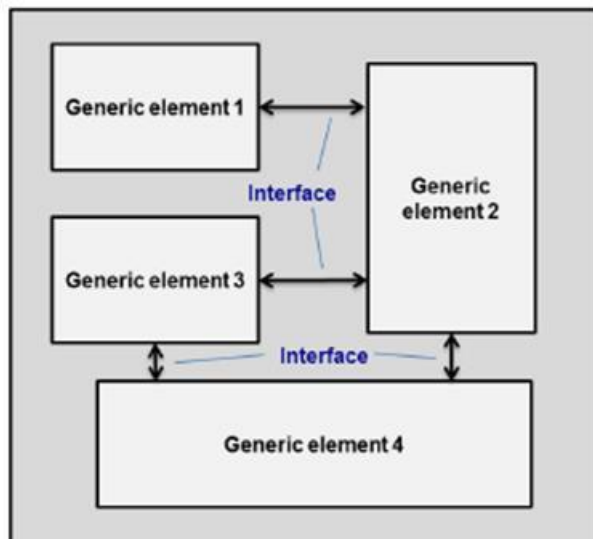
Moduulit, jotka ovat geneeristen elementtien ala tasoja, kytkeytyvät geneerisiin elementteihin. Moduuleilla luodaan tuotteeseen variaatiota. Geneerisistä elementeistä voidaan taas ajatella, että ne ovat moduulien kuvitteelliset aitaukset tai rajat, jossa variaatiota voi esiintyä. Itse geneerisissä elementeissä variaatiota ei voi esiintyä. Esimerkiksi, jos ajatellaan Tamlans:n valmistamaa Volkswagen Amarok -ambulanssia, jossa vasen kalustotila voisi olla yksi geneerinen elementti. Kalustotilalla voi olla moduulivariantteja eli erilaisia tapoja toteuttaa kalustotila. Toisessa tapauksessa kalustotila toteutetaan avoimena ja toisessa se on toteutettu metallisella verkkolevyseinällä. Modulaarinen rakenne vaatii kuitenkin muitakin raameja, kuten suunniteltuja ja toteutettavia rajapintoja geneeristen elementtien välillä. [15]

Geneeristen elementtien määrittelyn jälkeen voidaan tehdä rajapintojen määrittely, eli kolmas vaihe. Rajapintojen ja geneeristen elementtien yhteyksien määrittelyä kutsutaan modulaarisen tuotteen arkkitehtuuriksi. Yksinkertaisuudessaan rajapinnoilla tarkoitetaan geneeristen elementtien paikkoja tuotteessa ja paikkojen yhteyttä toistensa välillä. Huomioitavaa tässä vaiheessa on, että tuotteen, jota moduloidaan, on koostuva kokonaisuudessaan geneerisistä elementeistä ja elementillä on ainakin yksi rajapinta toiseen geneeriseen elementtiin. Määrittelyyn Pakkanen [15] suosittelee esim. Stewardin työkalua nimeltä DSM. Matriisissa listataan geneeriset elementit pysty- ja

vaakariviin. Listauksen jälkeen elementtien väliset suhteet voidaan analysoida rajapinnat huomioiden.

Arkkitehtuuri voidaan suunnitella suljetuksi tai avoimeksi. Suljettu arkkitehtuuri tarkoittaa sitä, että uusia geneerisiä elementtejä ei voida rakenteeseen enää lisätä jälkeen päin. Tällöin asiakkaalle myytävää tuotetta ei ole mahdollista räätälöidä, eikä tulevaisuuden tarpeita näin ollen voida toteuttaa jälkikäteen. Avoin arkkitehtuuri toimii päinvastaisesti. Avointa arkkitehtuuria suunniteltaessa voidaan huomioida tulevaisuuden tarpeet ja niitä voidaan muuttaa myöhemmin. Avoimen arkkitehtuurin vaarana on kuitenkin haastava rakenne, jos muutoksia tehdään usein tai muutokset ovat suuria. Kun rajapinnat on määritelty ja arkkitehtuuri on valmis, kannattaa vielä tehdä niistä yksinkertaiset kuvaukset, sillä lopullinen rakenne selviää vasta myöhemmässä vaiheessa. [15]

Esimerkki kuvatusa tavasta on esitetty alla (Kuva 14)



Kuva 14 Geneeristen elementtien esimerkillinen rakenne [15]

3.2 Asiakastarpeet

Kun Brownfield-prosessia mietitään yrityksessä, on alkuvaiheessa hyvä ymmärtää, että tuote saattaa muuttua rajusti prosessin aikana. Tämä on hyväksyttävä, sillä modulointi prosessi on riippuvainen siitä. Tuote jota asiakkaalle on myyty, on perustunut aina joihinkin asiakastarpeisiin, mutta tuotetta moduloitaessa on huomioitava kaikkien asiakkaiden tarpeet markkinakohtaisesti. Tässä vaiheessa on tärkeä pohtia, onko yritys valmis muuttamaan projektikohtaista suunnittelua konfiguroitavaksi suunnitteluksi.

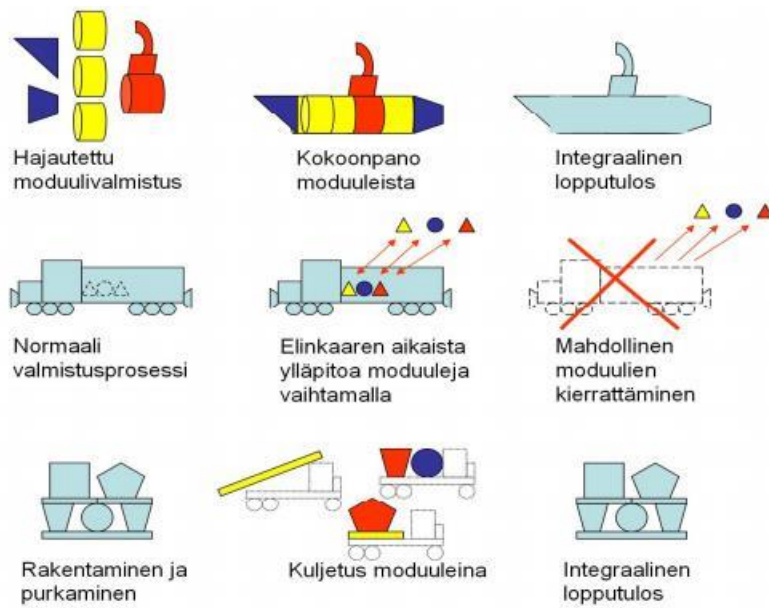
Brownfield-prosessin mukaan voidaan olettaa, että suurin osa asiakastarpeista on kohdeyritykselle jo ennestään tuttuja ja syvempi keskittyminen kannattaa käyttää vähemmän tilattuihin ominaisuuksiin. Tämän lisäksi on kuitenkin syytä tehdä uusi

analyysi asiakastarpeista ja esim. verrata niitä vanhoihin oletuksiin ja tarpeisiin. Samalla yritys voi helposti päivittää tuotettaan ja mahdollisesti poistaa tuotteesta jotain mitä asiakkaat eivät enää kaipaa.

Asiakastarpeet voi määrittää monella tavalla. Prosessin mukaan asiakastarpeet suositellaan määrittämään käyttäen Gripen-menetelmää. Oletetut asiakastarpeet tulee olla kartoitettuna. Tämä helpottaa Gripen-menetelmän konfigurointikysymyslistan luontia. Kysymyslistan avulla asiakastarpeet on helppo kartoittaa kokonaisuutena, eikä ole niin suurta vaaraa, että jotain jäisi huomioimatta. Gripen-menetelmää voidaan käyttää myös myyntityökaluna. Työkalu sopii mainiosti, kun tuoterakenteen kokonaisuus on kohtuullinen. Esimerkiksi ambulanssissa tai muussa tuotteessa, jossa on paljon variaatiota, saattaa kyseinen menetelmä olla liian haastava työstää. Ambulanssien ja mahdollisesti muidenkin tuotteiden, joiden tarjouspyynnöt ovat kattavia, asiakastarpeita voidaan kartoittaa helpon tarjouspyyntöjä analysoimalla. Tarjouspyynnöt ambulanssien tapauksissa ovat yleensä hyvin spesifisiä ja sisältävät tarkat vaatimukset jokaisesta osa-alueesta. Tietyt tarpeet jäävät kuitenkin varjoon ja tiedot piilotetuista asiakastarpeista on hankittava muilla keinoin. [15]

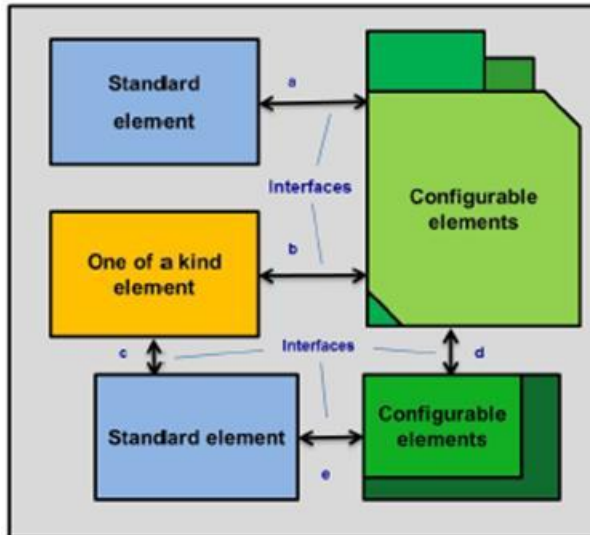
3.3 Moduulit

Brownfield-prosessissa moduulien määrittäminen on yksi suurimmista kokonaisuuksista, yhdessä geneeristen elementtien määrittämisessä. Geneeristen elementtien määrittely ja muutaman muun vaiheen jälkeen päästään määrittelemään moduuleita. Tässä vaiheessa myös geneeristen elementtien määrittely tarkentuu ja saattaa hieman muuttua. Vaiheessa moduulit ja niiden rajapinnat kuvataan yksityiskohtaisesti. Ennen tätä on kuitenkin suoritettava geneeristen elementtien jako vakio-, konfiguroitaviin, osittain konfiguroitaviin ja projektiokohtaisiin elementteihin. Alla (Kuva 15) on esimerkkejä modulaaristen tuotteiden jaottelusta. [15]



Kuva 15 Erilaisia moduuleiden käyttökohteita [15]

Vakioelementti, on elementti, joka ei tarvitse variaatiota asiakkaan suunnalta, vaan jokainen asiakas kelpuuttaa tämän kokonaisuuden tuotteeseen tai tuoteperheeseen. Tapauksessa, jossa huomataan, että asiakkailta tulee monia vaatimuksia ja yhtä vakioelementtiä on vaikea suunnitella, prosessi ohjaa suunnittelemaan useita keskenään vaihtokelpoisia moduuleita. Tavoitteena on kuitenkin hyvä muistaa, että moduulien määrä kannattaa pitää miniminä, jotta hallittavuus säilyy. Näitä elementtejä kutsutaan konfiguroitaviksi elementeiksi, jossa asiakastarpeet voidaan täyttää valitsemalla oikea moduuli. Mikäli vaihtokelpoiset moduulit eivät täytä asiakastarpeita, vaihtoehtona on käyttää elementtiä, jossa on sisällä projektikohtainen moduuli. Tällaista elementtiä kutsutaan osittain konfiguroitaviksi elementeiksi. Viimeisenä vaihtoehtona on käyttää elementtiä, jossa on pelkästään projektikohtaisia moduuleita. Modulaarisessa rakenteessa elementtien välille on suunniteltava vakiorajapinnat. Rajapintoja ei kannata suunnitella tarkoituksella enempää kuin tarvitsee, vaan se kannattaa pitää miniminä. Tämä siitä syystä, että moduulien suunnittelu vaikeutuu ja suunnitteluun tarvittava aika lisääntyy mitä enemmän variaatiota on. Tavoite on saavuttaa asiakastarpeet vähäisellä elementti määrällä. Rajapinnat on oltava vakiot, mutta niillä voi olla erilaisia tilavarauksia. Tilavarauksissa on huomioitava mahdolliset maksimitat. Väitöskirjassa todetaan ihannetilanne, jossa kaikki rajapinnat ja tilanvarauksetkin ovat määritetty [15]. Alla (Kuva 16) on havainnollistettu tämä sama asia.



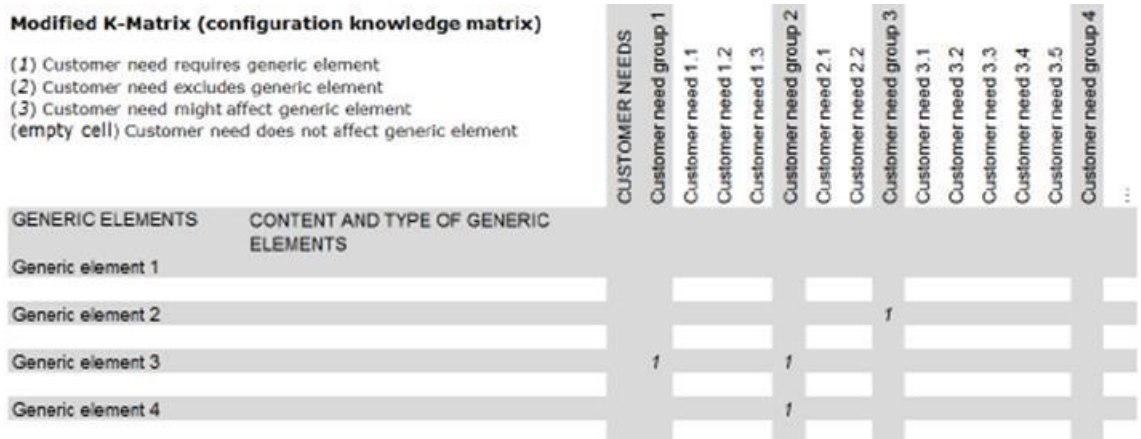
Kuva 16 Elementtien ja moduulien jakoperiaatteet (esimerkki) [15]

3.4 Konfigurointitieto: K- & V-Matriisi ja dokumentointi

Kuudennessa ja kahdeksannessa vaiheessa luodaan konfigurointitietoa tuotteen geneeristen elementtien ja asiakastarpeiden välille sekä lopulta moduulien tarpeita varten. Vaiheen tavoitteena on selventää elementtien ja asiakastarpeiden väliset suhteet eli mitä asiakastarvetta kukin geneerinen elementti tai moduuli edustaa.

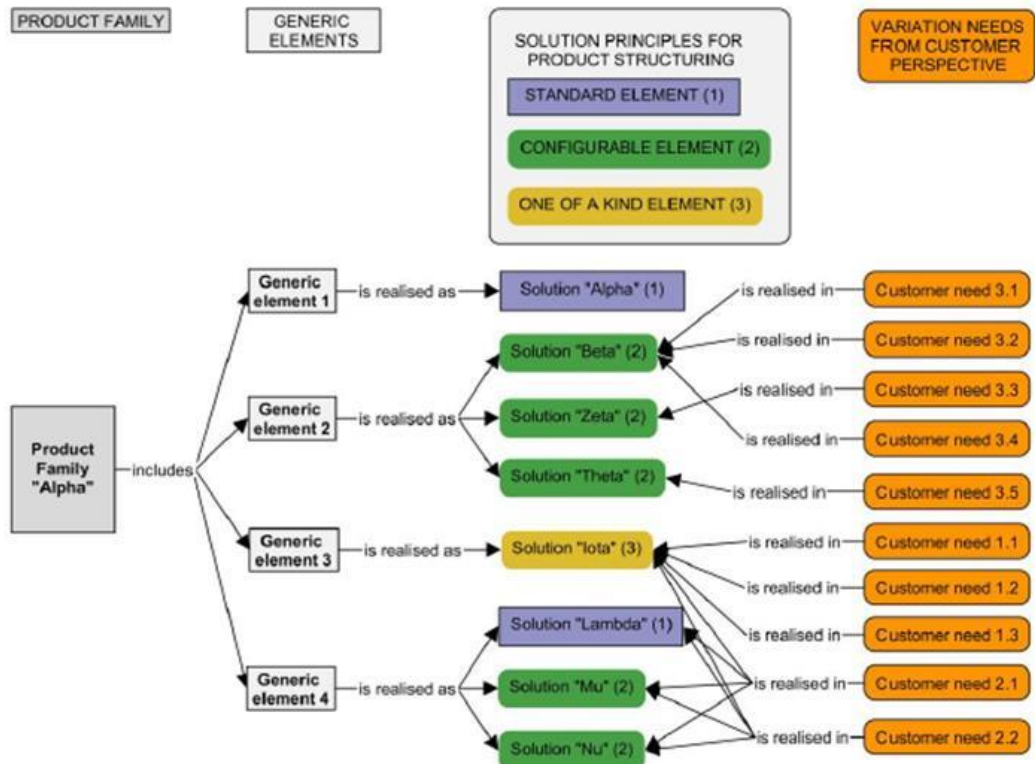
Väitöskirjassa suositellaan tähän vaiheeseen käytettäväksi muokattua K-Matriisia, jonka avulla voidaan luoda konfigurointitietoa geneeristen elementtien ja asiakastarpeiden välille. Alkuperäisessä K-matriisissa kuvattiin yhtäläisyydet kyllä tai ei merkinnällä. Tässä muokatussa matriisissa on neljä eri vaihtoehtoa yhtäläisyyksien kertomiseksi. Neljä eri vaihtoehtoa merkitään matriisiin numeroin. Alla (Kuva 17) on esitetty esitystapa matriisille, jossa geneeriset elementit listattu vaakasoluihin ja asiakastarpeet pystysoluihin.

Kuudennen vaiheen tietoja tarvitaan seuraavissa 7. ja 8. vaiheessa, jolloin moduulien rajapinnat ja lopullinen konfigurointitieto määritetään 7. vaiheessa, kun mietitään ratkaisuja geneerisille elementeille, tulee huomioida miten elementit ja moduulit täyttävät asiakasvaatimukset. Vaiheessa 8, kun moduulit on määritetty, ne lisätään matriisiin muiden komponenttien ohella. [15]



Kuva 17 Matriisin luonne [15]

Toiseksi viimeisessä, eli yhdeksännessä vaiheessa tehdään tuoteperheen dokumentaatio. Tässä tärkeää on, että tuoteperhe ja tuote kuvataan tarkasti. Kuvauksessa on hyvä käyttää esim. Brownfield-prosessissa määriteltyä PSBP-menetelmää, jossa asiakastarpeet linkittyvät moduuleihin ja moduulit taas vastaavasti generisiin elementteihin. Tähän kaavioon merkataan myös generisen elementin tyyppi, eli onko se vakio, konfiguroitava, osittain konfiguroitava vai projektikohtainen. Tämä kaavio toimii suurena apuna suunnittelussa pitkään [15]. Kaavion asiakastarpeista vedetään viiva niihin moduuleihin, johon ne vaikuttavat. Esimerkki kaaviosta on nähtävissä alla (Kuva 18).



Kuva 18 PSBP-menetelmän havaintokuva [15]

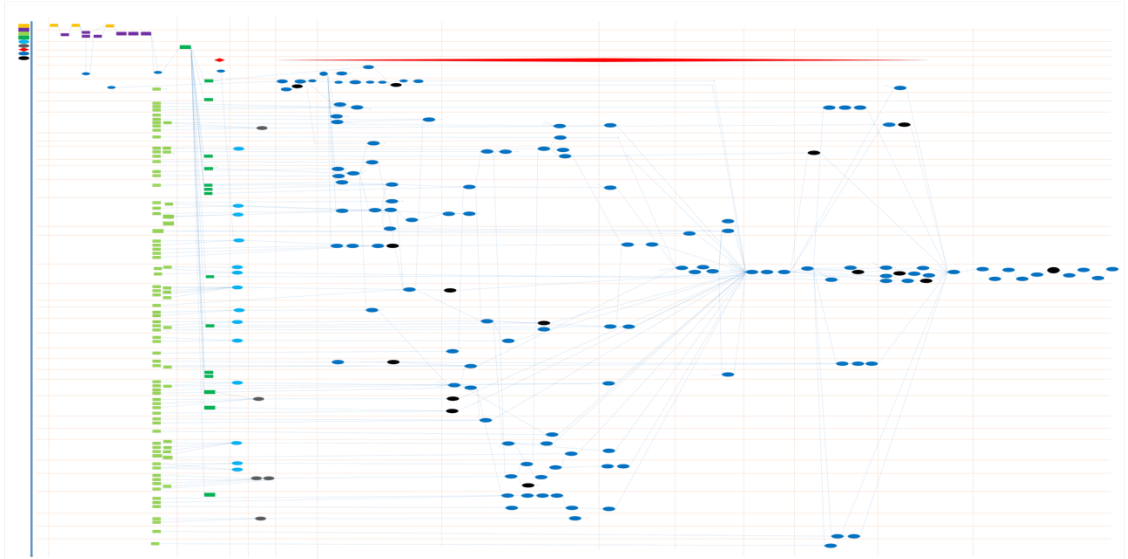
4. NYKYTILAN KARTOITUS

Nykytilan kartoitus keskittyy kyseisen yrityksen ambulanssi valmistukseen yrityksen päätoimipaikalla Tampereella. Ambulanssin valmistuksen prosessin vaiheita suoritetaan metallityöpajassa, istuinosastolla, liimaamossa, esivarustelussa ja tuotantolinjalla. Esivarustelussa ja tuotantolinjalla on pääsääntöisesti kokoonpano työtä. Näitä työpisteitä ohjaa yksi tuotantopäällikkö, joka hoitaa myös hienokuormituksen. Karkeakuormituksen tekee yrityksen kontrolleri. Tuotannossa tehtävä työ on laadultaan pätevää, mutta yleisesti ottaen valmistusajoissa saman tuotteen kesken on eriäväisyyttä. Kysynnän ennustetaan myös kasvavan, joten paineet siitäkin suunnasta kasvavat. Paine asettaa suuret tavoitteet yrityksen toiminnan varmistamiseen, laadun ja toimitusvarmuuden ylläpitoon ja parantamiseen. Yrityksen nykytilaa tarkastellaan tässä työssä virtausmallin, työaikatutkimuksen, prosessien, layoutin ja empiiristen havaintojen avulla.

4.1 Virtausmalli nykytilasta

Selvittääkseen tuotannon virtauksen ongelmakohtia ja kartoittaakseen koko tuotantoprosessia lähdettiin rakentamaan ambulanssituotannon virtausmallia. Virtausmallilla kuvattiin koko prosessi tilauksesta toimitukseen. Näin kehittäminen on helpompaa ja tietyt hukat löydetään koko prosessista helpommin. Ennen virtausmallin tekoa, oli standardityölistä vaiheista tehtävä, jotta tuotannon vaiheet voitiin rajata tarpeeksi suuriin kokonaisuuksiin. Jos jokaisen johdon kytkeminen olisi otettu omaksi tuotokseksi, virtausmallista olisi tullut liian suuri. Täten otettiin tuotokseksi esim. ”Työvalot kytketty”.

Virtausmallin kuvauksen aloituksessa on tärkeätä muistaa, että kuvaaminen lähdetään prosessin viimeisestä vaiheesta, joka tässä tapauksessa on ambulanssin luovutus asiakkaalle. Kun vaiheet kuvataan lopusta alkuun päin, on mietittävä asiaa siten, että mitä on pitänyt tapahtua ennen kuin tämä vaihe ollaan saatu suoritettua. Jokaisella tuotoksella täytyy olla looginen riippuvuus esim. ennen lämpöpuhallin kennon asennusta, sen on oltava esivarusteltu ja sitä ennen se täytyy olla hankittu. Mallissa aika kulkee vasemmalta oikealle ja tuotokset ovat kronologisessa järjestyksessä. Koko malli on nähtävissä alla (Kuva 19).



Kuva 19 Virtausmalli nykytilasta

Malliin on eroteltu väreillä käsitteet asiakas, myynti, ennakkohankinnat, projekti hankinta, esivarustelu, esivarustelu (sähkö), työnjohto, tuotanto ja tuotanto(sähkö). Näistä suurin osa vaiheista tapahtuu tuotannossa, johon tässä tapauksessa voidaan viitata moduuli ambulanssin linjapaikoilla tehtävään työhön. Mallissa kolumnit on jaoteltu seuraaviin vaiheisiin: ennen tilausta, aloitus, tarvelaskenta, hankinta, esivarustelu, esivarustelu(sähkö) ja tuotanto. Tuotanto on jaettu vielä kahdeksaan osaan, jotka rajaavat tarkemmin linjalla tapahtuvia asennuksia, jotta nähtäisiin paremmin asemakohtaisia eroja. Rivit mallissa on jaettu seuraaviin kokonaisuuksiin: asiakas, myynti, hankinta, projekti hankinta, työnjohto, tuotanto, tuotannon kokonaisuudet. Tuotanto tässä merkityksessä tarkoittaa tuotantoa konsultoitavana tai toimivana osapuolena. Tuotannon kokonaisuudet on jaettu 33 laajempaan asennettavaan kokonaisuuteen mitä moduuli ambulanssin valmistuksessa vaaditaan. Virtausmallin rivit muodostavat nk. uimaradat, jonka avulla voi hahmottaa tietyn kokonaisuuden osien toimintoja mallissa.

Tarkastellessa mallia nähdään tiettyjen kokonaisuuksien vaativan paljon perättäisiä työvaiheita ja muutamien kohtien olevan pullonkauloja jo valmiiksi. Huomataan myös, että linjalla asemien tehtävien määrissä on huomattavia eroja, esimerkiksi ennen naittoa, eli auton ja kopin yhdistämistä, on eniten työvaiheita muihin linjan asemiin verrattuna. Sähköasentajien työtä näyttää tarvitsevan monessa eri kohdassa, tätä tulisi tarkastella, mikäli tekemistä voisi suorittaa kerralla enemmän ja tehdä tästä oman vaiheen.

4.2 Valmistusajat ja työnmittaus

Valmistusaikojen tutkiminen vaatii työnmittausta. Työnmittauksella tarkoitetaan työhön kuluvan ajan selvittämistä joltain tiettyä menetelmää käyttäen. Menetelmä on valittava tarkkaan ja se pitää soveltua mitattavaan työhön. Työnmittausmenetelmiä ovat havainnointi-, kelloaika- eli normaali ajankäyttö- ja liikeaikatutkimus sekä aikalaskelmat ja standardiaikajärjestelmät. Työssä käytettiin normaaliaikatutkimusta, sillä se soveltuu parhaiten lyhyiden toistuvien käsin tehtävien töiden mittaukseen. Normaaliaikatutkimuksessa työ jaetaan työneriin eli vaiheisiin, sitten työaika mitataan kellon avulla ja samalla määritetään joutuisuuskertoimet. Joutuisuuskerroin riippuu tekijästä. Joutuisuuskerroin kertoo työntekijän tekemisen suhteen oletettuun keskiarvoiseen tekemiseen. Joutuisuuskertoimen tavoite on poistaa eriarvoisuudet tekemisestä ja näin tuoda tuloksia lähemmäs keskivertoista tekemistä.

Työn mittaus suoritettiin seuraavasti:

1. Tiedottaminen henkilöstölle
2. Työmenetelmien määrittely
3. Työn vaiheiden määrittely ja tarkemmat kuvaukset
4. Aikojen mittaus ja joutuisuuskertoimien määrittely
5. Aikojen laskenta ja tulosten käsittely
6. Tulosten esittely tuotannolle

Työnmittaukset tehtiin suurimmaksi osaksi käyttäen apuna videokameraa ja normaaliaikatutkimukseen valmisteltua tutkimus pohjaa [16]. Tutkimuspohja on esitetty Liitteessä A.

Ambulanssin koko tuotannon työnmittaus aloitettiin tutustumalla yleisimmän ambulanssimallin, eli sivupaari ambulanssin tuoterakenteeseen. Kokonaisuuden todettiin jo alusta asti olevan aika laaja ja tuotannon vaiheet oli hyvä pilkkoa mahdollisimman pieniksi kokonaisuuksiksi, jotta niiden työnmittaus onnistuisi. Yhden ambulanssin valmistaminen kesti keskimäärin noin 3-3,5 viikkoa, joten päätimme tehdä työnmittauksen vain yhden kappaleen valmistuksen osalta. Käytimme työnmittauksessa normaaliaikatutkimusta. [14]

Ennen työnmittauksen aloitusta suunniteltiin työnositus mahdollisimman pieniin mitattaviin kokonaisuuksiin. Tästä tehtiin Excel-pohja, jossa erottui selvästi kolme isompaa kokonaisuutta; esivarustelu, auton alustatyöt ja linjatyö. Näiden alla oli sitten tuotannon vaiheet pilkottu pieniin kokonaisuuksiin. Linjalla tehtäviä vaiheita oli noin 170 kpl, alustalle tehtäviä vaiheita noin 25 kpl ja esivarustelussa noin 55 erilaista vaihetta.

Monet näistä vaiheista oli vielä pilkottu pienempiin osiin. Tulevaisuudessa työnmittaus tuloksia voitaisiin vielä hyödyntää paremmin tuotannon kehityksellisiin tarpeisiin. [16]

Vaiheen aika (t_v), eli ns. valittu aika ja joutuisuuskerroin (k_j) katsotaan yleensä keskimääräisistä ajoista, niissä lasketaan aikahavaintojen tai joutuisuushavaintojen aritmeettinen keskiarvo. Tässä tapauksessa olosuhteet huomioon ottaen, nämä molemmat arvot otettiin ajan säästämiseksi vain kerran. Tällöin keskiarvoa ei kummastakaan voitu erikseen laskea. Joutuisuuskertoimet määriteltiin kuitenkin tarkasti yhteistyössä esimiesten kanssa. Normaaliajat (t_n) laskettiin vakiokaavalla (1).

$$t_n = k_j \times t_v \quad (1)$$

Näin ollen työn normaaliarvo työvaiheelle saadaan summaamalla normaaliajat. Ambulanssin valmistus on pitkälti käsityötä, jossa on suhteellisen paljon apuaikaa. Apuaika määritellään työksi, joka ei välittömästi edistä työn valmistumista, mutta se on tehtävä, jotta varsinainen jalostava työ voi jatkua. Apuaikaa ovat esim. materiaalien noudot, työkalujen etsiminen, liiman kuivuminen, apukappaleiden tekeminen ja muut näihin rinnastettavat työt. Apuaikalisä l_a laskettiin alla olevalla kaavalla (2). Tulos on prosenttia.

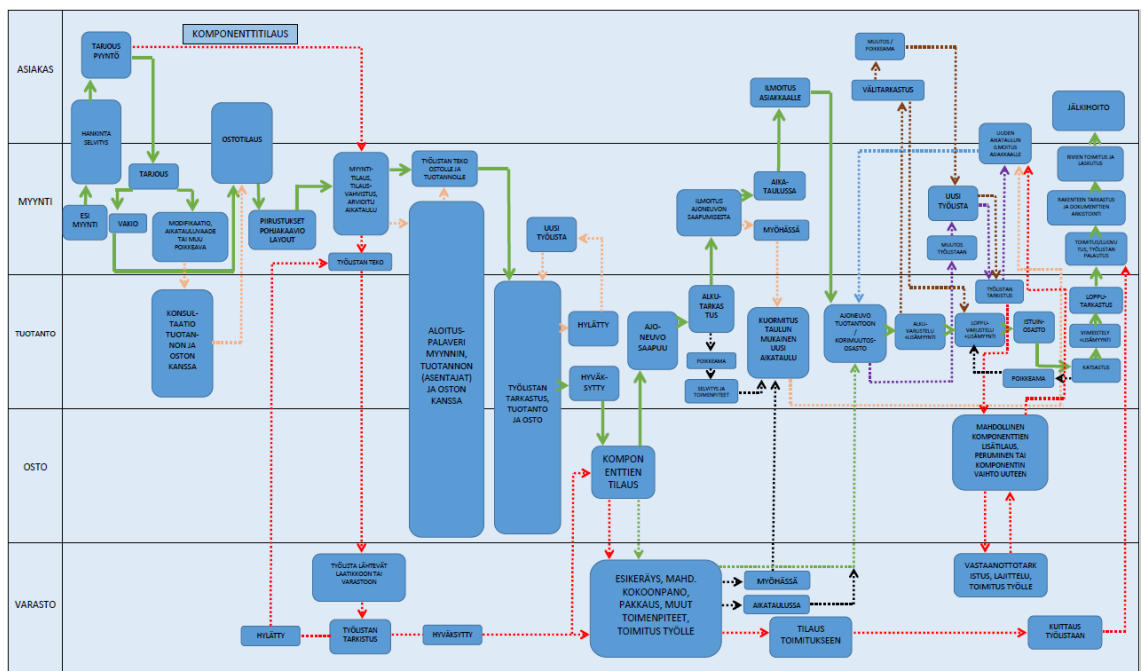
$$l_a = 100 \times \frac{t_a}{t - t_a} \quad (2)$$

Kaavassa t_a on apuajan kokonaismäärä ja t on työpäivän kokonaispituus. Laskettua apuaikaa oli tässä tapauksessa 20 %, joka lisättiin jokaiselle työvaiheelle. [16]

4.3 Tilaus-toimitusprosessin ja tuotannon kuvaus

Ambulanssin tilaus-toimitusprosessi on esitetty kaaviossa alla (Kuva 20). Ambulanssin tuotanto aloitetaan tarjouspyyntöön vastaamalla. Tarjouspyynnöt ovat monisivuisia dokumentteja, jossa asiakastarpeet on kerrottu usein hyvinkin tarkasti. Tarpeet määräytyvät auton alustan ominaisuuksista ja potilastilan, eli auton takaosan, lääkintähoidollisista tarpeista. Myynti antaa tarjouksen, joka soveltuu asiakkaan tarvitsemiin ominaisuuksiin. Kun kyseessä on vakioitu tuote tai asennuskokonaisuus, voidaan tarjous tehdä suoraan asiakkaalle. Kun kyseessä on vakiosta poikkeava tuote, on myynnin konsultoitava tuotantoa ennen varsinaista tilausta. Kun asiakas on hyväksynyt tarjouksen mukaisen tuotteen ja tekee tilauksen, käynnistyy tarkempien piirustusten teko. Myynti lähettää asiakkaalle tilausvahvistuksen, piirustukset autosta ja auton arvioidun valmistumisaikataulun. Tilaus on vahvistettu ja seuraavat vaiheet voivat alkaa.

Myyntin tehtävänä on seuraavaksi tehdä työlista. Työlista noudattaa hyvin pitkälti myyntin antamaa korityöselvitystä asiakkaalle sekä, tarkempaa informaatiota, jota tuotannossa tarvitaan. Myyntin tehtävänä on myös luoda työlista ostolle. Tätä ennen erikoisemmissa tapauksissa pidetään asiakkaan kanssa korityöpalaveri tehtaalla. Korityöpalaverissa pyritään suunnittelemaan auto pienimpiin yksityiskohtiin pilkkoen, jolloin asiakas saa yksityiskohtaisempaa tietoa tuotteen rakenteesta. Korityöpalaveriin osallistuu yleensä myynti ja asiakas. Kun työlista on valmis, lähetetään se tuotannolle ja ostolle tarkistettavaksi. Jos työlista hylätään jommankumman tahon vuoksi, on myyntin tehtävä lista ymmärrettävämpään muotoon. Kun lista on hyväksytty molemmilta osin, voidaan ostossa suorittaa tarvittavat materiaalilaukukset.



Kuva 20 Ambulanssivalmistuksen tilaus-toimitusprosessi

Ambulanssin valmistukseen tarvitaan usein alusta. Alustalla tarkoitetaan ajoneuvoa, johon muutostyöt tehdään. Kun tuotteena on Amarok -ambulanssi tuotteen valmistus, voidaan jakaa kahteen eri osaan, alustalle tehtäviin töihin ja moduulikoppiin tehtäviin töihin. Tuotteen aikataulu riippuu enimmäkseen alustasta. Mikäli, alusta toimitetaan myöhässä, kuormitetaan työ tuotantoon uudelleen ja ilmoitetaan asiakkaalle mahdollisesta viivästymisestä. Jos alustan tiedetään saapuvan hieman myöhässä, voidaan käytännössä työ moduulikopille aloittaa, jotta aikataulu asiakkaalle ei kärsisi.

Ambulanssin valmistus on sekä funktionaalinen että linjamainen. Suurin osa tuotteen kokoonpanosta tehdään linjalla ja muu kokoonpanotyö tapahtuu esivarustelussa. Tuotteet valmistetaan asiakkaan tilauksesta, joten yritys toimii tilausohjautuvasti. Tilauksien perusteella luodaan karkeasuunnitelma tuotannon kuormituksesta.

Hienokuormitus tehdään yhdessä tuotantopäällikön kanssa. Linjalla on yhteensä 8 työeli linjapistettä, jotka ohjaavat omaa toimintaansa. Linjaa ennen on esivarustelutyöpiste, jossa osia valmistellaan linjalle suuremmiksi kokonaisuuksiksi. Linjan alkupäässä on alkuvarusteluksi kutsutut työpisteet, joissa moduulikopin sisään lisätään johtosarjat, ABS-osat seinille ja kattoon, lattian lasikuituosat ja polttoainesyötön tarvittavat lisäosat. Tämän jälkeen kopin sisälle ruiskutetaan polyurealla muovipintainen lattia. Lattian ruiskutuksen jälkeen alusta ja moduulikoppi liitetään yhteen. Tätä ennen on alusta jouduttu valmistelemaan yhdistämistä varten.

Alustan saapuessa sille tehdään alkutarkastus. Alkutarkastuksessa tutkitaan auton kunto ulkoa ja sisältä, sekä kirjataan sen mukana tulleet varusteet. Tarkastuksessa myös katsotaan autoon autotehtaan jälkeen asennetut järjestelmät esim. ilmajousitus, alustan jatko ja muita mahdollisia lisäyksiä. Tarkastuksen jälkeen alusta pysäköidään tehtaan pihalle tai se vastaanotetaan heti tuotantoon. Alustatyöt tehdään pääosin tehtaan metallipuolella. Amarok -ambulanssin tapauksessa alustaan tehdään suuria muutoksia. Amarok tulee tehtaalle 4-ovisena, josta puretaan aluksi lava ja otetaan takavalot talteen. Ohjaamon takaovet ja takapenkki irrotetaan ja ohjaamosta sahataan takaosa pois. Sahattuun osaan hitsataan ja niitataan vahvikkeet, joilla myöhemmin osittain kiinnitetään moduulikoppi alustaan kiinni. Alustan koodaus vaihdetaan, jolloin poistetuista elementeistä ei tule ongelmia ajoneuvon diagnostiikkajärjestelmän kanssa. Alustan runkoon lisätään hitsaamalla tukirakenteita moduulikoppia varten. Viimeisenä alustaan asennetaan letkut moduulikopin ilmastointia ja lämmitystä varten sekä sähköjohtosarjat ja muut komponentit.

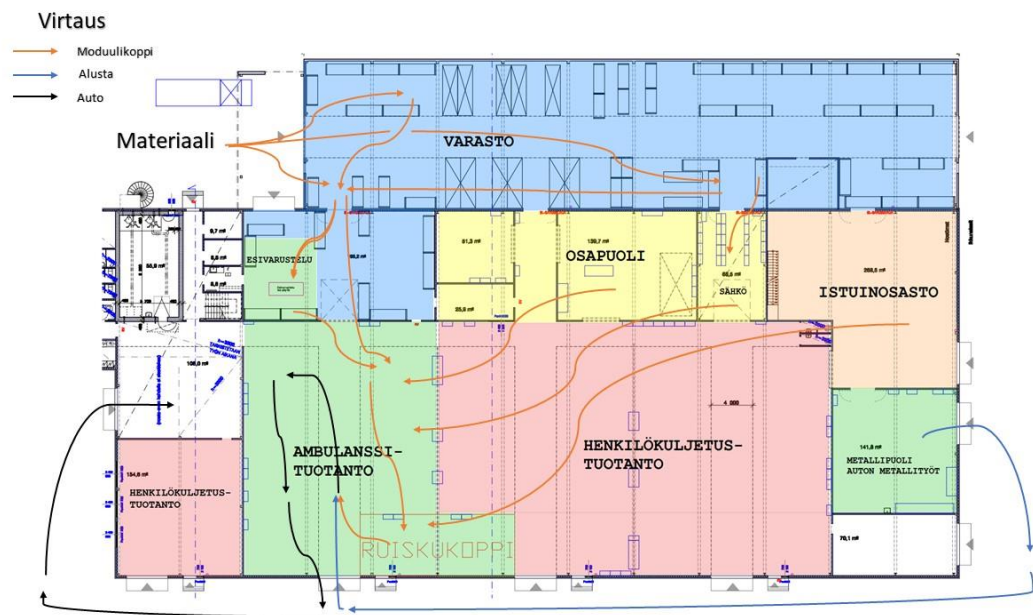
Kun alusta ja moduulikoppi on liitetty toisiinsa, tehdään alustan alla olevat työt nosturilla, kuten kopin lopullinen kiristys alustaan. Auton alla liitetään moduulikopin sähköjohtosarja alustassa olevaan sarjaan sekä tehdään tarvittavat yhteydet auton omaan sähköjohtosarjaan. Ilmastointi ja lämmitys letkut viimeistellään viimeisenä auton ollessa nosturilla. Nosturilta auto siirtyy viimeisiin linjan työpisteisiin, joita kutsutaan loppuvarusteluksi. Loppuvarustelussa autoon lisätään loput komponentit kuten paarialusta, istuimet, etukatto, poskipalat ja takahyllykkö.

Kun auto on valmis, se siirretään pestynä esittelytilaan, jossa auto lopputarkastetaan. Lopputarkastuksesta täytetään raportti ja mahdolliset korjattavat kohdat. Jos korjattavia kohtia löytyy, arvioidaan korjaustarpeet ja siirretään tarvittaessa auto takaisin tuotantoon, jos suurempia puutteita löytyy. Pienet korjaukset voidaan suorittaa paikan päällä esittelytilassa. Kun lopputarkastus on suoritettu ja korjaukset on tehty, on auto siivottava. Alustava siivous on suoritettu tuotannon puolesta ja loppusiivous tehdään tehtaan siivoojan toimesta. Siistimistyön valmistuttua auto on valmis luovutettavaksi

asiakkaalle. Jos asiakas tulee noutamaan auton, hänen kanssaan tehdään positiokohtainen tarkastus autolle ennen luovutusta ja varmistetaan että kaikki on oikein. Asiakkaan hyväksynnän jälkeen työ dokumentoidaan, tarvittavat paperit arkistoidaan ja työlistä palautetaan myynnille laskutukseen.

4.4 Layout ja materiaalivirrat

Tässä luvussa havainnollistetaan kohdeyrityksen tuotannon nykytilaa ja kerrotaan yleisesti muiden osastojen toiminnasta. Tulevan layout suunnittelun kannalta on tärkeää, että alkuvaiheessa tehty kartoitus on suoritettu perusteellisesti. Tähän kartoitukseen luotiin vanhan layout piirustuksen pohjalta uusi cad kuva, johon hahmoteltiin eri osastot. Luvuissa 3.1 ja 3.4 kuvattiin tuotannon toimia, jota voi käyttää tukena layoutin parempaan hahmotukseen. Kartoituksen yhteydessä tehtiin myös tilavaraus kartoitus, jotta voitiin olla varmoja siitä mitä tiloja voisi tulevaisuudessa hyödyntää. Kohdeyrityksen tilat on rakennettu 2008 ja ovat siitä asti toimineet hyvin samanlaisena. Ambulanssituotanto toimii täysin tilausohjautuvasti, eikä ambulansseja tehdä varastoon. Ambulanssituotannon nykytilan layout sekä samaan kuvaan piirretty materiaalivirtaushahmotelma on kuvattuna alla (Kuva 21).



Kuva 21 Ambulanssituotannon materiaalivirtauksen nykytila

Rakennus on yhteispinta-alaltaan noin 4000 m² ja tuotannollista pinta-alaa tästä on noin 3000 m² ja varastoa 1000 m². Hallissa ei ole yhtään siltanosturia, joten kaikki materiaalin siirrot tapahtuvat käsin tai trukilla. Työ tuotannossa on pitkälti käsityötä, joten montaakaan konetta ei lattiailla ole. Koneita käytetään ainoastaan osapuolella ja metallipuolella. Osapuolella on puunkäsittelyyn tarvittavat koneet sekä listoituskone.

Metallipuolella taas metallinkäsittelyyn tarvittavat koneet, kuten MAG hitsauskone, pylväsporakone, hiomanauhakone, prässi, leikkaus- ja taivutuskalustoa.

Layoutiin on hahmoteltu ainoastaan paikallaan olevat hyllyt. Kuvan 21 mukaan siitä saattaa saada vääristyneen käsityksen, sillä todellisuudessa arviolta 70 % punaisesta ja vihreästä alueesta oli alustojen tai koppien peittämiä. Toisin sanoen täynnä keskeneräistä tuotantoa. Näin ollen vapaan tilan määrä ei vastaa kuvassa näkyvää. Materiaalivirta on kuvattuna lähes kokonaan. Materiaali tuodaan sisään varaston pääovesta, josta se hyllytetään moneen paikkaan. Tämä on jäännös vanhasta käytännöstä, jolloin varastoitiin enemmän ja tilaa ei ollut. Pientä tavaraa puretaan lavoilta tavarat tullessa ja niitä hyllytetään eri paikkoihin.

Ambulanssivalmistukseen liittyvä materiaalivirta alkaa tavarat lähtettämisestä toimittajalta tai saapuvan tavarat vastaanottamisesta. Osa yrityksen alihankkijoista toimii tilausohjautuvasti. Näissä tapauksissa Tamlans lähettää alihankkijalle tilauksen, joka käynnistää alihankkijalla prosessin. Merkittävin näistä alihankkijoista on alustan tai kopin maalaus. Koppi tulee pääsääntöisesti valmiiksi keltaisella tai valkoisella geelillä pinnoitettuna, mutta alusta saapuu aina valkoisena. Alusta puretaan osittain maalarin työn helpottamiseksi. Osa puretuista osista, jota ei maalata, säilötään hikkiin yrityksen toimitiloihin maalauksen ajaksi. Maalarilla auto käytetään maalarin omalla lavettiautolla, joka tulee noutamaan auton tilauksen jälkeen.

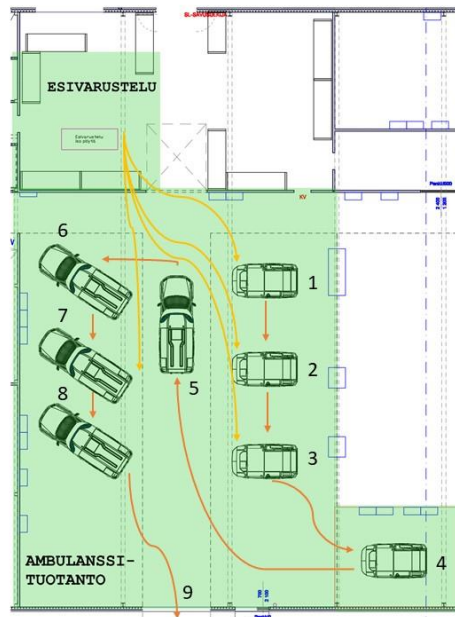
Yritykselle tuleva materiaali voi tulla alihankkijalta tai toimittajalta. Saapuvaa materiaalia on montaa eri kokoa. Suurimmat materiaalit, kuten kopit ja levytavara vastaanotetaan pihassa trukilla rekasta purkaen. Tällaiset materiaalit menevät usein suoraan käyttöön tai ne varastoidaan ulos. Levytavara varastoidaan puupuolelle, missä sitä pääsääntöisesti myös käytetään. Pienempi materiaali tulee yleensä lavalla tai pienissä pahvilaatikoissa. Tavara vastaanotetaan varaston lattialle, josta se siirretään hyllyyn mahdollisimman nopeasti. Tavarat vastaanottaa varastomies. Materiaaleille ei ole määrättyä paikkaa, joten varastomies etsii vapaan paikan mihin materiaali voidaan laittaa. Hän yrittää saada materiaalit varastoitua siten että ne olisivat mahdollisimman lähellä todellisia käyttäjiä. Välillä materiaali tuodaan suoraan linjalle. Materiaali, joka on projektikohtaisesti tilattu, varastoidaan aina projektihyllyyn.

Ambulanssi tarvitsee useita osia. Sisäisesti niitä valmistetaan viidessä eri paikassa: esivarustelussa, osapuolella, sähköpuolella, istuinosaastolla ja metallipuolella. Varastoalueilta työntekijät hakevat pääsääntöisesti materiaalin itse. Ambulanssivalmistuksessa iso osa materiaalista kiertää esivarustelun kautta. Esivarustelu hakee puolet tarvittavista osista varastosta ja puolet osista on varastoitu

heidän työpisteelle hyllyihin. Kun esivarustelun työntekijä ei saa tuotetta itse varastohyllystä hän kutsuu varastomiehen nostamaan lavan ylempää ja ottaa lavalta tarvitsemansa materiaalin. Materiaalin liikuttelu tehdään käytännössä noin 80 % käsin ja noin 70 % siirroista hoitaa linjalla olevat työntekijät. Osa materiaaleista tarvitaan suoraan linjalla, jolloin hakijana toimivat linjalla olevat työntekijät. Materiaali haetaan tuotantoon vasta kun sitä tarvitaan. Toimintatapa on sama kuin esivarustelun kanssa, eli jos tavara on niin korkealla, ettei työntekijä saa sitä kuin trukilla, pyytää hän varastomiehen apuun. Osa- ja sähköpuolella sekä istuinosastolla suurin osa tarvittavasta materiaalista on varastoituna lähelle hyllyyn, mutta välillä tavaraa haetaan myös varaston puolelta omatoimisesti. Metallipuolella, jossa alustan työvaiheet tehdään, on kaikki materiaali varastoitu paikan päälle. Alustaa siirretään aina ajamalla, joten auto joudutaan aina käynnistämään, jos sitä halutaan siirrellä.

Suuret jälkeempäin koppiin kiinnitettävät osat käyvät esivarustelun kautta, sillä niihin lisätään pienempiä osia mitkä voivat olla kiinni jo asennettaessa. Jalostetut materiaalit siirtyvät esivarustelun työpisteeltä linjalle linjatyöntekijöiden hakiessa ne. Kun osat on asennettu koppiin liikkuvat ne kopin mukana aina linjatyöpisteeltä seuraavalle. Muutamat osat tarvitsevat sähköpuolen varustelua sekä esivarustelua, jolloin sähköpuolen varustelu tehdään ensin ja osa siirretään sen jälkeen tuotannossa esivarusteluun. Osapuolella tehdään ambulansseihin kaapistot, hyllyt ja vaneriset vahvikepalat. Materiaali siihen löytyy osapuolen omista hyllyistä ja jalostetut osat jätetään osapuolen hyllyyn odottamaan tuotannon linjan tarpeita ja linjalta tekijää, joka hakee tuotteen. Istuinosastolla toimitaan samalla tavalla. Materiaali löytyy pääosin läheltä tai varastosta ja osat tehdään valmiiksi odottamaan linjatyöntekijöitä. Istuimet säilötään tehtaalla lattialla tai istuimille tehdyn vanerisen liikkuvan alustan päällä. Sähköpuolella toimitaan hieman eri lailla. Osat kasataan valmiiksi hyllyyn odottamaan asennusta. Kun asennuksen aika koittaa lähtee sähköpuolella työskennellyt henkilö asentamaan osat. Sähköesivarustelua tarvitsevat osat tehdään, kuten yllä on kuvattu, mutta muut sähköosat viedään pahvilaatikossa linjalle odottamaan asennusta ja ne siirtyvät aina kopin tai auton mukana pisteeltä seuraavalle ennen kuin kaikki osat on käytetty. Ambulanssin linjan loppupäässä tehdään autoon asennetun ylimääräisen ilmastoinnin koekäyttö ja kylmäaineen lisääminen. Tämä on alihankkijalta tilattava työ, jossa alihankkija tulee tarvittavan materiaalin kanssa ja suorittaa tuotteen jalostamisen paikan päällä. Tämä edellyttää, että alusta ja koppi on yhdistetty jo toisiinsa. Melko lopussa tehdään usein myös auton alustan suojaus alihankkijalla yrityksen tilojen ulkopuolella. Auto viedään sinne kahden työntekijän toimesta iltapäivällä ja aamulla varhain haetaan takaisin. Auto tuodaan suojauksesta loppupäähän linjaa, jossa tehdään tarvittavat viimeistelyt. Linjan

loppupäästä auto siirretään pesuhallin kautta esittelytilaan, jossa valmis ambulanssi lopputarkastetaan. Lopputarkastuksen jälkeen auto siirtyy ulos odottamaan noutoa.



Kuva 22 Ambulanssituotantolinja

Ambulanssituotanto voidaan jakaa osiin siten että funktionaalinen ja linjamainen tuotanto on eroteltuna. Funktionaalisia osia ovat esivarustelu ja sähköesivarustelu, osapuoli, istuin osasto ja metallipuoli. Muuten tuotanto on linjamainen, kuten voidaan todeta yllä (Kuva 22). Kuvassa oranssit nuolet osoittavat ambulanssin valmistuksen kopista valmiiksi autoksi. Kuvassa olevissa numeroiduissa kohdissa 1-3 koppiin asennetaan sisälle kaikki tarvittava, esim. seinät ja lattia ennen lattiamateriaalin ruiskutusta. Kohdassa neljä tehdään lattiamateriaalin ruiskutus. Kohdassa 5 koppi ja alusta yhdistetään toisiinsa, eli pääsääntöisesti kohdassa auto on aina vain hetken. Kohdassa 6 tehdään nosturilla tarvittavat työt. Kohdissa 7-8 tehdään loppuvarustelu autoon ja kohdassa 9 auto ajetaan lopputarkastukseen. Keltaiset nuolet osoittavat esivarustelusta tulevien osien asennuspisteet. Jokainen Amarok -ambulanssi tuotetaan aina samaa linjaa pitkin, joka luo haastetta sillä ambulansseissa on hieman variaatiota sisätiloissa.

Nykyinen layout on ajautunut yllä kuvattuun muotoon tilanpuutteesta johtuen. Layoutia ei ole helppo muuttaa sillä henkilökuljetuspuolellakin on tilauskanta kasvanut vaatien lisää tuotantotilaa. Tulevaisuudennäkymät ambulanssipuolella ovat myös hyvät ja tavoitteena on kasvattaa yritystä ja näin ollen myös tiloja. Tutkimukset ovat paljastaneet, että materiaalivirtauksien ja rajallisen säilytystilan puutteesta ei tulla tulevaisuudessa pääsemään tarvittaviin vaiheikoihin. Vapaata kapasiteettia ei enää ole, joten tilaratkaisuja on muutettava. Haasteita luo myös ambulanssien pieni variaatio tarve.

5. TUOTANNON ANALYSOINTI JA KEHITYSKOhteET

5.1 Autoetnografisen aineiston analyysi ja kehityskohteet

Päiväkirjaan sekä haastatteluihin perustuvat tutkimukset havainnointi tasolla ovat osoittaneet monia kehityskohteita kohdeyrityksessä. Kehityskohteet on kerätty käyttäen hyväksi 5 x miksi-analyysia, z-mallia sekä SWOT-analyysia. Kappaleissa on esitetty muutama esimerkki tehdyistä analyyseista. Kohteet on pyritty kokoamaan taulukkoon, jossa ne on jaoteltu isompiin kokonaisuuksiin, yksittäinen kohde on nimetty otsikko tasolla ja sen perään on kirjoitettu tarkempi kuvaus. Näiden tutkimuksien perusteella kehityskohteita on pääsääntöisesti tuoterakenteessa, tuotannonohjauksessa, tuotantomenetelmissä, varastossa ja logististiikassa, informaation tuottamisessa, materiaalien käsittelyssä ja laadussa. Kehityskohteet perustuvat pääosin Lean-oppien teoriaan ja havainnoijan monivuotiseen kokemukseen tuotannonkehityksessä.

5.1.1 Tuoterakenne

Tuoterakenteesta löytyy monia puutteita. Tuoterakenne on pitkä lista materiaalia ja osakokonaisuuksia, varsinainen rakenne puuttuu kokonaan. Kehityskohteet ovat nähtävissä alla olevassa taulukossa.

Taulukko 1 Tuoterakenteen kehityskohteet

TUOTERAKENNE	
1	rakenteen esittely tuotantoon ymmärrettävästi
2	rakenteen yksinkertaistaminen tuotannon ja myynnin helpottamiseksi
3	peruskorityön löytäminen
4	massan lisäys rakenteen materiaaleille
5	nimikkeiden versiohallinta

Kohdeyrityksessä on päätetty, että tuotannossa käytetään myyntitilausta pienin lisäyksiin tuotannon työlistana. Tuoterakenne palvelee käytännössä vain myyntiä, ostoa ja varastonhallintaa. Tuotannossa vain harvat tietävät, mitä ambulanssin rakenne pitää sisällään. Tästä syystä tuotannossa on hankala ymmärtää etenkin uusia kokonaisuuksia ja uudempien työntekijöiden myös vanhoja kokonaisuuksia. Asiaa voidaan verrata esim. siihen, että työntekijälle annettaisiin työlista, jossa lukisi, että valmista porakone. Lisäksi annettaisiin siihen tarvittavat materiaalit, jotka ovat muiden materiaalien joukossa ja

muita ohjeita ei annettaisi. Informaation puute aiheuttaa tuotannossa turhaa ihmettelyä ja odottamista. Rakenteesta pitäisi selvittää nk. peruskorityö, josta myynnissä lähdetään aina liikkeelle ja siitä ei poikettaisi. Se tulisi olla kaikille selvä ja näkyvä myös ERP:ssä. Tuoterakenne tulisi olla hallittavissa myös versiopäivitysten osalta. Tällä hetkellä versiopäivitys näkyy ainoastaan cad-piirustuksista, jos toimeksianto on annettu eteenpäin, sillä palvelu on ulkoistettu.

5.1.2 Työpisteet

Tuotannon työpisteet ovat epäselviä ja monet tuntuvat työskentelevän eri paikoissa. Työpisteet täytyisi vakioda ja tekeminen niissä rajattava. Tämä johtuu osittain tehtaalle juurtuneista työtavoista ja selkeyttämättömästä layoutista.

Taulukko 2 Työpisteiden kehityskohteet

TUOTANNON SELKEYTTÄMINEN	TYÖPISTEIDEN	
1		tuotannon layout
2		vaihekohtainen tekeminen (vaiheiden määrittäminen ja selkeyttäminen)
3		merkkaukset lattiaan / varastoon

Tuotannon layout tulisi lukita varustelupaikkojen suhteen ja työpisteet tulisi rajata maahan teipein. Tämä estäisi alustojen tai koppien parkkeerausta sopimattomiin paikkoihin. 5S:n soveltaminen voitaisiin aloittaa ja työkalutaulut ja työntekijöiden omat pakit olisi hyvä merkata työkalujen osalta dymo-tarroin ja samalla poistaa niistä kaikki ylimääräinen. Työpisteiltä tulisi löytyä siinä vaadittavat tehtävät ja ohjeistus näihin tehtäviin.

5.1.3 Tuotannonohjaus

Tuotannon työntekijöistä monet ovat itsenäisiä tekijöitä. Tämä helpottaa tuotannonohjausta, mutta saattaa myös viedä sitä suuntaan missä lopulta ohjausta ei enää oteta vastaan. Useimmat tekijät ovat olleet yrityksessä jo useita vuosia ja tietty itsenäisyys ja varmuus omaan työhön on saavutettu. Tämä on teoriassa hyvä asia, mutta johtaa myös välillä liian itsenäisiin päätöksiin ja näin ollen saattaa johtaa tilanteeseen, joissa muita ei huomioida.

Taulukko 3 Tuotannonohjauksen kehityskohteet

TUOTANNONOHJAUKSEN PARANTAMINEN	
1	Tuotannon eri vaiheiden ohjaus
2	Tuotannon visuaalinen ohjaus

3	(Työnjohtaja)/Tuotantoinisinööri
4	Ihmisten hyvinvoinnin parantaminen

Tuotannossa tekemistä ohjataan hyvin vähän. Asia selitetään perustellen, että tekijät ovat ammattitaitoisia ja tietävät mitä ja missä järjestyksessä tekevät. Tämä pitää osittain paikkansa, mutta se mikä jätetään huomioimatta, on yhteistyön ohjaus. Yksittäinen työntekijä voi tehdä oman osansa hienosti aikatauluun, mutta jos hän tarvitsee joltain muulta osastolta apua työn loppuun saamiseksi, on apua unohdettu pyytää tarpeeksi ajoissa. Tähän tarvitaan tehokasta työnjohtoa. Ambulanssituotannossa on aloitettu pystyttämään linjatuotantoa, tämä on kuitenkin jäänyt kesken ja vaiheiden jakaminen linjan työpisteisiin on suurelta osin tekemättä.

Visuaalinen ohjaus on jäänyt hyödyntämättä tuotannossa. Visuaalisella ohjauksella voidaan työn tehokkuutta ja mielekkyyttä parantaa huomattavasti. Tämän tyyppisen ohjauksen voisi esimerkiksi rakentaa esivarustelun ja tuotantolinjan välille, jolloin linjalla näkisi heti kun esivarustelusta valmistuu tuotteita töille. Myös istuimien tarvetta linjalla voisi ohjata visuaalisesti. Istuinosastolle tulisi aina jokin merkki, kun istuimia tarvittaisiin.

Myynnin ja tuotannon välissä ei ole henkilöä, jolla riittäisi aika selvittää myynnin aiheuttamia tuotannon haasteita. Kuten tässä työssä aikaisemminkin mainittu, ambulanssit eivät aina ole standardoituja vaan asiakaskohtaista räätälöintiä saattaa olla paljonkin. Ongelmana on, että myynti ei ole tähän asiaan kiinnittänyt tarpeeksi huomiota vaan saattaa myydä asiakkaalle epähuomiossa sellaista, mikä vaatii tuotannossa tuotekehitystä. Tämä tuotekehityspyyntö ei tule ajoissa tuotannolle, vaan vasta siinä vaiheessa, kun tuotetta pitäisi alkaa rakentaa. Tämä aiheuttaa käytännössä aina suuren aikatauluhaasteen tuotannossa.

5.1.4 Tuotantomenetelmät

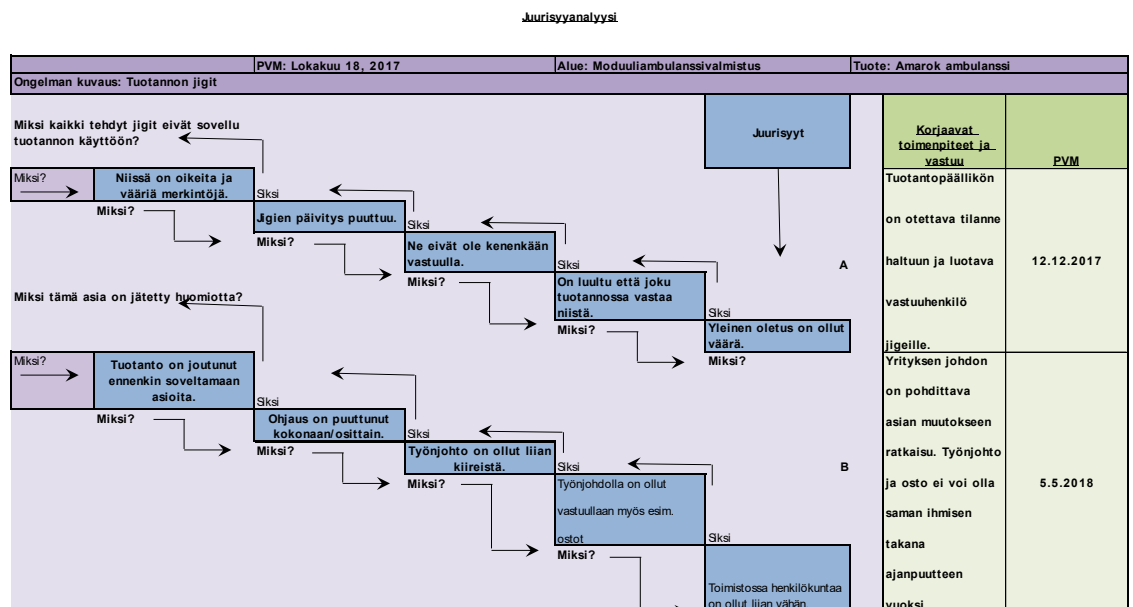
Tuotantomenetelmät viittaavat varsinaiseen työhön ja sen sujuvuuteen menetelmiä ja työtapoja tarkastellen. Kohdeyrityksessä menetelmät perustuvat käsin sekä käsin työkaluja apuna käyttäen tehtävään työhön. Käsityökalut ovat valmistajilta suoraan saatavia työkaluja. Nuo työkalut käyvät suurimpaan osaan tehtävistä hyvin, mutta jos halutaan tehostaa toimintaa, on myös rakennettava omia työkaluja. Työkaluja on joko rakennettava täysin itse tai muokattava valmistajien standardityökaluista.

Taulukko 4 Menetelmien kehityskohteet

TUOTANNON MENETELMIEN PARANTAMINEN	
1	saumauksen kehitys
2	jigien lisäys / parannus / päivitys

3	työkalujen kehitys
4	vaihekohtaisten työohjeiden laatiminen ja käyttöönotto
5	vaihekohtaiset työkaluluettelot

Jigit liittyvät tuotantomenetelmiin useimmiten. Jigien käytöstä ja säilytyksestä on vaihtelevia tapoja tuotannossa ja tämän takia asiat otettiin tarkasteluun juurisyyanalyysin avulla. Analyysi on esitetty alla (Kuva 23). Työn standardoiminen on jatkuvaa kehitystä mitä yrityksessä pyritään suorittamaan ja tämä on suoraan yhteydessä tuotannon tehokkuuteen. Kun asennettavien kokonaisuuksien paikat ovat aina samoilla kohdilla on jigit helppo ottaa tuotannossa käyttöön. Jigien käyttö nopeuttaa asentamista ja tekijä, joka ei yleensä asenna jotain tuotetta voi myös jigien avulla saada sen asennettua.



Kuva 23 5 x miksi analyysi tuotannon jigeistä

Tuotantomenetelmien standardointi on tärkeää työn sujuvuuden kannalta. Standardointia pystytään lisäämään ohjeistamalla ihmisiä tekemään asiat samalla tavalla. Tämä vaatii usein tueksi työohjeet. Työohjeet olisi tehtävä erikseen mahdollisimman pienistä kokonaisuuksista, jotta ne olisi helppo sisäistää. Tekemällä ohjeet koko ambulanssin valmistuksesta ei ole kannattavaa, vaan esim. vaihekohtainen ohjeistus olisi tässä tapauksessa järkevää.

5.1.5 Varastonhallinta ja logistiikka

Varastonhallinnassa on suuria puutteita, pääkehityskohteet ovat esillä alla, Taulukko 5. Taulukon kehityskohteet on kerätty mm. käyttäen SWOT-työkalua (Kuva 24). Varastossa hyllyt ovat nimetty korkeintaan koko hylly kohtaiseksi esim. hylly 1, tähän kuuluu

kokonainen kuormalavahylly. Osa hyllyistä ei ole nimetty ollenkaan. Tavara vastaanotetaan pääosin ERP järjestelmään, jolloin se kirjautuu saldoille, mutta laitetaan fyysisesti varastoon kirjaamatta varastopaikkaa ylös. Tällöin tavaran löytäminen myöhemmin hankaloituu. Materiaalilla ei ole myöskään päävarastoa tai varastopaikkaa nimettynä, jolloin tietäisi, että missä pääsääntöisesti osa olisi. Tarkempi tutkimus osoitti, että noin 50 %:lla ambulanssinimikkeistä ei ole varastopaikkaa nimettynä ja noin 30 %:lla ei ole varastoa nimettynä.

SWOT ANALYYSI

Tamlans varasto ja varastotoiminnot – 3.11.2017

S	Strengths - vahvuudet <ul style="list-style-type: none"> • Läpiajettava varasto, helppo kulku trukilla jokaiselle hyllylle • Varastotilat ovat riittävät • Toimivat hyllyt • Varastojen sisään/ulos kulut ovat riittävät, 4 kulkupaikkaa varastosta tuotantoon • Pääkulkutiet yleensä avoinna • Varaston turvallisuus, ei tapaturmia varastossa 	W	Weaknesses - heikkoudet <ul style="list-style-type: none"> • Varastopaikkojen merkinnät nimikekohtaisesti • Hyllymerkinnät puutteellisia • Projekti tavaraa ja bulkki tavaraa samoissa hyllyissä • Romun määrä varastossa, romu vie tilaa muilta varastoitavilta nimikkeiltä • Kylmä tila talvella ja kuuma kesällä • Materiaalin paikkakoodaus Matfoxissa väärin • Materiaalisaldot eivät pidä paikkansa • Varastomiehen poissaolo materiaalin haun vuoksi • Sähkötrukilla ajettava tuotantoon ulkopuolelta, talvella tämä ei välttämättä ole mahdollista
O	Opportunities - mahdollisuudet <ul style="list-style-type: none"> • Varaston järjestäminen, siivotaan romut pois • Hyllypaikkojen tarkempi nimeäminen • Projektille tilattavien lasikuituosien järjestely ja vanhojen hävittäminen • Keräily aloittaminen 	T	Threats - uhat <ul style="list-style-type: none"> • Tavarantoimitus monesta ovesta, vaarana esim. saldojen hallittavuus • Tavarantoimitus muiden työntekijöiden toimesta

Kuva 24 SWOT-analyysi varastosta

Tuotteen nimikkeistössä on pieniä puutteita, joka haittaa tuotantoa ja varastointia. Tuotannossa on hyllyillä täysin nimikkeettömiä tuotteita, joita asennetaan ambulanssiin. Tällaisia nimikkeitä on noin 20 % koko oletetusta ambulanssinimikkeistöstä. Kohdeyrityksessä on tuotteita, joita asennetaan autoon, joita ostoa tilaa, mutta niistä ei ole mitään seuranta ERP:ssä. Tämä on asia, joka olisi syytä laittaa kuntoon ensimmäisten joukossa.

Taulukko 5 Logistiikan kehityskohteet

VARASTONHALLINNAN KEHITYS	
1	varastopaikat kaikille nimikkeille
2	varastosaldojen ajantasainen seuranta
3	tuotannossa varastoitavien kohteiden määrittäminen

4	toimittajien pakkauskäytäntöjen ja tapojen sopiminen

Kun saldot lisääntyisivät materiaalin vastaanotossa ERP:iin, seuraava haaste olisi materiaalin poistuminen saldoilta. Sitä ei tällä hetkellä tapahdu ollenkaan, eli materiaalien saldot korjaantuvat ainoastaan inventaarioiden ohessa.

Materiaalin säilytystä haittaa myös toimittajien paketoitavat. Pakkaustavat ovat epäsäännöllisiä. Esimerkiksi, jos tavara sopisi EUR-lavalle, sitä ei käytetä, vaan tavara pakataan itse tehdylle lavalle, joka ei mahdu normaaliin kuormalavahyllyyn.

Sisälogistiikka on oston ja tuotannon väliportaana. Kohdeyrityksen varastoa ja sisäistä logistiikkaa hallinnoi yksi työntekijä. Hänen vastuullaan on tavaran vastaanotto, hyllytys, varaston ylläpito ja kehitys sekä lähettäminen. Varastomiehen työtä seuratessa voidaan huomata ylityöllisyyttä aika ajoin, jolloin varaston ylläpito jää suorittamatta. Varastomiehen ajan riittävyyttä voidaan helpottaa kehittämällä varastointia. Kuten luvussa 3.5.5 kuvailtiin varaston tilannetta, hyllyt ovat osittain merkattu ja merkkkaus on tehty vain hyllykohtaisesti numeroimalla. Nimikkeistä ERP-järjestelmässä noin 50 % on kirjattu koneelle tietyille hyllypaikalle. Todellisuudessa varastomies ei usein käytä järjestelmää muuta kuin tavaran vastaanottamisessa ja hyllyttää ne sinne missä on tilaa tai sinne mihin hän muistaa niiden kuuluvan. Tämä aiheuttaa sen, että tuotannossa etsitään tavaroita vähän väliä ja tilataan tavaraa uudestaan koska ei löydetä vastaavia tavaroita. Kehitettävää toiminnassa on paljon.

5.1.6 Materiaalivirrat

Tuotteen valmistuksessa linjalla asennettavat komponentit eivät ole asennettu aina samassa työpisteessä vaan osien asentaminen menee epäsäännöllisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että eri työntekijät hakevat osia varaspaikoilta ja heille on usein epäselvää mistä osat haetaan. Epäselvyys tulee siitä, että työntekijä ei ole välttämättä koskaan hakenut ennen kyseistä materiaalia tai siitä että varastomies on laittanut sen toiseen paikkaan kuin aikaisemmin. Materiaalin virtaus on työntekijöille vaikeaa hahmottaa, kun aina toimitaan eri tavalla kuin ennen. Yhteiset pelisäännöt ovat puutteellisesti sovittu. Asia mikä aiheuttaa lisää sekaannusta on projektikohtaiset tavarat. Varastomies ei vastaanottaessa tiedä, mikä tavara on projektikohtaista ja mikä ei. ERP-järjestelmässä on nimikekohtaisesti merkattu projektitavarat. Projekteille merkatut tavarat eivät kuitenkaan ole sellaisia, jotka pitäisi varastoida projektihyllyyn vaan info on ainoastaan ostajalle. Tämä aiheuttaa sekaannusta prosessiin.

Tuotantovolyymit ovat viime vuosina kasvaneet sekä henkilökuljetus- että ambulanssituotannossa. Tämä on ajanut tuotannon ahtaalle. Tämän vuoksi tuotannossa on jouduttu tekemään kompromisseja tilan suhteen, eivätkä ratkaisut ole enää ideaalisia. Amarok -ambulanssituotanto on saanut oman alueensa, mutta se on kuitenkin rajallinen ja kaipaisi enemmän tilaa, jotta materiaalivirrat voitaisiin suunnitella tehokkaaksi.

5.1.7 Informaatio

Informaatio on laaja käsite, mutta tässä yhteydessä sillä tarkoitetaan toimiston ja tuotannon välistä informaatiota, kohteet nähtävillä alla, Taulukko 6. Informaation sisältöä tulisi kehittää, jotta tuotannon tehokkuutta voisi nostaa. Suurimpina haasteina on mahdollisten muutoksien informoiminen tuotantoon toimiston puolelta ja toisaalta materiaali puutteiden ja muiden ongelmien viestiminen tuotannosta toimistoon. Materiaali puutteiden informaatiossa on tällä hetkellä ongelma, sillä oikean henkilön tavoitettavuus on heikolla tasolla. Osa puutteista jää muistin varaan ja lopulta saattaa unohtua kokonaan ennen kuin samaa materiaalia taas kaipaisi.

Taulukko 6 Informaation jakoon liittyvät kehityskohteet

INFORMAATION JAKAMINEN	
1	muutokset tuotannon tietoon mahdollisimman nopeasti
2	tuotannosta viestit helposti toimistoon (materiaali puutokset, ongelmat, jne.)
3	PC pohjainen vaihekuittaus

Tuotannonohjaus kaipaa myös informaation jakoa molemmin puolin. Tällä hetkellä tuotannossa ei ole vaihekuittaus järjestelmää. Ambulanssin rakentaminen kestää noin kolme viikkoa, jolloin valmistusaika on niin pitkä, että vaihekuittausjärjestelmä tarvittaisiin helppoon informaationjakoon.

Merkittävä syy odottamiseen tuotannossa on myynniltä tulevien työlistojen epäselvyys. Tuotantoon vietävässä työlistassa ei joko kerrota tarpeeksi asennettavasta kohteesta tai informaatio on muuten puutteellista. Kohdeyrityksessä tuotantoon annetaan sama listaus, minkä myynti tekee asiakkaalle. ERP-järjestelmässä on myyntitilauksen riveillä yhden nimikkeen takana aina kolme muistiota. Ensimmäinen muistio on asiakasta varten, toinen muistio tuotantoa varten ja kolmas muistio ostoa tai nimikkeen muutostietoja varten. Toiseen muistioon kirjataan aina tuotantoa varten ohjeita. Työlistat tuotantoon ovat pitkiä, noin 10-15 sivuisia listoja. Listoilla on nimike kohtaisia rivejä, jonka alle muistio 2 teksti tulostuu. Muistiossa 2 on myyntitilaukselle kirjoitettu tieto, joka kuuluu tuotannolle. Informaation vähyys aiheuttaa tuotannossa usein kysymyksiä, joihin olisi

saatava vastaus heti, muuten linja joutuu odottamaan. Osassa tapauksista informaatio täytyy saada asiakkaalta asti ja tällöin linjan pysähtyminen hetkeksi on melko varmaa. Suurimmat epäselvyydet ovat nimikkeen kokonaisuuden ymmärtämisessä ja tiettyjen materiaalien paikoituksissa. Tämän kehittämiseksi tarvitaan tietoja myynnistä, tuotannosta ja tarkempia tietoja asiakkaalta.

Yksittäiset ambulanssit ovat suuria projekteja, joissa on usein myös monenlaista vaihtelua. Vaihtelu aiheuttaa sen, että jokaisesta asennuksesta ja tuotteesta on vaikea tehdä vakioita, sillä vakioiden määrä kasvaisi liian suureksi. Kun näitä ei vakioituja tuotteita tai kokonaisuuksia myydään, olisi erittäin tärkeää selvittää etukäteen kaikki mahdollinen asennettavista komponenteista. Usein kuitenkin kohdeyrityksen tuotannossa käy siten, että uusista asennettavista tuotteista ei ole tarpeeksi otettu selvää ja tuotekehitys päättyy tuotantoon. Näin tapahtuessa hukkaa tulee sekä odottamisesta, ylimääräisestä työstöstä että mahdollisista virheistä. Odottaminen johtuu tiedon ja materiaalin myöhästymisestä. Kun uusia tuotteita myydään eikä selvitetä riittävästi yksityiskohtia etukäteen, unohdetaan usein tilata oleellista materiaaleja, mitä ilman ei kokonaisuutta saada asennettua. Kun uutta kokonaisuutta asennetaan, tulee yleensä paljon kysymyksiä asennuksista. Tyypillisimpiä kysymyksiä ovat: ”Voiko tämän asentaa näin lähelle tätä?”, ”Onko tämä hyvä näin asennettuna?” ja ”Mikä tämän käyttötarkoitus on, jotta se voitaisiin ottaa huomioon?”. Näihin kysymyksiin olisi saatava vastaus heti, jotta työ ei pysähtyisi. Ambulanssituotanto yrityksessä on linjamainen, eikä työ saisi keskeytyä ollenkaan tai kaikki linjan pisteet pysähtyvät. Pahimmillaan tilanne on, kun uusia kokonaisuuksia ei ole ymmärretty ostossa, jolloin myös materiaali puuttuu kokonaan. Kun materiaalia ei ole myynnissä määritelty tarkkaan vaan myyntitilauksella lukee esim. ”Virve-antenni katolle” ja tämä jää ainoaksi informaatioksi. Tällöin ostaminen ja asentaminen ovat vaikeaa. Ostajan on vaikea tietää, minkälainen antenni on kyseessä ja esim. minkälaiselle taajuusalueelle antenni pitää olla. Työntekijän on vaikea asentaa antennia, sillä ei tiedä mihin laitteeseen toinen pää kytketään.

5.1.8 Hankinta

Ambulanssivalmistukseen tarvittavia hankintoja hoitaa kolme henkilöä yrityksessä. Kenenkään päätehtävä ei ole ostaminen ja kaikille kolmella on myös tuotannonohjaus yhtenä tehtävänä. Tämä yhtälö kuulostaa jo haastavalta ja sitä enemmän seuratessa, asia vain vahvistui. Yhtenä ongelmana on, että ostoja ei ole rajattu henkilöiden kesken vaan osa ostoista on organisoitu siten, että ensimmäinen ehtivä tekee tilauksen. Tämä aiheuttaa sekaannusta työntekijöiden keskuudessa, sillä koskaan ei tiedä, että kuka tilaa materiaalin, kun se on vähissä. Materiaali on jaettu kolmeen kategoriaan, bulkki-,

varasto- ja projektitavarat. Pääsääntöisesti bulkkitavarat ovat tavaraa, joille ei järjestelmässä ole nimikettä ja niille on erikseen toimittajat, jotka hyllyttävät. Varastotavaralla on nimike ja sitä ostetaan varastoon. Projektitavarat ovat tavaroita, jotka ostetaan vain erityistarpeina projekteille.

Projektitavarat on jaettu ostajien kesken siten että kukin hoitaa oman työnjohdollisen jaon perusteella vastaavat ostot. Ongelmaksi muodostuu kuitenkin varastotavaroiden ostot. Sen lisäksi, että tavara loppuu, eikä tiedetä kuka uutta tavaraa tilaa, on muitakin haasteita. Osalle materiaalista ei ole lainkaan nimikettä, jolloin niiden ostoa hoidetaan sähköpostitse tai soittamalla. Vaarallisin vaihtoehto on soittaa puhelimella, jolloin tilauksesta ei jää mitään jälkeä. Tilaus ei rekisteröidy yrityksessä mihinkään, materiaalia vastaanottaessa sitä ei oteta vastaan järjestelmään, sille ei välttämättä ole määrätty projektinumeroa, johon se kuuluu, jolloin varastossa kukaan ei tiedä sen paikkaa ja huonoimmassa tapauksessa materiaali ei ikinä löydy kohdetta ja se tilataan uudestaan. Tähän liittyy osaltaan myös paljon materiaalin tarpeetonta siirtoa, sillä Ambulanssituotannon materiaalista nimikkeettömiä tuotteita on noin 10 % suhteutettuna yhden ambulanssin tarpeeseen.

5.1.9 Materiaalin käsittely ja muokkaus

Materiaalin saapuessa yritykseen vain pienelle osalle tehdään tarkastus. Tämä johtaa siihen, että tuotantoon päätyy aika ajoin viallista materiaalia. Materiaalin mukana ei ole piirustuksia, eikä välttämättä nimikenumeroakaan. Tämä aiheuttaa tuotannossa lisää ihmetystä, mitä tavaralle tulisi tehdä. Tähän tulisi panostaa enemmän, jotta viallinen materiaali ei päätyisi tuotantoon asti, vaan se saataisiin jo kiinni materiaalin vastaanottotarkastuksissa.

Taulukko 7 *Materiaaliin liittyvät kehityskohteet*

MATERIAALIN KÄSITTELY JA MUOKKAUS	
1	viallisten materiaalien tunnistaminen ja niiden vikojen korjaus
2	tavaran tarkastaminen (ainakin kriittisille A-materiaaleille)

Toinen kehityskohde liittyy materiaalin muokkaamiseen tuotannossa. Merkittävää osaa materiaalista muokataan tuotannossa, jotta se soveltuisi tuotteeseen. Tästä olisi suoritettava iso projekti, jossa jokainen muokattava osa arvioitaisiin uudelleen ja tarkastettaisiin voisiko asiaa muuttaa. Osien muokkaaminen on radikaalisti työtä hidastava tuotannon ja oston kehityskohde.

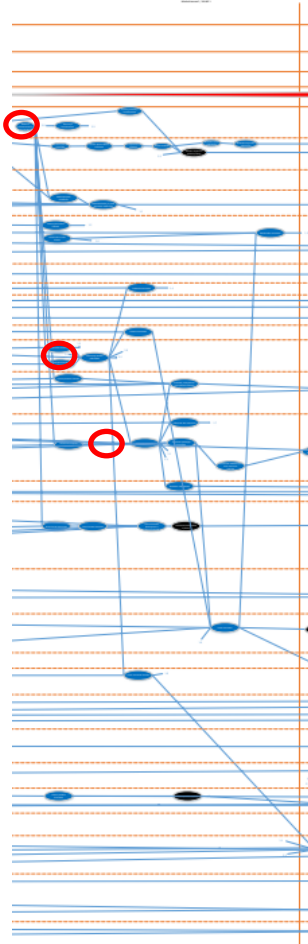
5.1.10 Laadun ylläpito

Laatupäällikkö ja muut toimistohenkilöt täyttävät reklamaatioita ERP:iin. Näitä reklamaatioita jokainen seuraa itseksensä, mutta mitään yhtenäistä toimintatapaa tai laatupalaveria ei asiasta ole. Eli toisinsanottuna mitään suurempaa systemaattista laadunseurantaa ei ole. Tässä asiassa olisi kehitettävää, jotta laatua voitaisiin arvioida.

5.2 Virtausmallin analysointi ja kehityskohteet

Kuten luvussa 2.2 esiteltiin, malli on jaettu tuotannollisesti kahdeksaan eri kokonaisuuteen linjalla, sekä kahteen esivarustelu ja yhteen purkukokonaisuuteen. Purkukokonaisuus viittaa auton alustan purkamiseen. Kaikilla näillä kokonaisuuksilla on oma työpiste missä kyseinen työ suoritetaan. Virtausmalli tehtiin koko ambulanssituotannon vaiheista. Virtausmallin kuvissa siniset ellipsit ovat tuotannon varustelua ja mustat ellipsit sähkövarustelua. Virtausmallin tueksi tehtiin lopulta kehityksen sisältävä Gantt-kaavio, jotta nähtiin tuotannon vaiheet myös aikajanalla. Tarkastellaan sitä hieman myöhemmin.

Tuotannossa on pyritty tekemään esivarustelut valmiiksi ennen tuotannon aloittamista linjalla. Täten virtausmallissa esivarustelu ja sähköesivarustelu ovat vain kolumneja, jossa luetellaan kaikki esivarustelussa tehtävät komponentit. Seuraavana tulee alustan purku. Tämä kokonaisuus on tehtävä ennen alustan viemistä maalarille. Ennen alustan purkua on varmistettava alustan vastaanotto ja tarkastus. Alustan purku kestää noin yhden työpäivän. Ideaalitulanteessa linjalla alkava tuotanto alkaisi vasta kun alusta olisi tehtaalla, mutta käytännössä tilanne ei aina ole tämä. Linjan moduuliasemalla 1 voidaan aloittaa työt samanaikaisesti, kun alusta saapuu, mutta tarpeen mukaan myös aikaisemmin. Moduuliasemalla 1 on monia tuotoksia, kuten alla näkyy (Kuva 25).

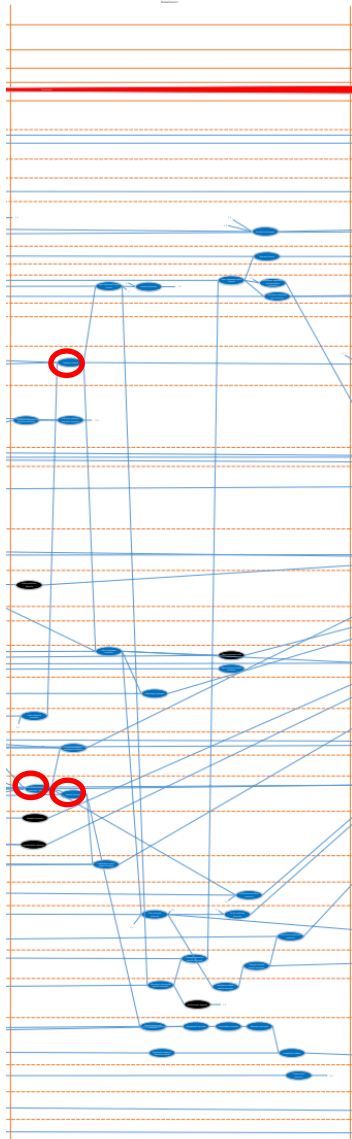


Kuva 25 Moduuliasema 1 / Vaihe 1 tuotokset ja relaatiot

Kokoonpano alkaa kopin ottamisella linjalle. Koppi on lasikuidusta valmistettu aihio, jonka ulkopinnalla on geeli pinta ja sisäpinnalla on viimeistelemätön lasikuitu pinta. Lasikuitu pinta ei jää mistään kohtaa näkyviin, joten siksi se on viimeistelemätön. Ensimmäisestä vaiheesta varmistetaan myös, että mitään ei aloiteta tekemään, ellei koppia ole vastaanotettu (Kuva 25 vasen punainen ympyrä). Käytännössä kaikki osat kiinnitetään koppiin. Tällä työpisteellä tehdään pääosin varustelua, mutta myös sähkötyöntekijää tarvitaan muutamassa kohdassa. Sähkötöiden teolla on vaarana estää kopin eteneminen seuraavissa vaiheissa. Ehdottaisin sähkötöiden keskittämistä yhteen vaiheeseen ja työpisteeseen, mikäli vain mahdollista. Toinen kriittinen komponentti, joka virtausmallista voidaan huomata, on johtosarja. Jos johtosarjaa ei ole koppia aloittaessa tuotannossa, niin työtä ei kannata aloittaa (Kuva 25 toinen punainen ympyrä vasemmalta). Johtosarjan asennus rajoittaa työn etenemistä huomattavasti, sillä esim. seinä ei voida kiinnittää ennen johtosarjojen asennusta. Seuraavaksi kriittinen vaihe on väliseinän liimaus (Kuva 25 kolmas punainen ympyrä vasemmalta). Väliseinä on ensimmäinen seinä, joka sisäpuolelle liimataan, sen jälkeen voidaan vasta liimata muita seinä. Poikkeuksena tästä on vasen seinä. Väliseinän liimaus on myös pisin työvaihe

tältä työpisteeltä. Moduuliasema 1:n muista tuotoksista yhdeksän voidaan suorittaa myöhemmässä vaiheessa. Näiden tehtävien ajankohtaa muokkaamalla voidaan säätää työmäärää tarpeen mukaan.

Moduuliasemalla 2 on selkeästi eniten tehtäviä (Kuva 26). Pääosin työt koostuvat varustelusta, mutta 5 tuotosta vaatii sähkötyömiehiä. Sähkötyömiesten kanssa käytiin keskustelut ja kehitysehdotukseksi päätettiin, että nämä vaiheet siirretään muiden mukana yhdeksi kokonaisuudeksi ennen naitto-vaihetta.

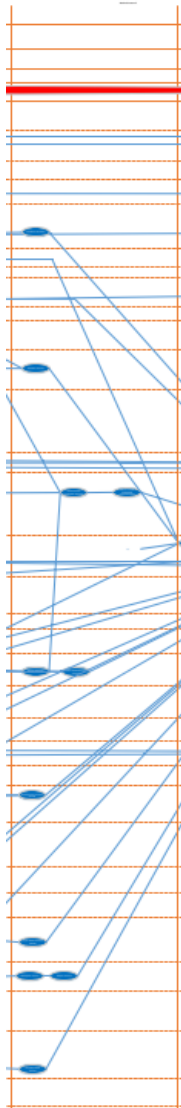


Kuva 26 Moduuliasema 2 tuotokset ja relaatiot

Moduuliasemalla on monta tehtävää, joita voidaan tehdä samanaikaisesti. Osassa tehtävissä on kuitenkin rajallinen tila kopin sisällä, joten välttämättä samaan aikaan tekeminen ei ole kannattavaa tai edes mahdollista. Tällä asemalla asennetaan melkein kaikki valkoiset abs-seinäelementit kopin sisälle. Seinien asennuksia kannattaa harkita tehtäväksi hajauttaen eri työpisteille. Tärkeitä vaiheita tällä työpisteellä on takalattian ja

vasemman etukaapin, sekä c-kiskojen asennukset. Ilman näitä asennuksia jäisi monta muuta tehtävää tekemättä tältä työpisteeltä.

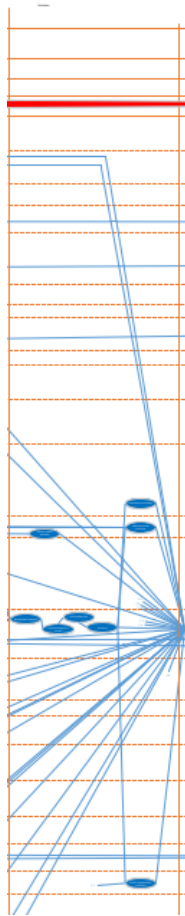
Moduuliasemalla 3 tehtävät työt ovat suoritettavissa samanaikaisesti. Tämä puoltaa vahvasti sitä, että ne kannattaisi hajauttaa, jotta kuormaa saataisiin tasapainotettua. Puolet tässä pisteessä tehtävistä asennuksista on saumaus töitä, eli valmistelua ruiskutukseen. Saumaus työt on helppo jakaa tasaisemmin linjan eri vaiheisiin, toki edellyttäen, että saumattava osa on asennettu.



Kuva 27 Moduuliasema 3 tuotokset ja relaatio

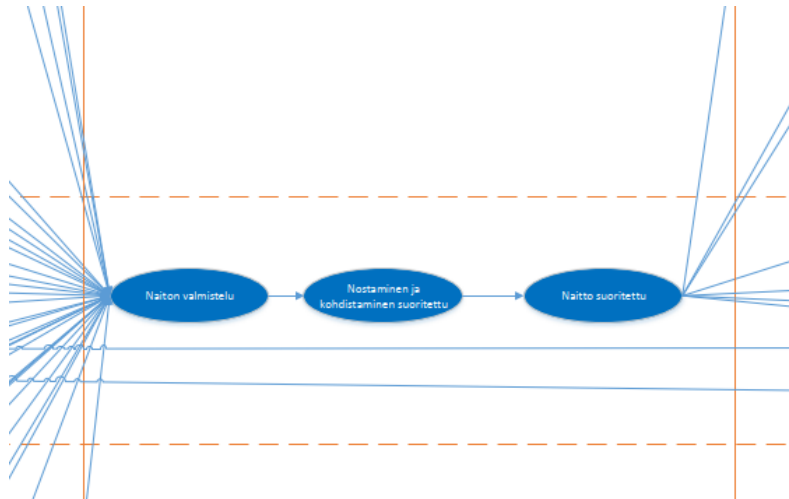
Ruiskutusasemalla työ on nopeaa. Ruiskutusta edeltävä ja seuraava työ tehdään linjalla ruiskukopin ulkopuolella ja varsinainen ruiskutus tehdään ruiskutuskopissa. Ruiskutustyöpisteellä lattia viimeistellään, ruiskutusteippaus ja suojaus asennetaan autoon suojaksi, pohjuste levitetään, jonka jälkeen sen annetaan kuivua yön yli. Seuraavana aamuna potilastilan lattia ruiskutetaan harmaalla massalla. Ruiskutuksen

jälkeen asennetaan väliseinään pultattavat penkit ja lattiaan pultattava hoitajan istuin. Istuinten kiinnitys voidaan myös tehdä myöhemmin, mikäli se helpottaa aikataulutusta. Hitain työvaihe tässä on ruiskutusteippaus ja suojaus, joka on tehtävä ennen ruiskutusta.



Kuva 28 Ruiskutustyöpisteen tuotokset ja niiden relaatiot

Naitto-vaiheen tehtävät ovat nähtävissä alla (Kuva 29). Tähän tarvitaan yksi täysi resurssi ja kolme apuresurssia auttamaan kohdistusvaiheessa. Kolme apuresurssia tarvitaan maksimissaan tunnin ajaksi. Ennen naittoa täytyy olla monta tehtävää suoritettuna, kuten alla olevasta kuvasta näkyy. Naitto valmisteltu tuotokseen liittyy monta nuolta edellisistä kokoonpano asemista. Isommasta virtausmalli kuvasta alla (Kuva 30) näkyy miten moduuliasemasta 2 aina naittoon asti on monta viivaa piirrettynä vaiheista suoraan "naitto valmisteltu" kohtaan. Nämä ovat töitä missä tulee varautua mahdolliseen pelivaraan. Naiton jälkeen koppi ja alusta ovat yhdessä, jolloin kopin alta voidaan poistaa sille alun perin tarvittava teline.

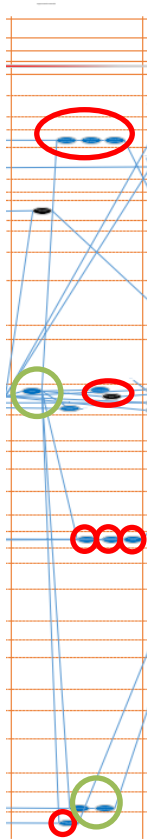


Kuva 29 Naitto tuotokset ja niiden relaatiot



Kuva 30 Moduuliasema 2 – Naitto tuotokset ja niiden relaatiot

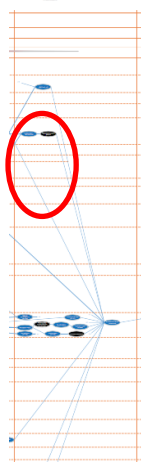
Loppuvarustelu nosturiasemalla olevat työt ovat näkyvissä alla (Kuva 31). Suurin osa nosturilla tehtävistä töistä on riippuvaisia nosturilla olosta sekä naitosta. Tehtävät kuten "ilmaeber liitetty auton alla", "jäähdytysnestekierron letkut muokattu", "ilmastointiletkut asennettu", "Takaosan sähköt kytketty", "Vetosilmukka asennettu" ja poltto- sekä lisäainepuolelle tehtävät letkujen kytkennät ovat tehtäviä, jotka on pakko suorittaa nosturilla. Nämä tehtävät on merkattu kuvaan punaisella ympyrämaisella objektilla. Toisaalta taas tuotannon alkuperäisessä suunnitelmassa on nosturilla tehtäviksi töiksi määrätty vaiheita, jotka voitaisiin suorittaa ennen naittoa. Näitä tehtäviä ovat "Peruutustutka ja puskuri asennettu", "Paarialusta asennettu" ja "Paarialustan lentolaukkukiinnike asennettu". Nämä tehtävät edustavat 15 % loppuvarustelu nosturiasemalla kokoonpanopisteen vaiheista.



Kuva 31 Loppuvarustelu nosturiasemalla tuotokset ja niiden relaatiot

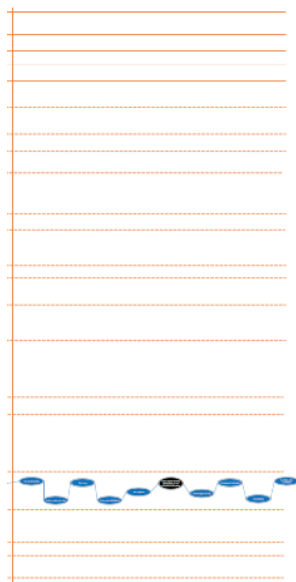
Loppuvarusteluasemilla tehtäviin on varattu kaksi resurssia. Tuotokset ja relaatiot ovat nähtävissä alla (Kuva 32). Tehtäviin loppuvarusteluasemilla kuuluu sähköasennuksia sekä varustelua. Naiton jälkeiset nosturilla tehtävät, kun on suoritettu, voidaan ylimääräiset katteet kiinnittää. Autoon asennetaan etukate sekä vasemmalle ja oikealle puolelle tuleva poskikate. Nämä ovat kahta varustelijaa tarvitseviä töitä. Loppuvarustelu sisältää hyvin paljon peräkkäisiä tehtäviä, jolloin niiden siirto esim. eri asemien välillä on

haastavaa, mutta esim. punaisella ympyröidyt vaiheet voidaan suorittaa jo ennen naittoa. Tämä tehtävä on vain vakioitunut tuotannossa näin suoritettavaksi.



Kuva 32 Loppuvarusteluaseman tuotokset ja relaatiot

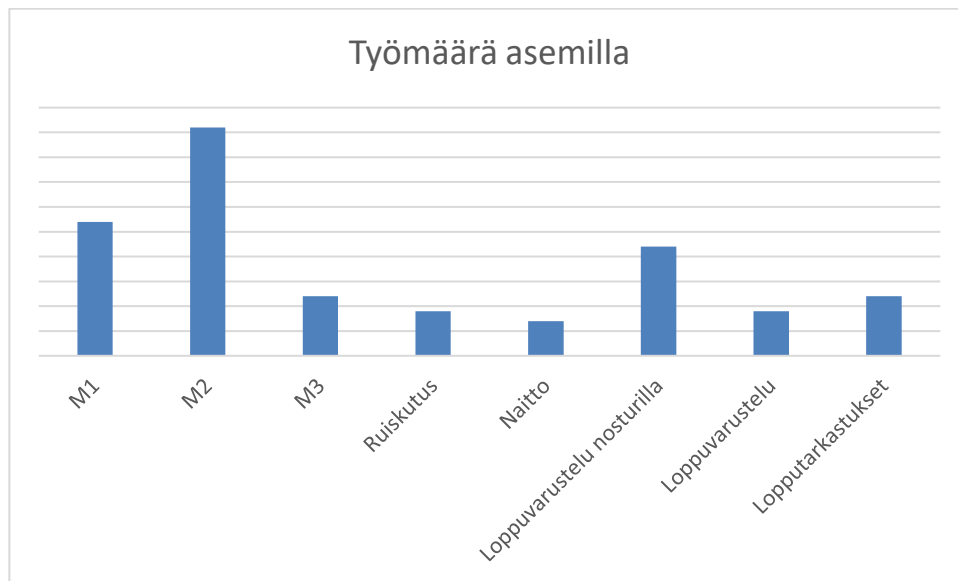
Ambulanssituotannon lopun vaiheet koostuvat osittain alihankkijoiden suorittamista tehtävistä kuten "ilmastointi testattu" ja "Auto teipattu". Alihankkijat tekevät osan tämän vaiheen töistä. Linjan työskentelyä pystyisi periaatteessa tekemään samalla näiden vaiheiden kanssa päällekkäin, mutta aikataulutusta ei kuitenkaan näin kannata tehdä töiden sujuvuuden takia. Suurimmat aikaa vievät vaiheet yrityksen kannalta ovat lopputarkastukset sekä varustelun että sähkön osalta.



Kuva 33 Loppuvaiheen tuotokset ja relaatiot

Ambulanssituotantoa tutkiessa virtausmallin kautta, huomasin monta kehityskohdetta jo mallia tehdessä. Virtausmallin jälkeen toteutettiin tehtävien kirjaaminen MS Project ohjelmaan. Tehtävät, sekä niiden ajat ja riippuvuudet kirjattiin kokonaisuudessaan MS

Projectiin, jotta saataisiin maksimaalinen hyöty ohjelman käytöstä. Kokoonpanossa tehtävä työ on suunniteltu alun perin liittämällä pieniä kokonaisuuksia yhteen, katsomatta ollenkaan kokonaisuutta. Tämä huomataan siinä, kun katsotaan virtausmallia ja kokoonpanon vaiheita siten, että nähdään vaihekohtainen liikkumavara MS Project ohjelmaa hyväksi käyttäen. Kun tarkastellaan asemien välistä kuormaa, kehitettävää löytyy. Kuorma ei ole tasapainossa, kuten alla olevasta taulukosta voidaan ymmärtää (Kuva 34). Eniten työvaiheista suoritetaan kokoonpanon kahdella ensimmäisellä pisteellä sekä nosturilla tehtävässä loppuvarustelussa. Kun kyse on linjatuotannosta, olisi kuorman oltava tasaisempi, jotta tahti-aika voidaan määrittää.



Kuva 34 Ambulanssilinjan valmistusajat asemoittain resurssit huomioituna

MS Project ohjelmiston avulla voitiin helposti määrittellä tuotteen kriittinen polku. Kriittinen polku on ambulanssin kokoonpanon polku, joka huomioi kaikki kokoonpanoa rajoittavat tekijät. Tämän polun tehtävien yhteenlaskettu aika merkitsee samalla ambulanssin valmistuksen teoreettista läpäisy-aikaa. Kun kriittisen polun tehtäviä saadaan ajallisesti pienennettyä, myös läpimeno aika pienenee. Kriittiselle polulle saatiin 94 tehtävää kokonaisuudessaan 266 tehtävän joukosta. Suurin osa polulla olevista tehtävistä on vakio-ohjelmaa, jotka tehdään jokaiseen Amaro -ambulanssiin. Muutama tehtävä on suosituimman mallin optioita, jotka kuitenkin suurimpaan osaan tuotteista asennetaan. Tämä ei kuitenkaan kata täydellisesti koko tuotantoa, sillä optiovalintoja on muitakin.

6. KEHITYSSUUNNITELMAT TUOTANTOON

6.1 Kehitys Lean-oppien avulla

Lean-teoriassa esitetään monia tavoitteita, joihin yrityksen tulisi pyrkiä. Kaikki tavoitteet ovat tarpeellisia, mutta saadakseen jotain aikaiseksi, ei ole järkevää lähteä saavuttamaan kaikkia tavoitteita samanaikaisesti. Valinta kannattaa tehdä yrityskohtaisesti ja Tamlans Oy:n tapauksessa kehittämisen tavoitteiksi nousevat mielestäni viisi tärkeää Lean-opin tavoitetta. Kehitettävät tavoitteet olisivat asiakkaalle tärkeän arvon määrittäminen, hukan poistaminen, tuotteen ja materiaalin virtauksen kehittäminen, 5S ja jatkuvan parantamisen filosofia.

6.1.1 Materiaalivirrat ja varastopaikat

Tuotannon materiaalivirtaus olisi optimoitava, jolloin samalla voitaisiin poistaa turhasta liikkumisesta koitua hukka. Materiaalivirroista tulisi tehdä tarkat kaaviot. Kaaviot tulisi esitellä tarvittaville osastoille kuten varastomiehille ja linjatyöntekijöille. Tärkeintä kuitenkin olisi, että varastossa tekijät ymmärtäisivät virtojen kulun, sillä pääosa materiaalin liikuttelusta olisi tulevaisuudessa heidän tehtävä. Layout tulisi suunnitella siten että se huomioisi ambulanssituotannon vaiheet ja materiaalimenekin. Linjalla tulisi olla sen verran materiaalia säilytyksessä, että ne eivät pääse loppumaan ja linja pysähtymään. Materiaali tulisi olla selkeästi merkattua sekä varastossa että linjalla, jotta materiaali tunnistettaisiin ja puutteet todettaisiin helpommin. Virran parantamiseksi esivarustelu ja linja tulisi olla mahdollisimman lähellä toisiaan. Ideaalisessa tilanteessa jokaisen linjan työpisteen vieressä pitäisi olla sen työpisteen osia tekevä esivarustelupiste. Linjan ja esivarustelun materiaali tarpeita ohjattaisiin imuohjausperiaatteella. Työpisteiden välissä olisi hylly, jossa jokaiselle esivarustellulle osalle olisi kaksi paikkaa. Kun toinen paikka tyhjenee, aiheuttaisi se esivarustelijalle signaalin tehdä uusi tilalle. Layout ratkaisu on tarkemmin esitelty luvussa 6.3.

Varastopaikkojen lukitseminen vaikuttaisi varaston toimintaan nopeasti positiivisesti. Materiaalipaikat jäisivät nopeasti mieleen ja myös työntekijät hyötyisivät siitä. Kun materiaalia noudetaan aina samasta paikasta, jää sen etsimiseen käytetty aika vähemmäksi ja tuotanto tehostuu. Materiaalipaikat lähellä tuotantolinjan pisteitä olisi myös hyvä suunnitella siten, että materiaalien nouto tapahtuisi mahdollisimman läheltä työpistettä. Tämä tarkoittaisi sitä, että materiaalia olisi vähemmän tuotannossa, jolloin varastomiesten tehtävä olisi imuohjausperiaatteella täyttää hyllyjä. Pienemmät tavarat

olisivat FIFO-hyllyillä (Kuva 35) ja suuremmat tavarat kuormalavahyllyillä. FIFO-hyllyiltä tuleville tyhjiille laatikoille olisi hyllykön päässä kapea hylly, johon ne palautettaisiin ja varastomiehet saisivat siitä signaalin tuoda uutta materiaalia laatikkoon kanban tyylin mukaisesti.



Kuva 35 Fifo periaatteella toimiva varastohylly [17]

6.1.2 Prosessien ja työn standardointi

Etsiessä kohteita standardointiin on hyvä muistaa, että standardointia voidaan suorittaa muuallakin kuin tuotannossa. Kohdeyrityksessä standardointi tulisi mielestäni aloittaa myynnin puolelta. Myynnin olisi vähennettävä uusien tuotteiden luomista, vaan keskityttävä rajaamaan ambulanssin peruskorityö ja siihen liittyvät lisävarusteet. Myynti asiakkaalle tapahtuisi aina käyttäen lähtökohtana peruskorityötä ja tähän työhön ei pitäisi tulla muutoksia. Tämän kokonaisuuden lisäksi asiakkaalle voitaisiin myydä valmiiksi räätälöityjä lisävarusteita, joita tuotannossa osataan valmistaa.

Uudistaessamme Amarak -ambulanssin tuoterakenteen teimme yhdessä tuotantopäällikön kanssa rakenteen, joka palveli myös myyntiä. Rakenteesta tuli myynnille kokonaisuus, josta asiakkaan kanssa oli helppo lähteä neuvottelemaan. Yrityksellä oli tämän jälkeen kokonaisuus mitä asiakkaalle voidaan tarjota. Sen sisältö, valmistusaika, hinta ja kate olivat kaikki selvillä.

Työn ja toimintatapojen standardointi on yksiä Lean-periaatteiden tärkeimpiä alueita. Sitä on helppo lähteä toteuttamaan, mutta vaikea ylläpitää. Työn standardoinnissa kannattaa pitää mielessä muutama asia. On kannattavaa standardoida vain parhaita käytäntöjä, alussa on oltava paljon mittaustietoa eri työvaiheista ja tietoa pitää myös kerätä pitkäjänteisen kehittämisen onnistumista varten sekä tehokkuuden

seuraamiseksi. Työaikaseuranta on oltava tarkka, jotta standardoinnin kehitystä voidaan seurata. Tarkempaan seurantaan tarvittaisiin vaihekohtainen kuittaus, mutta sitä ei tämänhetkinen järjestelmä kohdeyrityksessä tue. Kun ajan seuranta on tarpeeksi tarkkaa, on standardoitava tehtävät työvaiheet työpistekohtaisesti, jotta ollaan varmoja siitä mitä työtä seurataan.

Kohdeyrityksessä useat nykyään linjalla työskentelevät henkilöt ovat ennen tottuneet työskentelemään ainoastaan oman alustansa kanssa, jolloin myös työpiste on ollut täysin oma. Tämä on jättänyt henkilöille ajatusmallin, että linjallakin jokainen työpiste voi olla eri näköinen. Kun yritys kasvaa ja tuotannossa volyymit kasvavat ei tämä toimintatapa enää takaa sitä, että tuotteet pysyvät aikataulussa. Siihen tarvitsemme tueksi standardointia. Osat on kiinnitettävä samoilla menetelmillä ja työkaluilla.

Tuotannossa ensimmäinen standardoitava asia on työpisteiden paikoitus. Paikat eivät ole selkeästi merkattu, joka johtaa siihen, että työtä tehdään siellä täällä. Samoja vaiheita tehdään monessa eri ruudussa ja monen eri henkilön toimesta. Tilanne on pahimmassa tapauksessa sellainen, että tuotannontyöntekijä opettelee joka päivä tekemään jotain uutta. Asia on korjattava merkkamalla linjan työpisteet omiksi ruuduikseen ja henkilöt määrättävä työskentelemään tietyissä pisteissä. Työpisteessä suoritettava työ on tehtävä selväksi, sillä linjan tarkoitus on pysyä tahtiajassa. Työntekijöiden on opetettava omassa pisteessään tehtävä työ. Tämän avulla voidaan tehokkuutta ja läpimenoaikaa parantaa. Kun työntekijät ovat oppineet omassa pisteessään olevan työn, voidaan alkaa hioa vaiheita yksityiskohtaisemmin. Työ on jaettu yhteensä noin 250 eri kokonaisuuteen. Jokaiselle kokonaisuudelle on kelloitettu aika. Kellotuksen yhteydessä on havainnoitu standardoitavia vaiheita. Tärkeimmiksi luokitellut vaiheet ovat esitettyinä alla (Taulukko 8).

Taulukko 8 Standardointia vaativat työt

STANDARDOITAVA VAIHE/ASIA	KUVAUS
Alustan purkuun käytettävät työkalut	Alustan purku tehdään joka kerta vastaavalla tavalla. Työkalut purkuun olisi hyvä kartoittaa ja tehdä niille oma työkalutaulu purkupaikalle.
Alustasta purettavat osat	Alustasta puretaan joka kerta samat osat. Osat asetellaan häkkiin ja jokainen niitä laittava asettelee ne omalla tavallaan. Purkuosille tulisi rakentaa omat telineet, jossa paikat olisivat standardoitu, jolloin jokaisen olisi helppo käsitellä osia. Myös tekeminen nopeutuisi, kun osia ei tarvitsisi etsiä häkeistä vaan ne olisivat aina samalla paikalla.
Ovien vetoavustimien kiinnityskohdat	Ovet tulevat kiinni pääasiallisesti aina saman lailla, joten vetoavustimien paikat voitaisiin määrittää etukäteen ja tehdä niille jigit asennuksen

		nopeuttamiseksi. Tällä hetkellä ovet on laitettava paikoilleen, jotta vetoavustimien paikka voidaan määrittää.
Putkitusten sähköjohtosarjan kiinnikkeiden paikat	ja	Sähköjohtosarja asennetaan jokaisessa autossa samalla tavalla, ja putkituksissa on pääsääntöisesti kaksi eri variaativaihtoehtoa. Näille kannattaisi tehdä ohjeistus paikoituksista, ettei joka kerta tarvitse miettiä uudelleen kohtia mihin kiinnikkeet laitetaan. Nippusideankkureiden kiinnittämiseen olisi kehitettävä standardoitu työkalu, jonka avulla ne olisi helppo kiinnittää.
Polttoainetäyttöputken muokkaus		Osaan tehdään pidennys letkulla, joka leikataan rullalta. Tähän voisi tehdä vakioipituiset letkut, jotka joka kerta asennettaisiin klemmareiden avulla.
Sähkölaitelevylle standardoitu asennusajankohta		Kopin väliseinään tuleva sähkölaitelevy kiinnitetään aina satunnaisesti jossain pisteessä, eikä kukaan osaa selittää miksi. Paras aika kiinnittää se olisi väliseinän penkkien asennusten jälkeen, sillä väliseinän penkkien pultit ovat levyn alla. Tästä olisi tehtävä uusi standardoitu asennusajankohta.
ABS-muoviosien liimaus kohdat ja järjestys		Muoviosia liimataan autoon eri lailla, sillä jokaisella työntekijällä on oma tyyli laittaa liimaa ja oma paikka liima kohdille. Tämä aiheuttaa sekaannusta ja laatuvirheitä prosessiin. Osien liimaus yleisesti olisi standardoitava ja ohjeistettava kaikkia liimauskohdista.
Putkitusten pituudet		Kopin sisään tulee putkituksia sähköjohdoille ja happiletkuille. Nämä leikataan rullassa olevasta tavarasta, kun on mitoitettu putkien tarve. Todellisuudessa putkien tarpeessa on kaksi variaatiota. Putkien pituudet olisi hyvä standardoida, jotta ne pystyttäisiin leikkaamaan etukäteen esivarustelussa ja näin nopeuttamaan työtä.
Happiletkujen pituudet		Happiletkujen pituudet voisivat olla standardoituja, jotta ne voitaisiin leikata valmiiksi esivarustelussa. Esivarustelussa voitaisiin myös puristaa liittimet valmiiksi, joka on helpompi tehdä pöydän päällä.
Kynnysraudat		Kynnysrautoja katkotaan ja taivutetaan paikan päällä. Tämä on erittäin hidasta toimintaa. Raudat pitäisi tilata valmiiksi katkaistuina ja asentaa suoraan hyllystä.
Solu- ja vaneriset lisäpalat		Solumuovi ja vaneripalat mitä koppiin lasikuitu ja ABS-muoviosien taakse laitetaan, leikataan tällä hetkellä käsin isoista levyistä. Lisäpalat tulisi mitoitaa ja niistä olisi tehtävä standardoidut mitat. Niille pitäisi varata paikka hyllystä, sekä niitä pitäisi kerralla valmistaa reilu määrä, jolloin tekeminen tehostuisi.
Sähkökourun komponenttien sijainnit		Sähkökouruihin asennettavat komponentit tuntuvat olevan usein eri paikoissa. Siitä koituu haittaa tuotannolle, kun pitää tietää monia eripaikkoja. Tämä olisi standardoitava ja asia vietävä myös myynnille eteenpäin, että paikat ovat vakioituneet.
Polttoainetoimisen ilmalämmittimen kalustotilojen lämmitys		Ilmalämmittimeltä viedään vakiona putki potilastilaan lähelle lattiaa. Jotkut asiakkaat haluavat, että lämmin ilma johdetaan myös kalustotiloihin. Tässä

	on variaatioita ja asia kaipaa standardoimista. Ehdotuksena on tehdä oma nimike kalustotilojen lämmityksestä ja silloin kaikki kalustotilat lämmitettäisiin.
Polttoainetoimisen ilmalämmittimen pakoputki	Pakoputki ilmalämmittimeen rakennetaan tällä hetkellä letku tavarasta ja kiinnikkeet, letku ja liittimet haetaan kaikki eri paikoista. Tässä kannattaisi tehdä siten, että standardoidut putkien mitat katsottaisiin, niitä leikattaisiin laatikkoon valmiiksi ja kaikki kiinnikkeet ja osat tuotaisiin yhteen hyllyyn lähelle toisiaan.
Hyllyremmit	Hyllyihin tulevat remmit ja niiden pituudet tulisi vakioida. Ne voitaisiin tilata toimittajilta suoraan valmiina komponentteina.

6.1.3 Hukan poistaminen

Kuten luvussa 2.1.4 kerrottiin, Lean-periaatteiden mukaan on olemassa yhdeksän eri hukan lajia. Analysoidessani kohdeyritystä näiden lajien perusteella, löysin seitsemästä kategoriasta hukkaa. Kategoriat olivat seuraavat:

3. Odottaminen ja viivästymiset
4. Materiaalin tarpeeton siirtäminen
5. Ylimääräisten työvaiheiden tekeminen
6. Tarpeeton liikkuminen
7. Viat ja niiden korjaaminen
8. Käyttämätön luovuus
9. Luonnonmukaisuus

Hukkaan liittyen, tein tutkimuksen työntekijöille, jossa kysyttiin seuraavat kysymykset:

- Jos haluaisit parantaa jotakin täällä, niin mikä se olisi?
- Miten nopeuttaisi omaa työskentelyäsi?
- Onko mitään mikä haittaa työskentelyäsi?

Kysely suunnattiin Amaro -ambulanssipuolen työntekijöille ja 15 henkilöstä kuusi vastasi. Vastaukset olivat erittäin yksimielisiä. Melkein kaikki halusivat parantaa kaksi asiaa, työlistat olisi saatava selkeämmäksi ja helpommin ymmärrettäväksi sekä ostotoimintaa ja logistiikkaa olisi tehostettava. Työlistan selkeys ja materiaalin saaminen oikeaan aikaan nopeuttaisivat toimintaa tuotannossa. Työntekoa haittaavaksi asiaksi melkein kaikki vastasivat, materiaali puutteet. Näistä asioista koituu suuri määrä arvoa lisäämätöntä työtä tuotannolle.

Kohdeyrityksen tuotannossa, kun ei käytetä koneita juuri ollenkaan, on tärkeimpänä huolenpidettävänä tuotannon työntekijät. Kyselyn perusteella odottamisen hukka tulee pääasiassa materiaali puutteista ja työlistan epäselvyydestä. Havainnoidessani yhden ambulanssin valmistuksen täysin alusta loppuun, tämän aikana odotettiin seitsemää eri materiaalia jokaista keskimäärin 2 päivää. Suurin osa materiaali puutteista ei täysin pysäyttänyt tekemistä, mutta keskeytti suunnitellussa järjestyksessä tekemisen ja pakotti

aloittamaan jotain muuta työtä ja jättämään jonkun kokonaisuuden kesken. Yhden materiaalipuutteen ansiosta koppi seisoj päivän, eikä sille tehty mitään. Materiaalipuutteisiin on monia syitä, mutta se on käytännössä aina tuotantoa hidastava asia. Kun se hidastaa tuotantoa, se hidastaa ambulanssin läpimenoaikaa, joka tarkoittaa hukkaa prosessissa. Kun materiaalipuutteita tutkittiin tarkemmin, löytyi selviä haasteita ostosta, logistiikasta ja varastonhallinnasta.

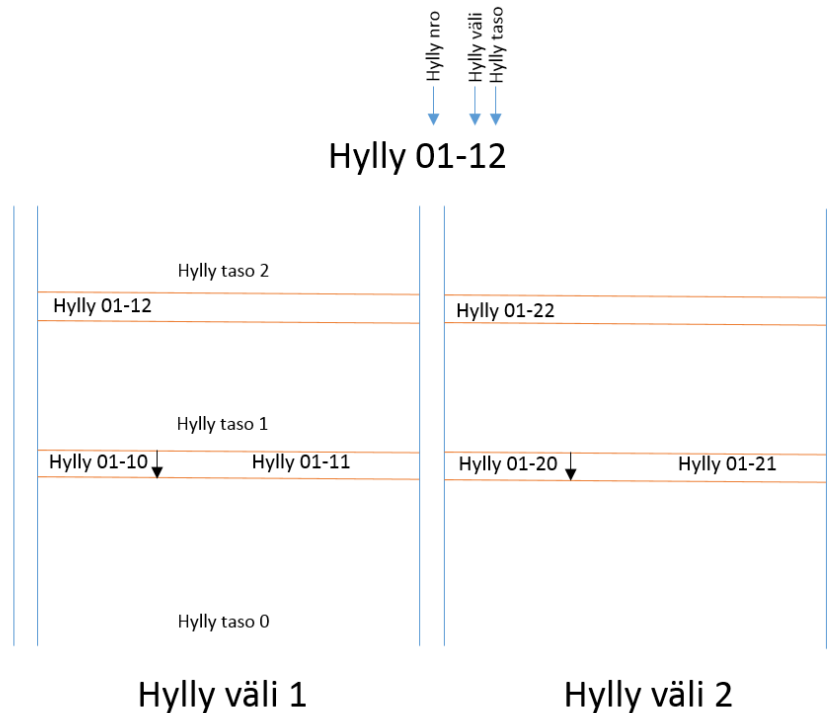
6.1.4 Osto ja sisäinen logistiikka

Suurimpia haasteita materiaalien hankinnassa oli tehtävien jako ja materiaalin informaation hallinta. Asian parantaminen voidaan hoitaa pienin, mutta helpoin askelin. Aluksi on käytävä nimikkeetön materiaali läpi ja määrättävä onko se bulkki- vai varastotavaraa. Varastotavaraalle tehdään nimikkeet ERP-järjestelmään ja ostot aloitetaan tekemään järjestelmän kautta, näin saadaan yritykselle tarvittava tieto materiaalin liikkeistä. Seuraavaksi on kaksi vaihtoehtoa, keskitetään osto jollekin henkilölle yrityksessä, keskitetään ne uudelle henkilölle tai jaetaan ostot selvästi näiden kolmen henkilön kesken. Jos päädytään jakamaan ostot eri henkilöille, on siitä tehtävä mahdollisimman selvä ohjeistus tuotannon työntekijöille. Jos taas päädytään valitsemaan tai hankkimaan uusi ostaja, jonka päätehtävänä on hoitaa kaikki ostot, on ne keskitettävä hänelle mahdollisimman nopeasti. Mielestäni materiaaliostojen keskittäminen yhdelle henkilölle on järkevin vaihtoehto yritykselle, sillä mahdollistettaisiin selkeys kaikille osapuolille.

Kun ostoja tekevät henkilöt ovat selvillä, on panostettava ostonimikkeiden ja toimittajien hallintaan. Hukkaa kertyy usein siitä, kun materiaalin osto ajat, määrät tai tavat eivät ole standardoituja. Yrityksellä on useita toimittajia ja osa toimittajista ovat suuruusluokaltaan erittäin pieniä. Pienten ja muutamien henkilöiden yritysten kanssa ostot onnistuvat yleensä helposti mutta toimitusaikoja ei ole tai niihin ei haluta sitoutua. Osalla yrityksen suuremmista toimittajista on sama ongelma. Tämä ongelma heijastuu hyvin nopeasti tuotantoon ja on osa syy siihen, että materiaalitoimitukset ovat myöhässä. Tämän ratkaisemiseksi toimittajat olisi saatava sitoutumaan sovittuun toimitusaikaan. Kun toimitusaika on lyöty lukkoon, on helpompi ennustaa ostoja. Toimivassa järjestelmässä jokaiseen osto-nimikkeeseen on sidottu sen todellinen toimitusaika, jolloin ostoja voidaan pyörittää osto ehdotusten kautta. Tämä toki vaatii saldojen paikkansapitävyyttä. Ostoissa materiaalin kerta osto määrä on hyvä pitää vakiona varastoitavuuden ja ennustettavuuden kannalta. Kun tilausmäärä materiaalille on aina sama, on järjestelmän helpompi laskea oikea osto piste. Kun materiaalia tulee aina saman verran

samanlaisessa pakkauksessa, on sille myös helpompi varata paikka hyllyltä. Näin saamme pois hukkaa prosesseista.

Sisäisen logistiikan ensimmäisenä askeleena olisi merkattava varasto kauttaaltaan, siten että siellä olisi selkeät hyllymerkinnät. Hyllymerkinnät tulisi tehdä mahdollisimman tarkasti, jotta tavaran etsiminen on mahdollisimman helppoa. Yrityksessä on paljon erikokoisilla lavoilla olevaa tavaraa, joten ehdottaisin luomaan järjestelmän hylly taso kohtaiseksi. Ehdotus kuvattu alla (Kuva 36).



Kuva 36 Ehdotettu varastohyllyjen nimeämiskäytäntö

Kun materiaali pystytään osoittamaan tarpeeksi tarkkaan paikkaan, on helpompi luoda varastointijärjestelmä. Varastopaikoista on myös hyvä tehdä layout piirustus hyllyjen sijainnista, kartan avulla paikkojen sisäistäminen on nopeampaa. Jotta voidaan tehdä varastosta standardi, on jokaiselle varastonimikkeelle oltava vakioitu säilytyspaikka, johon se pääsääntöisesti varastoidaan tavaran vastaanoton yhteydessä. Mikäli yksittäistä materiaalia tulee enemmän kuin päävarastopaikkaan mahtuu, on luotava hetkellisesti uusi varastopaikka ja varastoitava ylimääräinen materiaali sinne. Kun materiaali loppuu päävarastopaikasta, on tehtävä varaston siirto, jossa materiaali siirretään tilapäisestä varastopaikasta takaisin päävarastoon.

Kun varastoinnin tehottomuudesta johtuva hukka on minimoitu, on seuraavaksi korjattava saldoista johtuva hukka. Ambulanssin tuoterakenne eli BOM on yrityksessä aloitusvaiheessa. Tuoterakennetta on lähdetty rakentamaan, mutta tarkka rakenne on vielä selvittämättä. Materiaali saldojen ylläpitoon tarvittaisiin joko tarkka tuoterakenne tai

sitten varastosta otot joka materiaalille. Ambulanssiin tarvittava materiaalmäärä on kuitenkin niin suuri kappalemääräisesti, joten on kannattavampaa lähteä tekemään tarkkaa tuoterakennetta. Kun tuoterakenne on tehty loppuun, voidaan aloittaa nimikkeistön siirto saldoilta tuotteen valmistuessa. Eli tarkoituksena siirtää ambulanssiin asennettu materiaali pois saldoilta, kun tuote on täysin valmis. Kun BOM ja tuotantolinjan asennusvaiheet tarkentuvat voidaan tulevaisuudessa ottaa tarkempi materiaalin kuittaus käyttöön. Materiaalin tarkempi kuittaus voitaisiin toteuttaa esim. vaihekohtaisina kuittauksina tuotantolinjalla ja materiaalin automaattisella poistumisella saldoilta sen seurauksena.

6.1.5 Työlistojen informaatio

Myynnin suunnittelun avulla voidaan parantaa asiaa huomattavasti. Linjalla tekijöiden on vaikea välillä sisäistää nimikkeitä. Tähän auttaisi työlistan päivittäminen siten, että listassa olisi nimikkeen kohdalla kuva, joka kertoisi työntekijälle heti, mistä nimikkeestä on kyse. Tämä auttaisi myös uusia työntekijöitä työn sisäistämisessä. Kuvia voisi lisätä tuotantoon muutenkin. Työlistan mukana olisi hyvä toimittaa vähintäänkin 2D-piirustukset eri nimikkeiden paikoituksista ja mitat mihin ne on tarkoitus asentaa. Suurimmaksi osaksi asennuspaikat kannattaa vakioida, sillä tuotannon läpimenoaika vakioinnin vaikutuksesta lyhenee huomattavasti.

6.1.6 Ylimääräinen työstö

Hukka nro viisi on ylityöstö tai tarpeeton työ. Ambulanssin valmistuksessa on monta osaa ja havainnoidessani työn kulkua, huomasin että yllättävän moneen valmiiseen osaan joudutaan tekemään muutoksia. Kun tiedot tilastoi ja ottaa yhteisen hukan määrän päästään seuraaviin tilastoihin.

- 251 vaiheesta 48 vaiheessa on hukkaa, eli toisin sanoen melkein 20 % vaiheista sisältää jonkin verran hukkaa
- Keskimäärin vaiheissa on 27,5 % hukkaa vaihetta kohti suhteutettuna vaiheen koko työaikaan
- Hukkaa suhteutettuna yhteen ambulanssiin on noin 660 minuuttia, joka vastaa noin 6 % laskennallisesta kokonaistyöajasta
- Kokonaisuutena hukkaa voidaan ajatella oleva 1,375 miestyöpäivää, joka tarkoittaisi sitä, että tuotannon läpimenoa voitaisiin pienentää poistamalla hukka

Suurin osa hukasta on valmiin materiaalin muokkausta. Muokkaustarve saataisiin pois käymällä osat läpi yksi kerrallaan ja kartoittamalla niihin tehtävät samanlaiset toistuvat muutokset. Nämä muutokset päivitetäisiin osien kuviin ja niistä tehtäisiin uudet revisiot.

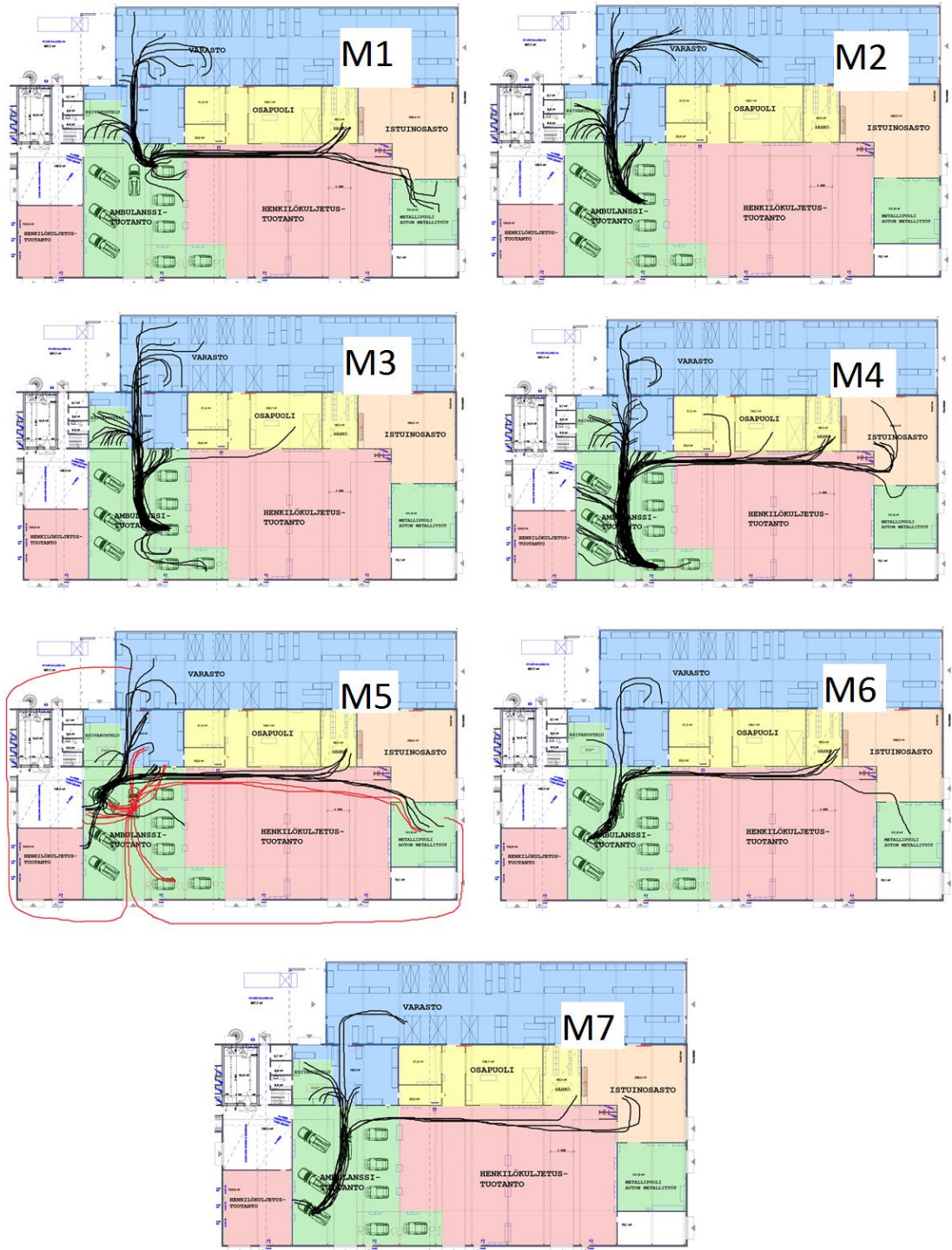
Ylimääräistä työstöä on myös vaiheissa, jotka ovat suurimpia kopin valmistamista ajatellen. Alla on lueteltu kolme aikaa vievintä vaihetta:

1. Saumaus potilastilassa 555 min ($555/8329 = 6,6 \%$) suhteessa koko kopin valmistusaikaan
2. Ovikarmien asennus 353 min ($353/8329 = 4,2 \%$) suhteessa koko kopin valmistusaikaan
3. Väliseinän liimaus 185 min ($185/8329 = 2,2 \%$) suhteessa koko kopin valmistusaikaan

6.1.7 Turha liikkuminen

Lähdin kartoittamaan turhan liikkumisen hukkaa käyttämällä hyväksi spagettikaaviota. Tein oman kaavion jokaisesta linjapisteestä erikseen, jolloin nähdään minkä verran eri linjapaikalla olevat henkilöt liikkuvat hakiessaan materiaalia, ruuveja ja työkaluja. Lopputulos oli hämmästyttävä. Tulokset ovat nähtävissä alla (Kuva 37). Työpisteet, jotka ovat kauimpana materiaaleista, hakevat selvästi eniten tavaraa. Työpisteiltä M3 ja M4 haetaan eniten tavaraa varastosta ja istuinpuolelta. Yleisesti ottaen tarkastellessa työntekijöiden liikkeitä, toiminta ei näytä linjatyöskentelyltä, koska materiaalit ovat liian kaukana. Työkaluja haetaan harvemmin, mutta materiaalin kuten osien ja ruuvien haku vie paljon aikaa ja aiheuttaa suurta hukkaa. Ongelmana on kuitenkin tila yrityksessä. Ambulanssituotannolle on varattu tietty osa kokonaispinta-alasta, mutta varatun tilan muoto on kompromissiratkaisu. Koppi sekä autot eivät voi liikkua linjamaisesti varatulla pinta-alalla, eikä tilaa ole varattu tarpeeksi materiaalien säilytykseen.

Materiaalin keräilyä ei tehdä tällä hetkellä. Tämä tarkoittaa sitä, että linjalla työskentelevät työntekijät noutavat materiaalin itse varastosta. Kuten kuvasta 37 nähdään, materiaalia haetaan varastosta ja muualta kohtuullisen paljon. Työpäivän ajankäyttö ei myöskään ole useilla työntekijöillä hyvin suunniteltua, vaan he hakevat usein samasta paikkaa osia monesti päivän aikana. Turhan liikkumisen kehittäminen vaatii layout muutoksen.



Kuva 37 Spagetrikaaviot ambulanssilinjan työpisteiltä

6.1.8 Tuotannossa tapahtuvat virheet

Seitsemäs hukka liittyi vikoihin ja niiden korjaamisesta aiheutuvaan hukkaan. Merkittävimmät virheet tuotannossa tapahtuu työlistojen virheiden sekä ohjeiden puuttumisen vuoksi. Virheitä aiheuttaa myös saman osan muuttuva asennuspaikka.

Tämä virhe saattaa olla jo kirjattuna työlistassa tai sen tekee tuotannon työntekijä itse. Jos kyseessä on vakiotuotteesta poikkeava tuote, prosessin mukaan työlista on tarkastettava tuotannon esimiehillä tai tuotannon henkilöillä ennen hyväksyntää myyntiin.

Kuten edellä olevasta kappaleesta 5.1.7 voidaan kiteyttää, on keskeinen ongelma virheiden sattumiselle, liian epätarkka informaatio. Kehittääkseen tilannetta on mielestäni lähestyttävä asiaa kahdesta eri näkökulmasta. Myyjän on keskityttävä enemmän myymään vakioituja ratkaisuja asiakkaille, jotta valmistaminen olisi enemmän standardoitua. Toisaalta, jos tähän tilanteeseen ei päästä on myyjän ymmärrettävä enemmän ja otettava selvää etukäteen asennettavista osista. Myyjän on valmistettava tilaus niin huolella, että ostolle ja tuotannolle ei jää aukkoja. Toki tämä vaatii yhteistyötä oston ja tuotannon kanssa, mutta vastuu pitäisi olla myyjällä. Myyjän pitäisi toimia niin proaktiivisesti kuin mahdollista. Tilanteessa, jossa myyjä on tuotannon kanssa sopinut uusien tuotteiden myymisestä asiakkaalle ja asiakas on ne hyväksynyt, on aloitettava tuotekehitys. Kohdeyrityksessä on oltava tuotekehitykseen määrätty tiimi, joka hoitaa kehityksen tiettyyn aikaan mennessä. Kohdeyrityksessä on oltava myös päivä myyntitilausten lukkoon lyömiselle, jolloin myytävää kokonaisuutta ei enää muokata. Tämän avulla varmistetaan kehitystyölle tarpeellinen aika sekä tuotannolle annetaan tarpeeksi aikaa valmistautua tilauksiin ja virheiden määrä vähenee.

6.2 5S-menetelmän suunniteltu jalkautus tuotantoon

Lähtötilanne kohdeyrityksessä oli kohtalainen, mutta varsinaista 5S-menetelmää ei oltu hyödynnetty. Työpisteillä tavara oli epäjärjestyksessä, eikä säilytyspaikkoja oltu tarkasti määritelty. Työpisteellä työskentelevät tiesivät missä mikäkin tavara on, mutta jos joku muu tuli apuun, niin tavaroiden ja työkalujen etsiskelyssä kului suurin osa ajasta. Työpisteiden lähetyvillä olevat hyllyt olivat vain hyllyjä, johon laitettiin kaikenlaista tavaraa ja työkalujakin satunnaisesti. Hyllyissä tavarat vaihtelivat paikkaansa. Tavaraa siirrettiin aina sen mukaan, missä sitä tarvittiin, sillä käytäntö oli muodostunut sellaiseksi, että tavaraa oli vain yhdessä laatikossa. Esim. ruuvilaatikkoa siirrettiin paikasta toiseen aina tarpeen mukaan.

Materiaalien löytäminen varastosta ja tuotannossa olevista hyllyistä oli hankalaa, sillä paikkoja ei oltu määritelty, vaan materiaali varastoitiin aina sinne missä oli tilaa. Materiaaleihin ei laitettu lavojen kylkeen mitään merkintöjä ja ne nostettiin ylös. Jälkeenpäin kukaan muu kuin varastomies ei tietänyt mitä lavoilla on, ja käytännössä varastomieskään ei aina muistanut lavojen sisältöä. Yrityksessä nähtiin hyvin nopeasti, että 5S-menetelmää kannattaisi hyödyntää alusta asti varastoon sekä tuotantoon.

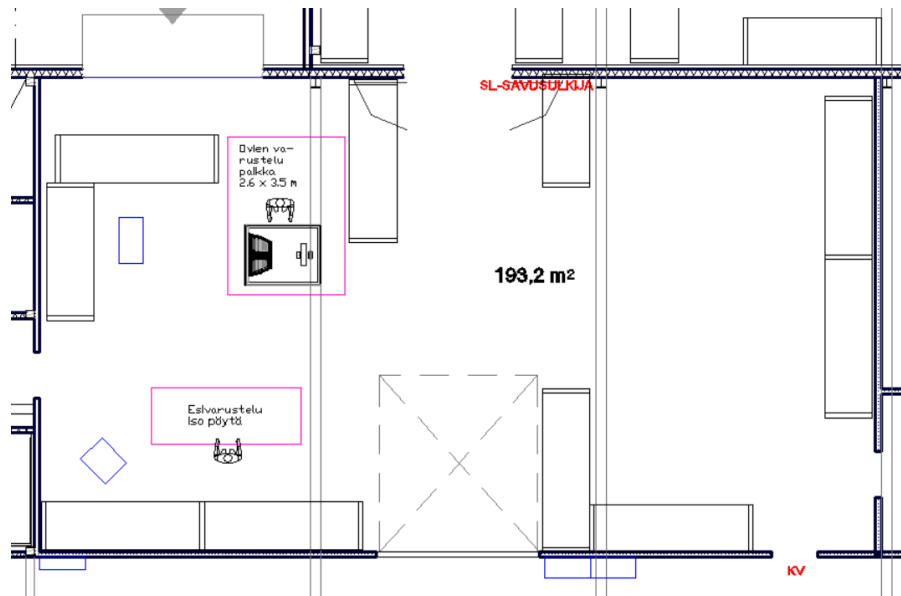
Kokonaisuutena 5S-projekti on suoritettava pienissä osissa ja ajallisesti sen läpiviemiseksi voidaan kohdeyrityksessä ajatella noin puolta vuotta. Toteuttamiseen tarvitaan layout muutoksia, lattiamerkintöjä, hyllymerkintöjä ja työkalumerkintöjä. Suurimpana muutostyönä pidän varaston järjestämistä kokonaisuudessaan. Projekti tulisi aloittaa yhdessä tuotannon työnjohdon kanssa. Aluksi olisi valittava kohde, jossa 5S:n mukainen työpiste toteutetaan ensimmäisenä. Tähän olisi valittava kohde, jossa toteuttaminen olisi mahdollisimman helppoa, jotta päästäisiin nopeasti liikkeelle ja saataisiin mallityöpiste toteutettua. Eriyksen tärkeää on työntekijöiden motivaatio 5S:ään, sillä jos motivaatiota ei ole, ei kunnon työpistettä pystytä täysin ulkopuolisen silmin rakentamaan. Ennen 5S hanketta on siis hyvä keskustella työntekijöiden kanssa varsinaisesta toteutuksesta ja kertoa perusteluja siitä, miksi näin kannattaa toimia.

Useimmat työpisteet kohdeyrityksessä ovat liikkuvia pisteitä. Työntekijät eivät välttämättä ole samalla pisteellä koko työpäivää vaan saattavat liikkua pisteeltä toiselle. Näillä työntekijöillä on kaikilla pyörillä liikkuva työkalupakki. Tämänlaisia työkalupakkeja on yrityksessä noin 30 kappaletta. Näiden lisäksi yrityksessä on yhteensä seitsemän paikallaan olevaa työpistettä. Pisteet ovat esivarustelussa, liimaamossa, puupuolella, metallipuolella ja istuinosastolla. Näissä pisteissä työkalut ovat pääosin pöydillä. Amarok -ambulanssi linjalla kaikilla työntekijöillä on käytössään oma pakki. Ennen 5S järjestelyiden aloittamista sovittiin yhdessä työnjohdon kanssa, että käydään analysointi ja kyselykierros tulevan projektin osalta. Näin oli tarkoitus kartoittaa asiasta kiinnostuneet, he, jotka eivät vastusta 5S:ää ja täydelliset vastustajat. Kartoituksen tarkoituksena oli luoda pohjaa sille, mistä kannattaisi aloittaa hanke. Kierroksen jälkeen oli selvää että, pilottityöpisteet kannatti aloittaa esivarustelusta ja yhden henkilön työkalupakista. 5S projektin aikana päätettiin myös samalla kehittää toimintoja ja työkaluja, mikäli se katsottiin helpoksi ja aiheelliseksi. Näiden keskustelujen, kommenttien ja analyysien perusteella päätettiin keskittää projekti neljään tärkeään kohteeseen:

1. Ylimääräisten tavaroiden poistamiseen työpisteiltä ja tuotannosta
2. Työpisteillä olevien varastopaikkojen järjestämiseen ja merkkäamiseen
3. Päivittäisten työkalujen järjestämiseen ja helppokäyttöisyyteen
4. Työkalujen ja apuvälineiden kehittämiseen

5S-järjestäminen aloitettiin Amarok -tuotantolinjan esivarustelu työpisteeltä. Työpisteellä oli työntekijän käyttämä työkaluvaunu, kulunut pöytä ja muutama pukki isojen kappaleiden käsittelyyn. Työkaluja työpisteessä säilytettiin työkaluvaunussa, pöydän alla sekä ruuvilaatikoiden sisällä. Materiaali työpisteellä oli säilytyksessä kuormalavahyllyillä

ja yhdessä pienemmässä varastohyllyssä. Alla on layout piirustus ja kuva materiaalihyllystä työpisteeltä ennen 5S järjestelyä (Kuva 38 ja Kuva 39).



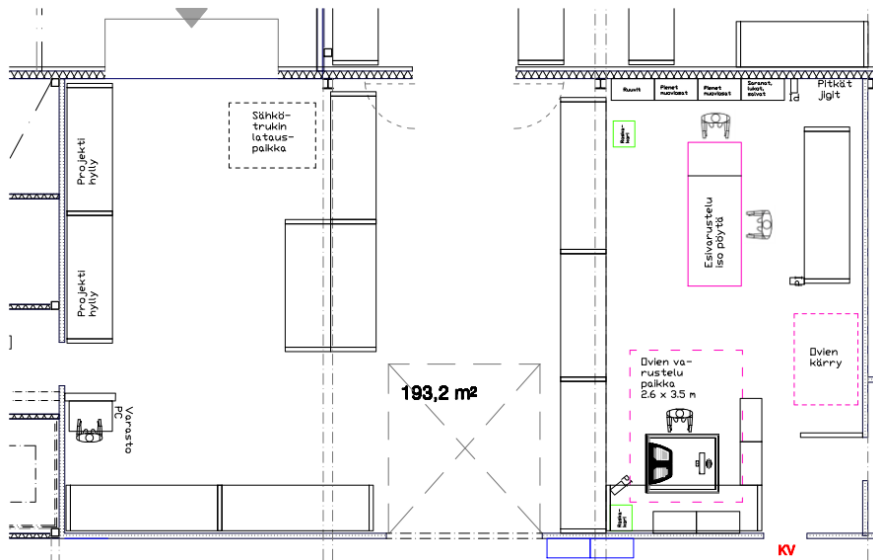
Kuva 38 Esivarustelutyöpisteiden layout ennen



Kuva 39 Esivarustelupisteiden materiaalihylly ennen

Kuva osoittaa hyvin koko työpisteiden tilan. Materiaalihyllyssä osassa on materiaalipaikat merkattuina, mutta suurimmasta osasta merkkaukset puuttuvat. Aloitimme 5S toiminnan tällä työpisteellä suunnittelemalla ensiksi tulevaisuuden layoutin, sillä se on samassa tarkoituksessa päivittää. Layout päivityksen ansiosta saimme mietittyä työpisteiden täysin

uudestaan. Mietimme paikoituksen uudestaan, siten että oikea materiaali on lähellä, se on järjestyksessä ja merkattuna. Saman toteutimme työkaluille. Näin saatiin kävelymatkoja pienennettyä ja paikkoja selkeytettyä.



Kuva 40 Esivarustelutyöpisteen layout jälkeensä

Kun muutos vanhasta työpisteestä uuteen aloitettiin, tehtiin ensimmäisenä 5S:n mukainen vaihe, siivous. Tavoitteena oli saada poistettua kaikki ylimääräinen työpisteeltä, joten nämä tavarat merkattiin punaisella lapulla ja siirrettiin omalle lavalle. Työpisteeltä löytyi paljon ylimääräistä tavaraa kuten materiaalia, jotka olivat vanhoja revisioita, ja työkaluja, joita työntekijä oli ennen tarvinnut ennen siirtoa esivarustelun työpisteeseen työskentelemään. Suuren pöydän alta löytyi vanhoja proto kappaleita, jigejä ja muuta tavaraa, mille ei enää ollut käyttöä. Myös epämääräisiä muita materiaaleja löytyi. Siivouksen jälkeen alettiin suorittaa layout muutosta, kun tiedettiin että ylimääräistä tavaraa ei tarvitse siirtää. Materiaalille oli uudessa pisteessä sovittu laajemmalla mittakaavalla paikat, mutta hylly taso kohtainen paikoitus mietittiin hyllyjen kasauksen yhteydessä. Tässä käytettiin myös hyväksi varastomiehen tietoa tulevista materiaalien pakkaustavoista, sillä hylly tasot oli määritettävä oikeaan korkoon tulevan materiaalin mukaan. Tavoitteena tässä oli samalla poistaa hukkaa varastomiehen toiminnasta. Uuden työpisteen hienosuunnittelussa käytettiin avuksi työpisteellä työskenteleviä henkilöitä, sillä heiltä on paras tieto missä mikäkin materiaali ja työkalu pitäisi sijaita.

Kun varasto- ja kuormalavahyllyt työpisteen ympärille oli saatu rakennettua, aloimme yhdessä työntekijöiden kanssa suorittamaan toista vaihetta. Tavoitteena oli järjestää työkalut ja materiaali työpisteelle siten että kaikilla oli oma paikkansa ja ne olivat mahdollisimman lähellä työntekijää. Ovien varustelupiste saatiin helpoimmin järjestykseen. Kaikelle materiaalille määrättiin oma paikka varastohyllyllä ja hyllyn

reunaan laitettiin merkinnät materiaalille. Työpisteen viereen seinään asennettiin reikälevy, johon laitoimme kaikki ovien tekoon vaadittavat työkalut. Reikälevyn alle laitoimme ruuvilaatikoille pienen telineen, jotta kaikki ruuvit olivat lähellä ja ne saatiin merkattua. Lopputulos näytti hyvältä ja siirryimme seuraavaan pisteeseen. Esivarusteluun luotiin kolme työpistettä. Yksi ovien tekoon, toinen pienten osien tekoon ja kolmas suurempien osien tekoa varten. Suuret ja pienet osat kasattiin molemmat isolla esivarustelun pöydällä. Pienet osat pöydän päässä ja suuret osat 2/3 osalla pöydästä. Ennen pöydän siirtoa, työntekijän hyvästä ideasta vaihdoimme pöydän vanhan ja kuluneen tason uudeksi valkoiseksi tasoksi. Tarkoituksena oli, että valkoiselta tasolta näkyy helpommin esim. ruuvit ja muut pienemmät kappaleet. Se on helpompi pitää puhtaana ja siinä on kiiltävä pinta, johon voi myös tarpeen tullen kirjoittaa taulutussilla muistiinpanoja ja ohjeita. Pöydän alla oleva taso puhdistettiin. Pitkän pöydän alle saatiin pitkien alumiiniprofiilien säilytyspaikka työntekijän oivalluksen ansiosta. Pitkän tavaran säilyttäminen kuormalavahyllyssä on aina haastavaa, mutta siihen onneksi saatiin parempi ratkaisu. Tässä samalla tehtiin läheisille varastohyllyille materiaalien paikat ja merkinnät. Tavoite oli, että suurin osa materiaalista laitetaan hyllylle laatikossa, mutta joidenkin osien kohdalla se ei ollut käytännöllistä sillä ne eivät olisi järkevästi mahtuneet siihen muotojensa takia. Näille työpisteille tavoitteena oli saada työkaluille reikälevy ja olinkin alkuperäiseen ehdotukseen laittanut työkaluseinän, joka olisi nivel ratkaisulla ollut työpisteen pöydän päällä. Tämä kuitenkin hylättiin työntekijöiden toimesta, koska heidän mielestään se olisi ollut aina tiellä. Teimme kompromissin ja sijoitimme reikälevyn työkaluille läheiselle seinälle, josta matka työkaluille on hieman pidempi. Työntekijät kuitenkin sanoivat, että työkaluja ei tarvitse hirveästi vaihdella päivän aikana, joten kun työkalut aamulla töihin tullessa hakee seinältä, niin ne pääsääntöisesti palautetaan iltapäivällä sinne.

Kun paikat työkaluille ja materiaalille oli merkattu, oli vielä tehtävä merkinnät lattiaan. Työpisteen läpi kulki reitti työnjohdon kopilta varastoon, tämä käytävä merkattiin lattiaan keltaisella teipillä, jolloin vältyttäisiin työpisteiden läpi kävelemiseltä ja toisaalta työpisteellä tiedettiin, mihin tavaroita ei saa asetella. Kulku varastoon tapahtui kuormalavahyllyn alta, jolloin siihen teipattiin kelta/mustaa teippiä huomautuksena, että siihen ei saa jättää mitään. Ovien kärry paikka ja roskisten paikat teipattiin lattiaan järjestystä luomaan. Tämän jälkeen mietimme työntekijöiden kanssa yhdessä, miten neljäs vaihe toteutetaan. Kaikki olimme yhtä mieltä siitä, että kolme ensimmäistä vaihetta on toteutettu niin hyvin, että kaikki toimii melkein itsestään. Sovin kuitenkin työntekijöiden kanssa, että siisteyttä ja järjestystä tullaan mittaamaan lähitulevaisuudessa siivoustarkastuksilla joka perjantai.

Työkalupakkien 5S järjestely oli huomattavasti helpompi toteuttaa. Päätimme yhdessä työnjohdon kanssa, että tämä yritetään tehdä kerralla kuntoon ja kaikki samaan aikaan. Kokosin työntekijöille ohjeet pakkien järjestelyyn ja otin esimerkkejä hyvin järjestetyistä pakeista. Painotin ohjeissa ylimääräisistä työkaluista luopumista ja työkalujen merkkausta. Sovimme yhdessä työnjohdon kanssa, että tähän projektiin annetaan yhteisesti neljä tuntia aikaa ja loput suoritetaan sitten seuraavina päivinä. Ohjeet oli luotu tarkasti ja kolme ihmistä valittiin valvomaan ja neuvomaan pakkien siivouksessa ja järjestelyssä. Samat henkilöt myös hyväksyivät pakit, kun ne oli siivottu. Lopputuloksena noin puolet työntekijöistä saivat siivottua ja järjestettyä työkalupakkinsa annetussa neljän tunnin aikaikkunassa. Tarkastuksissa olimme tarkkoja pakkiin jäävästä materiaalista. Teimme tarkastuksissa kysymyksiä työntekijöille, kuten ”Mihin tulet tätä tarvitsemaan?” ja ”Tarvitsetko tätä joka päivä työssäsi?” Näiden kysymysten oli tarkoitus herättää työntekijä vielä kerran pohtimaan, että tarvitseeko pakissa välttämättä olla nämä kaikki työkalut vai voisiko jotkut työkalut olla yhteisessä työkaluseinässä tai työkalu hyllyssä. Ennen pakkien siivousta tuotannon lattialle oli aseteltu kolme lavaa. Ensimmäiselle lavalle jätettiin rikkinäiset työkalut, toiselle työkalut, jotka halutaan yhteiseen käyttöön ja kolmannelle työkalut, joita työntekijä ei tarvitse vaan ne voidaan laittaa huollon työkaluvarastoon. Näille lavoille tuli jälkeen päin ajateltuna huomattavan paljon tavaraa, jolloin olin tyytyväinen siihen, että ohjeistus oli mennyt monelle perille. Lopputuloksen työkalupakkien järjestelyistä näette alla (Kuva 41).



Kuva 41 Kuvia tuotannon työkalupakeista järjestelyn jälkeen

Ensimmäiset 5S projektit olivat olleet onnistuneita, ja oli helppoa sopia, että yrityksessä jatketaan projektia ja suunnitellaan sisäisesti asiaa eteenpäin. Tavoitteena oli luoda tuotantoon 5S alueet, jotta vastuuta saataisiin hieman rajoitettua pienemmälle joukolle ja vastuunjakoa näin tarkemmaksi. Tämän avulla myös 5S:n viestimistä parannettaisiin ja valvontaa lisättäisiin.

6.3 Kehitys virtausmallin avulla

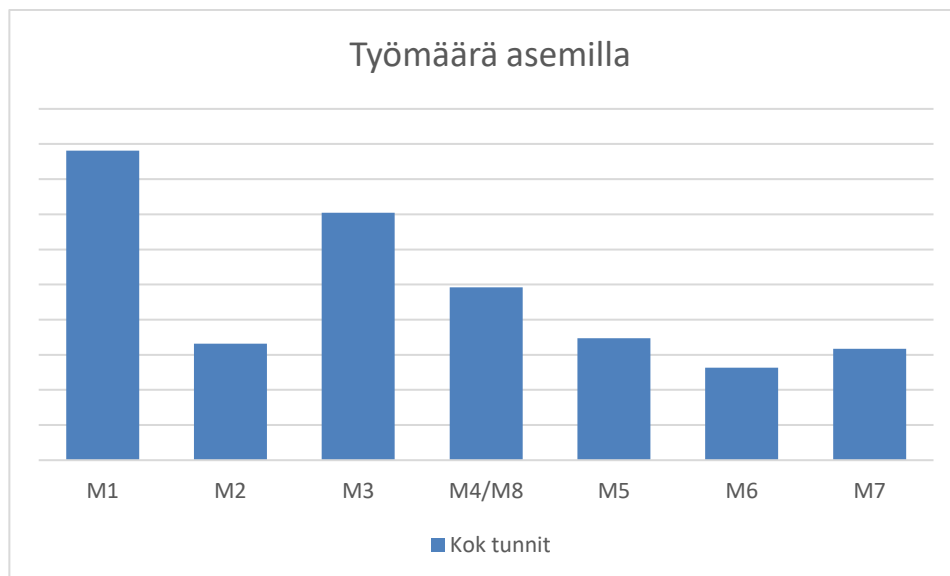
6.3.1 Tavoitteet virtausmallin avulla kehittämiseen

Tamlans Oy:n tavoitteena on ollut saada tuotannon läpimeno aikaa lyhennettyä sekä työvaiheita kehitettyä siten että tekeminen olisi sujuvampaa. Vuosien varrella tekemisen tarkastelu on jäänyt vain pistokokeiksi ja silloin tällöin on käytetty Lean-spesialisteja ja teetetty tuotannon työajantarkasteluja. Näistä on kuitenkin ollut tilapäistä hyötyä, jolloin jatkuvan parantamisen kaava on jäänyt heikolle. Nyt on yritykselle aloitettu luomaan jatkuvan parantamisen kulttuuria ja tavoitteet ovat korkealla. Tuotannon nykytilan virtausmalli esiteltiin kuvana luvussa 3.1. Virtausmallista voidaan lähteä analysoimaan

vaiheiden välisiä relaatioita ja löytämään niistä hidastavia elementtejä tai selkeitä vaiheita, jotka ovat kriittisiä virtauksen kannalta. Pää tavoitteena on kehittää tuotantoa, mutta myös tuotteen osien rajoittavat tekijät pidetään mielessä. Tehtävänä on tarkastella tuotannon linjakokoonpanon tämän hetkinen malli ja vaihejärjestys ja tehdä siihen tarvittavat muutosehdotukset.

6.3.2 Tuotannon kehitys virtausmallin avulla

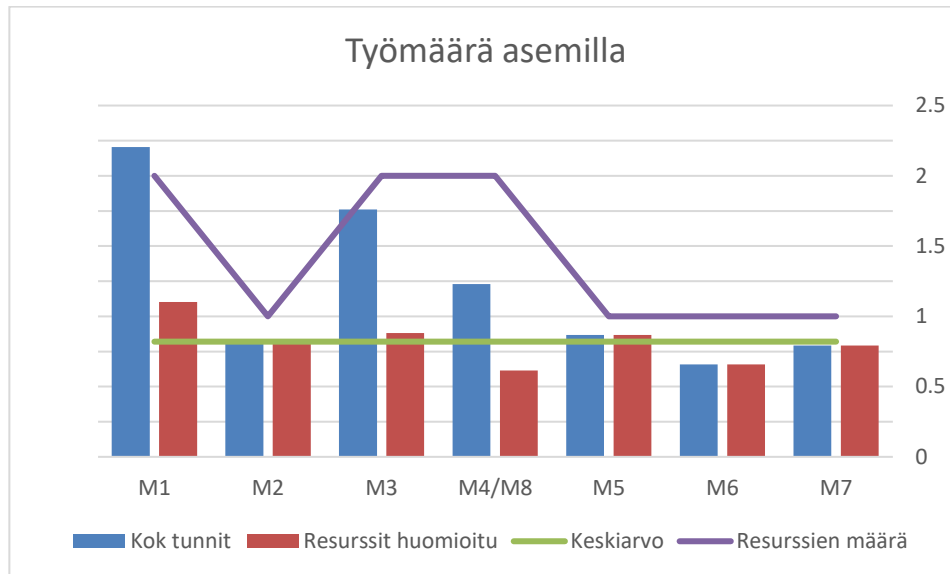
Virtausmallin luonnin jälkeen tiedettiin eri tehtävien riippuvuudet ja tämän avulla oli helppo lähteä kehittämään tuotantoa. Linjatuotannon kuorman tasoittaminen oli ensimmäinen kehityskohde. Työmäärä asemilla oli kuvattu edellisessä kappaleessa 5.2 kuvassa 34. Kuten kuvasta näki, niin esimerkiksi asemalla M2 tehdään suhteessa muihin paljon töitä. Lähdin järjestelemään tehtäviä uudelleen tiedolla, että suurimmassa osasta asemista voisi olla maksimissaan kaksi henkilöä. Analysoidessani tehtäviä eri asemilla tulikin päätökseen, että kaksi henkilöä oli kopin tilaan nähden riittävästi. Uudelleen suunnittelin tuotantoaikataulun siten, että tehtävät tehtiin rinnakkain aina toinen työntekijä kopin ulkopuolella ja toinen kopin sisäpuolella. Tämän työn jälkeen työmäärät asemilla näyttivät vielä epätasaiselta. Työmäärät näkyvissä alla (Kuva 42).



Kuva 42 Ambulanssilinjan valmistusajat asemittain

Tamlans Oy:n tehtaalla on rajoitettu määrä tilaa ambulanssi valmistuksen asemille, joten asemien määrä on rajattu siksi kahdeksaan asemaan. Näistä asemista M4 ja M8 toimivat rinnakkaisina asemina, mutta niihin kumpaankin on määritetty omat tehtävät. M8 asemalla tehdään suurimmaksi osaksi sähkövarustelua. Uudessa järjestelyssä, sähkövarustelu on yritetty koota yhdeksi kokonaisuudeksi sen sijaan, että sähkötyömies kulkisi asemasta toiseen koko ajan. Kaikissa asemissa M1-M8 on rinnakkaisia töitä, siten

että kaikissa asemissa voisi teoriassa työskennellä kaksi työntekijää. Jos asemia olisi mahdollista lisätä, olisi M1 työpiste alkuun kannattavaa monistaa. Myös M2 ja M3 pisteiden työt kannattaisi jakaa eri lailla. M3 aseman tehtäviä kannattaisi siirtää M2 asemalle ja sen jälkeen M2 asema monistaa.



Kuva 43 Työmäärä asemilla uudelleen suunniteltuna (työntekijöiden määrä oikealla)

Asemakohtainen työmäärä on nähtävissä yllä (Kuva 43). Kuvaajassa siniset palkit kertovat kokonaisuuden asemakohtaisen asennuksissa kuluvan minuuttimäärän yhden työntekijän asentaessa, mutta minuutit tässä piilotettu. Punaisella on asemakohtaiset tunnit, jossa resurssien määrät on huomioitu. Eli jos asemalla on käytössä kaksi resurssia asennuksien kokonaistunnit puolittuvat. Vihreä viiva näyttää asemakohtaisen keskiarvon asennuksissa kuluvaan aikaan, kun resurssit on huomioitu. Violetti viiva näyttää asemakohtaisen resurssien tarpeen, jonka asteikko näkyy kuvan oikeassa reunassa. Tasauksen jälkeen huomataan, että M1 asema tulee kokoonpano linjan tahdin määrääväksi asemaksi. Tämä asema määrää tahtiajaksi linjalle kaksi päivää per asema. Työ tehtävät on suunniteltu siten että vaativimmat ja aikaa vievimmat tehtävät ovat alkupäässä, joten loppupään asemien aikataulussa pysyminen ei vaikuta kokonaisuuteen niin paljoa.

6.4 Kehitys kyselyn perusteella

Yrityksessä suoritettiin kyselytutkimus. Kyselytutkimuksessa tutkittiin mahdollisia parannuskohteita tuotannon työntekijöiden näkökulmasta. Kyselytutkimus sisälsi ennalta tiedostettuja parannuskohteita, joten tutkimuksen päätarkoitus oli luokitella näiden kohteiden arvojärjestys. Kysely sisälsi alla olevat parannuskohteet:

- Työlistan selkeyttäminen/uudistaminen

- Informaation välitys
- Ostotoiminta/materiaalipuutteet
- Varaston toiminta
- Työn seisominen
- Työnjohdon puutteet
- Melun ja pölyn haitat

Näistä kohteista voidaan otannan perusteella nähdä selkeästi kaksi kohdetta, jotka toistuvat. Suurimpina kehityskohteina yrityksessä olisi informaation välitys ja työlistan selkeyttäminen.

6.4.1 Informaation välitys yrityksen sisällä

Informaation välitys voidaan tulkita monella tavalla, joten sitä on hyvä avata tähän alkuun. Tamlans Oy:n tapauksessa informaation välityksessä on suuri kuilu tuotannon ja toimiston välillä. Tuotannosta asiat eivät kulkeudu toimistoon ja toisin päin. Tämä on johtanut siihen tilanteeseen, että esim. yrityksen myynti myy projektituotteita, joita on hankala valmistaa tuotannossa. Toinen hyvä esimerkki on tuotannon yleisten asioiden informointi tuotantoon. Yrityksellä on tapana pitää info-tilaisuus tuotannolle noin kaksi kertaa vuodessa tavoitteista, mahdollisista myyntimääristä ja tunnusluvuista.

Ongelmana yrityksessä on mielestäni välitetyn informaation laatu ja määrä, siitä johtuva motivaation sekä yhteishengen puute. Haasteena yrityksellä on informaation tuottaminen, sen rajaus sekä informaatiokanavien pystyttäminen. Toisin ilmaistuna, yritykseltä puuttuu nk. informaatio-ohjaus. Pää tavoite informaatio-ohjauksessa on vakuuttaa kuulija luotettavalla tiedolla ja vapaaehtoisesti toimimaan halutun tavan mukaisesti suostuttelemalla ja vuorovaikuttamalla. Informaatio-ohjaukseen ei sisälly taloudellisia tai muulla tavoin kannustavia palkkioita [18].

Informaatio-ohjaus voidaan tässä tapauksessa tulkita esim. tuotannon ohjaamiseksi tai toisin päin toimiston ohjaamiseksi tuotannon tavoitteiden saavuttamiseksi. Tuotantoon vaikuttamisella informaation keinoin on monia positiivisia piirteitä. Kun tuotannon työntekijöille kerrotaan enemmän ja hieman avoimemmin yrityksen asioita, myös motivaatio lisääntyy yhteenkuuluvuuden tunteen rinnalla [19].

Parantaakseen yrityksen kokonaisuuden toiminnallisuutta ja nostaakseen yhteishenkeä, yrityksen olisi aluksi luotava informaatiokanavia, joiden kautta tietoa jaettaisiin. Informaatiokanavia ovat esimerkiksi koulutustilaisuudet, kirjalliset tai sähköiset dokumentit ja ohjeet, visuaaliset tuotannonohjaus taulut, intranet ja henkilökohtainen vuorovaikutus. Tärkeimpänä näistä kanavista on usein henkilökohtainen vuorovaikutus [20]. Yrityksen tapauksessa tuotannonohjauksellisesti ajateltaessa tämä vuorovaikutus

voisi olla esim. ohjeiden antamista, kehityskeskusteluja, kehujen tai kehitysehdotusten antamista. Tämä yksin ei kuitenkaan riitä, vaan on hyvä valita myös muita kanavia tiedon jakamiseen [21].

Amarok -ambulanssipuolen työnjohdolliseen informaation jakoon kuuluu tällä hetkellä ainoastaan henkilökohtainen viestiminen. Työntekijät ovat sitä mieltä, että informaatiota saisi tulla heille enemmän, jotta he olisivat tietoisempia aikatauluista ja tulevaisuuden tapahtumista. Työnjohdon tulisi aloittaa viikoittaiset palaverit, jossa jaettaisiin tietoa ainakin viikon töiden aikatauluista ja informaatiota meneillä olevista projekteista. Palavereissa olisi hyvä käydä läpi myös mahdollisia reklamaatioita, poissaoloja, huoltoja sekä muita yhteisiä asioita. Viikkopalaverin pituus tulisi pitää maksimissaan 30 minuutin mittaisena. Tämä informaatio olisi hyvä olla visuaalisesti näkyvissä, joko näytöllä tai taululla. Usein pelkkä tiedon jakaminen suullisesti ei riitä, sillä ihmiset ovat erilaisia. Toisille asiat jäävät mieleen helpommin sanomalla ja osa taas katselee mielellään asioita kirjoitettuna esim. taululle. Palavereiden lisäksi tarvitaan koulutuksia, jotka syventävät annettua tietoa ja jotka tuovat mielenkiintoa työhön. Työntekijöiden kouluttaminen antaa innostavan kuvan yrityksestä ja lisää tietotaitoa työn tekemiseen, jolloin se usein helpottuu ja nopeutuu. Toinen työntekijöitä häiritsevä asia tuotannossa on materiaalin saapuminen. Tekijöillä ei ole tarvittavaa tietoa komponenttien saapumisesta, jolloin oman työn lyhyen tähtäimen ennustaminen hankaloituu. Monia komponentteja on toki hyllyssä valmiina, mutta aina välillä linjatyössä tulee komponenttivajeita, jotka vaikeuttavat linjan toimintaa. Tällöin informaation saaminen olisi erittäin tärkeää. Tätä informaatiota olisi myös hyvä saada ennakkoon, jolloin oman työn aikataulutusta pystyisi parantamaan. Ehdotuksena tähän voisi olla esim. yhteinen sovellus, johon kirjattaisiin materiaalipuutteet, sekä pyydettyjen, jo tilattujen materiaalien näyttö tuotantoon, josta työntekijät saisivat helposti informaatiota materiaalien saapumisista.

Koska viikkopalaverissa ei käydä läpi välttämättä koko kuukauden aikana valmistuttavaa autokantaa, olisi työntekijöillä hyvä olla myös näkymä koko kuukaudelle. Tuotannolliset tavoitteita mitataan usein kuukausitasolla, jolloin tuotannon työntekijöiden olisi hyvä saada päivitettyä informaatiota pitkin viikkoa. Tämä lisäisi tarvittavan tiedon määrää myös tekijöille, sillä suunnitellussa tahdissa olisi pysyttävä.

6.4.2 Työohjeiden sähköistäminen

Linjatyöskentelyssä ei pääsääntöisesti ohjeita tarvitse, eikä niitä usein ehdi lukea linjan toimiessa vauhdilla. Ambulanssiteollisuudessa linja on kuitenkin hidastoimista ja yhdessä ruudussa töitä tehdään yhdelle ambulanssille noin kaksi päivää per ruutu. Linjatyö vaatii usein sen, että tuotteet ovat keskenään täysin samanlaisia, mutta

ambulansseja tehdessä näin ei valitettavasti usein ole. Tuotteet ovat keskenään noin 80 %:sti samanlaisia ja 20 % niiden varustelusta sisältää variaatiota. Tämä luo haasteita linjatoiminnalle ja pakottaa ohjeiden tekemisen ja antamisen ainakin variaatiota vaativien kohteiden osalta. Tällä hetkellä näitä ohjeita ei ole riittävästi.

Työlistat tuotantoon on noin 20 sivuinen yksipuolinen tuloste, joka sisältää otsikkotasolla asennettavat komponentit ja ambulanssin perussisällön. Varsinkin uudelle työntekijälle tämä aiheuttaa suuria haasteita, sillä otsikkotasolla on hyvin haastava ymmärtää kokonaisuuksia. Otsikkojen alla on osassa positioista myös enemmän tietoa, jos työlistan tekijä on ajatellut, että pelkkä otsikko saattaa asettaa liikaa haasteita tekijöille. Usein tuotantoon listat tulevat kuitenkin vajavaisina, sisältäen liian vähän informaatiota toteuttamiseen. Suurimmat ongelmat ja haasteet tuotannossa aiheuttaa nimenomaan vajavaiset työlistat, epäselvä informaatio ja puutteelliset työohjeet. Kaikkiin näihin osaluokkiin on kuitenkin helppo lähteä vaikuttamaan. Oma mielipiteeni on, että tulevaisuudessa on päästävä tilanteeseen, jossa ambulanssin perusrakenteesta, on vaihekohtaiset työohjeet ja uusien komponenttien asennus on ohjeistettava työlistan ohessa.

Kun tuotantolinjat tullaan jakamaan kahdeksaan eri asennusruutuun jokaisessa ruudussa, on oltava kyseiseen ruutuun kuuluva ambulanssin perusrakenteen kasausohje. Tästä jokainen työntekijä voi tarkastaa vaihekohtaisen asennuksen ja uudet työntekijät on näin ollen helppo ohjeistaa. Tämä on tärkeää, sillä tällä hetkellä valmistusohjeet ovat pitkälti työntekijöiden muistin varassa ja kun joku tärkeä henkilö on poissa, ei linjalla työ etene. Kun ajatellaan lähitulevaisuuteen noin 5-10 vuoden päähän, niin tavoitteeksi asettaisimme tuotannossa sähköiset työlistat. Tällä hetkellä ambulanssin mukana kulkee nk. pyloni, jossa paperinen materiaali kuten työlista, piirustukset ja mahdolliset muutokset sijaitsevat. Tämän pylonin paperinen materiaali voitaisiin tulevaisuudessa korvata sähköisellä taululla, jossa olisi myös interaktiivisia mahdollisuuksia työntekijöille. Lean-ajatusmaailman mukaisesti ongelmien esiintyessä linjatuotannossa tulee niistä ilmoittaa heti työnjohtoon. Työnjohdon tulisi reagoida ilmoitukseen välittömästi, jotta linjan toiminnot eivät pysähtyisi. Tämän sähköisen taulun avulla ongelmat voitaisiin ilmoittaa nopeasti ja ne voitaisiin kohdistaa automaattisesti ongelmana olevaan positioon. Tämä myös toimisi sähköisenä rekisterinä, jossa näkisi tietyssä työssä olevat ongelmat kehitystoimintoja varten.

Sähköiset työlistat toimisivat myös suurina informaationjako alustoina tuotantoon. Asennettavien komponenttien positioiden takaa löytyisi asennusohjeet ja muut tuotannon tarvitsemat lisätiedot. Lisäksi, jos johonkin positioon täytyisi tehdä muutoksia, kirjaukset tapahtuisivat sähköisesti tauluihin, sekä etusivulle tulisi huutomerkillä

informaatio, että työ on muuttunut. Alustan avulla voisi myös tehdä positiokohtaiset materiaalipuutokset, ja näin lisäinformaationa työnjohto saisi tiedon myös siitä mistä projektista asti materiaalipuutteet alkoivat. Ylipäätään sähköisessä työlistassa olisi paljon potentiaalia esim. työnseurantaan. Vaihekuittaukset linjalla voisi toteuttaa sen avulla, työajanseuranta voisi parantaa huomattavasti ja ylipäätään kommunikaation tuotannon kanssa voisi pitkälti toteuttaa sähköisesti. Tämä antaisi myös työnjohdolle vapauksia ja loisi sähköisiä logeja projekteihin, jotta kaikki käyty kommunikaatio olisi tallessa ja sen voisi tarpeen mukaan tarkistaa. Ennen kuin sähköisiä alustoja voitaisiin ottaa käyttöön olisi kuitenkin rakennettava käytölle ja tietotarpeille sopiva alusta. Realistisesti ajateltuna, tämä olisi noin puolen vuoden tai vuoden kehitystyö ennen käyttöönottoa. Järjestelmän avulla saisi kuitenkin huomattavia hyötyjä seurantaan ja tuotannon nopeuteen.

7. MODULOITU AMBULANSSIRAKENNE

Tuotteena ambulanssi on monimuotoinen. Ambulanssissa on tiettyjä asiakastarpeita, joita jokaisessa ambulanssissa tarvitaan, mutta toisaalta on paljon optioita mitkä eroavat asiakas ja maakohtaisesti. Amarak -ambulanssin modulaarisuutta helpottaa se, että sisätilojen suunnittelu on tehty täysin ensihoitajaa ajatellen ja ensihoitajien kanssa yhteistyössä. Rajoitteena alkuperäisessä suunnittelussa oli tieliikennesäännöksiä asettama ajoneuvon leveys ja rungon määräämä pituus. Tämän avulla on asiakkaalle helpompaa perustella sisätilojen ympäristön ja laitteiden paikkojen valintoja. Tämän avulla modulaarisuutta voidaan lähteä harkitsemaan ja toteuttamaan. Modulaarisen rakenteen suunnittelu ja toteutus vaatii koko yrityksen organisaation tuen. Jotta modulaarinen tuote onnistuisi, on ambulanssin tuoterakennetta, pääkomponenttien ja optioiden sijoituspaikkavaihtoehtoja standardoitava. Optioiden tilavaraukset on määritettävä tarkasti. Tavoitteena on rajata variaatiot minimiin, rajoittamatta kuitenkaan liikaa asiakkaiden mahdollisuuksia.

7.1 Modulaarinen muuntelurakenne

Modulaarinen tuote voidaan rakentaa monella eri tapaa. Tampereen yliopistolla Konetekniikan osasto on kehittänyt tapoja erottaa erilaisia modulointi tapoja ja niiden rakenteita. Näiden niin kutsuttujen muuntelurakenteiden avulla voidaan modulointitapa päättää jo alkuvaiheessa. Tämä helpottaa modulaarisen rakenteen muodostamista ja kokonaisuuden hahmottamista sekä sen rajaamista [22].

Modulaarinen tuote voidaan toteuttaa seitsemällä eri muuntelurakenteella. Muuntelurakenteet on kuvattu alla olevassa taulukossa.

Muuntelurakenne	Kuvaus
Frame base unit	Kaikki varianttimoduulit kiinnittyvät ensisijaisesti perus yksikköön (base unit)
Big common unit	Suuri pääkomponentti, joka sopii mahdollisimman monelle, johon kiinnitetään pienempiä moduuleita. Plus-modulaarinen rakenne.
Multifunction core block	Tuotteen toiminnallisen ytimen vakiointi ja pääkomponenttien moduulien täysi vaihdettavuus.
Baukastensystem – big blocks	Tuotteessa vakioidut sijoituspaikkavaihtoehdot. Vain muutama vaihtoehto suurista moduuleista.
Baukastensystem – small blocks	Tuotteessa vakioidut sijoituspaikkavaihtoehdot. Elementeissä hyödynnetään pientä kokoa.
Envelope approach	Luodaan tuotteeseen suunnittelualueet, joilla on määrätty rajapinnat.

Function based modularity	Eri toiminnoilla on omat moduulinsa. Moduulit ovat vaihtokelpoisia toistensa kanssa.
---------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Jokaisella muuntelurakenteella on omat hyvät ja huonot puolensa. Muuntelurakenteilla on myös omat rajoitteensa, mitkä on otettava huomioon valintaa tehdessä. Muuntelurakenne on valittava ennen tuotteen moduloinnin aloitusta. Valinta luo raamit tuotteen rakenteen määrittämiseen ja helpottaa geneeristen elementtien ja moduulien suunnittelua [22].

7.2 Muuntelurakenteen valinta

Muuntelurakenteen valinnassa on tärkeää ottaa asiakastarpeet huomioon. Asiakastarpeet määrittelevät rakennetta siltä osin, että on tunnistettava muuntelun tarpeen määrä. On tunnistettava tuotteen rajoitukset ja mahdollisuudet, ennen kuin valintaa kannattaa lähteä tekemään. Muuntelurakenteet vaihtelevat isoista kokonaisuuksista pieniin, sekä kompleksisista rakenteista yksinkertaisiin. Amarok - ambulanssista voidaan tunnistaa erilaisia osa-alueita, jotka liittyvät sähköön, potilastilan rakenteeseen, lääkinnällisiin laitteisiin sekä radio- ja viestintälaitteisiin. Nämä asiat aiheuttavat rajoitteita, joten näiden asioiden huomioiminen on tärkeää muuntelurakenteen valinnan kannalta.

Ambulanssin sähköt ja sähköihin liittyvät komponentit aiheuttavat haasteita geneeristen elementtien ja moduulien luonnissa, syystä että rajapintojen määrittely kohteissa on hyvin haastavaa. Tämä rajapintojen määrittely on kuitenkin tehtävä ja esim. johtosarjojen rajapinnat ajoneuvossa on pakko määrittellä, jotta moduulinen rakenne on mahdollista toteuttaa. Tämä tarkoittaa myös sitä, että mahdolliset sähköjohtosarjat on suunniteltava moduuleihin siten, että moduulit ovat liitettävissä toisiinsa helposti plug-and-play menetelmällä.

Potilastilan rakenteella tarkoitetaan asiakkaiden tarpeiden yhtä ensimmäistä määritelmää, joka päättää potilastilan sisätilan rakenteen. Tähän asiakkaalla on kolme vaihtoehtoa, jotka ovat keskenään erilaisia ja määräävät moduulit sen mukaan. Asiakastarpeissa määritellään sivupaari-, sivupaari- suoralla oikealla seinällä sekä keskipaari ambulanssi. Nämä ovat keskenään kilpailevia vaihtoehtoja. Kahdessa ensimmäisessä vaihtoehdossa ajatellut moduulit ovat noin 80 % samat, mutta kolmas vaihtoehto rajaa moduulit siten että noin 50 % moduuleista voidaan hyödyntää keskenään. Syy on se, että keskipaari ambulanssissa sisäpuolen rakenne muuttuu huomattavasti ja rajapinnat vaihtuvat radikaalisti. Tämä tarkoittaa sitä, että jos tuote meinataan moduloida, on kannattavaa tehdä kolme erillistä tuotetta. Tämä ei kuitenkaan estä sitä, etteikö muuntelurakenne voisi olla kaikissa sama.

Lääkinnälliset laitteet aiheuttavat omat haasteensa ambulanssin moduloinnissa. Laitteita on paljon ja laitteet saattavat olla hyvin erilaisia keskenään. Tämä ei toisaalta haittaa, sillä yrityksen tehtävä on vain löytää telineet ja kiinnitysratkaisut laitteille. Kun laitteiden kiinnitysratkaisuja tarkastelee, päätyy siihen, että noin 50 % laitteista on omat kiinnitystelineensä, jotka on testattu vähintään 10 G:n testin mukaan. Ja toinen 50 % on laitteita, joilla ei välttämättä ole mitään seinäkiinnitysmahdollisuutta. Yrityksen on tarkoitus tuottaa ambulansseja suurelta osin vientiin ja kun maita on monia, myös lääkinnällisten laitteiden määrä lisääntyy entisestään. Moduuliratkaisussa kannattaa miettiä moduulit yleisimmille lääkintälaitteiden kiinnityksille ja jättää varaa myös räätälöintiin.

Radio- ja viestintälaitteet ovat vielä lääkinnällisiä laitteitakin monimutkaisempia. Asiakstarpeet näissä laitteissa ovat usein maakohtaisia ja monessa maassa on jopa omat paikalliset yritykset valmistamassa laitteita. Asia mikä laitteissa on hyvin samaa, on kuitenkin koko. Koon puolesta laiteille voidaan suunnitella ja varata paikat, jonne ne asennetaan. Asiakas tai auto kohtaiselta räätälöinniltä ei kuitenkaan voida välttyä. Toinen vaihtoehto on, että jätetään viestintälaitteet toisen yrityksen asennettaviksi kokonaan, johon kannattaa tähdätä useimmassa tapauksessa.

Näiden asiakstarpeiden ja tuotteen rajoitusten huomioiden jälkeen on tunnistettu kaksi tapaa, jolla tuotteen muuntelurakenne olisi helpointa toteuttaa. Päätuotteita on oltava kolme, muuten tuotteen moduloitu rakenne pirstoutuu liikaa ja sitä on mahdoton hallita. Muuntelurakenne ambulanssiin olisi kannattavaa toteuttaa joko "Baukastensystem Small Blocks" tai "Baukastensystem Big Blocks" muuntelurakenteen avulla. Jotta lopputuloksena valitaan vain yksi muuntelu rakenne, on näistä kahdesta vielä osoitettava parempi vaihtoehto. Alla olevan vertailutaulukon avulla voidaan tehdä lopullinen päätös, kumman rakenteen avulla Amarak -ambulanssi kannattaa moduloida. Muuntelurakenteisiin liittyvät ominaisuudet, jotka katsottiin tärkeimmiksi yritykselle, valittiin taulukkoon. Näitä kahta muuntelurakennetta vertailtiin antamalla pistemääriä 1-5, sitä korkeampi pistemäärä, mitä paremmin ominaisuus olisi toteutettavissa muuntelurakenteen avulla.

Ominaisuus	Muuntelurakenne	
	Baukastensystem - Big Blocks	Baukastensystem - Small Blocks
Kokonaisuuksien standardoiminen ja tästä hyötyminen valmistuksessa	5	4
Kokonaisuuksien standardoiminen ja tästä hyötyminen myynnissä	3	4
Kaikkien asiakastarpeiden tyydyttäminen mahdollisimman pitkälle moduloituilla ratkaisulla	2	4
Tuotannon nopeuttaminen muuntelurakenteen ratkaisulla	5	4
Tuotteen plusmodulaarisuus	4	3
Vaikeasti moduloitavien osien huomioon ottaminen (tuotteessa noin 10-20 %)	2	3
Lopputuotteen paino	4	5
Räätälöityjen ratkaisujen lisääminen tuotteeseen	2	4
Pitkälle standardoidut kiinnityskohdat tuotteessa	4	3
Alihankkijoiden hyödyntäminen valmiiden moduulien valmistuksessa	5	4
Rajapintojen määrittäminen	3	3
Modulaarisen rakenteen käyttö myynnin kannalta	3	4
Yleinen kokemus muuntelurakenteiden toimivuudesta	3	4
Tuotteen konfiguroinnin helppous	3	2
Tuotteen elinkaaren hallinta	3	3
Asiakkaan arvontuottoon vastaaminen	3	4
YHT	54	58

Kuva 44 Muuntelurakenteen valintataulukko [22]

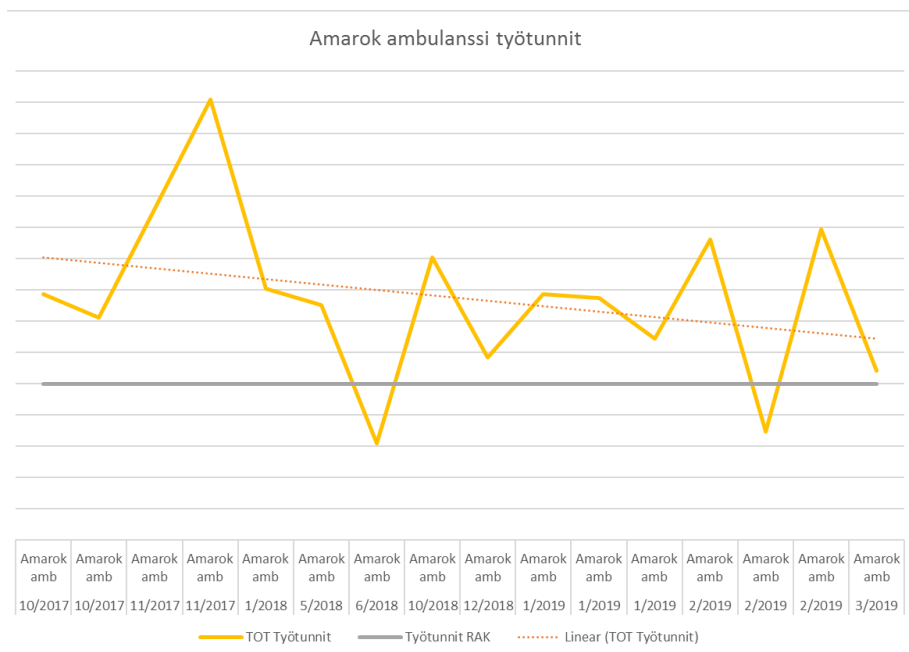
8. TULOKSET

8.1 Tuotannon tehokkuus ja läpimenoajat

Kehityssuunnitelmien teon jälkeen huomattiin, että tekemistä on paljon. Kehityssuunnitelmat luotiin diplomityön alkuvaiheen kartoituksen jälkeen, tässä tapauksessa suunnitelmat olivat valmiita nopeasti analyysin jälkeen. Suunnitelmien rajausta tuntui aluksi haastavalta, mutta tavoite oli löytää suurimmat kompastuskivet. Kehityssuunnitelmista yrityksessä valittiin tekijän johdolla ne, joiden oletettiin tuovan nopeinten tuloksia. Tavoitteet luotiin ambulanssin valmistusaikaan (työtunteihin), läpimenoaikaan sekä tehokkuuteen.

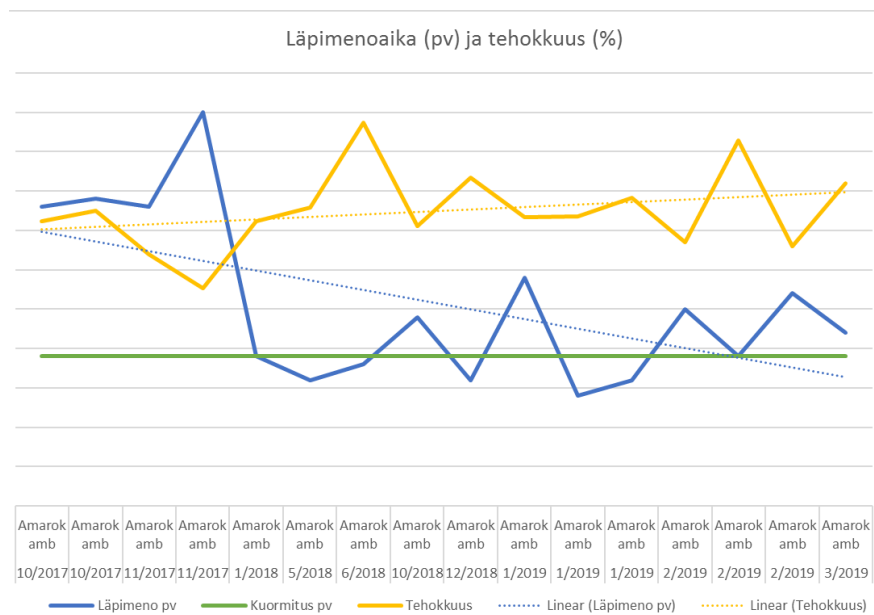
Kehityssuunnitelmat olivat kokonaisuudessaan hyvin laajat, mutta valitut kehityskohteet kuten työn standardointi ja vaihejärjestyksen muuttaminen olivat kehityskohteita, joissa ei suuria muutoksia tuotannon layoutiin tai toimintaan tarvittu. Työntekijöiden ohjeistuksella ja uudelleen sijoituksilla päästiin hyvin pitkälle. Vaikeinta tässä oli tuotannon työntekijöiden pois opettaminen vanhoista tavoista ja materiaalipaikoista ja heidän motivaation ylläpitäminen kehitysprosessissa. Kun muutokset ovat pienempiä, niin motivaatio usein seuraa perässä. Toisaalta taas, kun muutokset ovat pieniä, tulevaisuuden kehitykselle jää paljon tehtävää vielä. Kappaleessa 8.2 tarkastellaan tuotannon uutta layoutia, johon vaaditaan jo huomattavasti suurempia muutoksia.

Ambulanssin työtunneista tehtiin teoreettinen laskenta



Kuva 45 Amarok -ambulanssin valmistusaika 2017-2019

Jo kahden vuoden aikana saatiin aikaan näkyviä muutoksia. Suurimmat muutokset tapahtuivatkin noin puolen vuoden sisään ja tuotteen läpimenoajasta saatiin keskimäärin pois 35 % (Kuva 46) alla. Osa tuotteista saatiin valmistettua jopa alle tavoitteen. Tämä tapahtui suurilta osin kehityskohteiden kautta, mutta myös työntekijämäärää lisättiin noin 15 %. Tuotannon tehokkuus on kahdessa vuodessa saatu nostettua keskimäärin yli 90 % (Kuva 46) alla. Ambulanssivalmistukseen kuluvista työtunneista saatiin kehitystoimilla pois noin 70 tuntia.



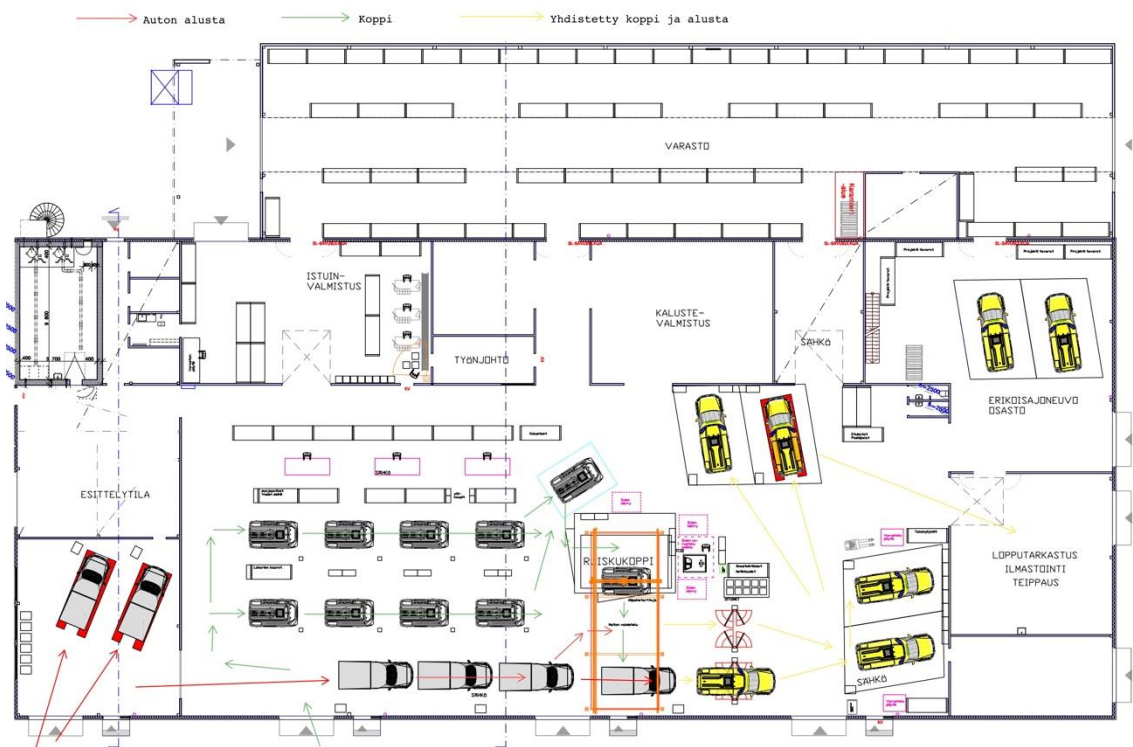
Kuva 46 Amarok -ambulanssin läpimenoaika ja tehokkuus 2017-2019

8.2 Hahmotelma tulevaisuuden tehtaasta

Yritys tähtää merkittävään kasvuun tulevaisuudessa. Moduuliambulanssi tuotteen markkinat ovat rajalliset, sillä kyseessä on haastavimpiin maasto-oloihin suunniteltu ambulanssi, jota ei joka maahan varmasti ole tarvetta hankkia. Tämän takia markkinaosuuden kasvattamista onkin haettava pitkälti Euroopasta ja muualta maailmalta. Pysyttelemineen vain ja ainoastaan pohjoismaissa ei tässä tapauksessa ole vaihtoehto. Maailmalta on kuitenkin tunnistettu potentiaalisia markkinoita tuotteelle ja kasvupotentiaalia Suomessakin valmistetuille autoille löytyy. Päästäkseen uusille markkinoille on alustavaihtoehtoja mahdollisesti lisättävä.

Tavoitteena on kaksinkertaistaa tuotanto. Se vaatii muutoksia moneen osa-alueeseen yrityksessä. Suurimpina muutoksina tulee layoutin muuttaminen, jotta kapasiteettia

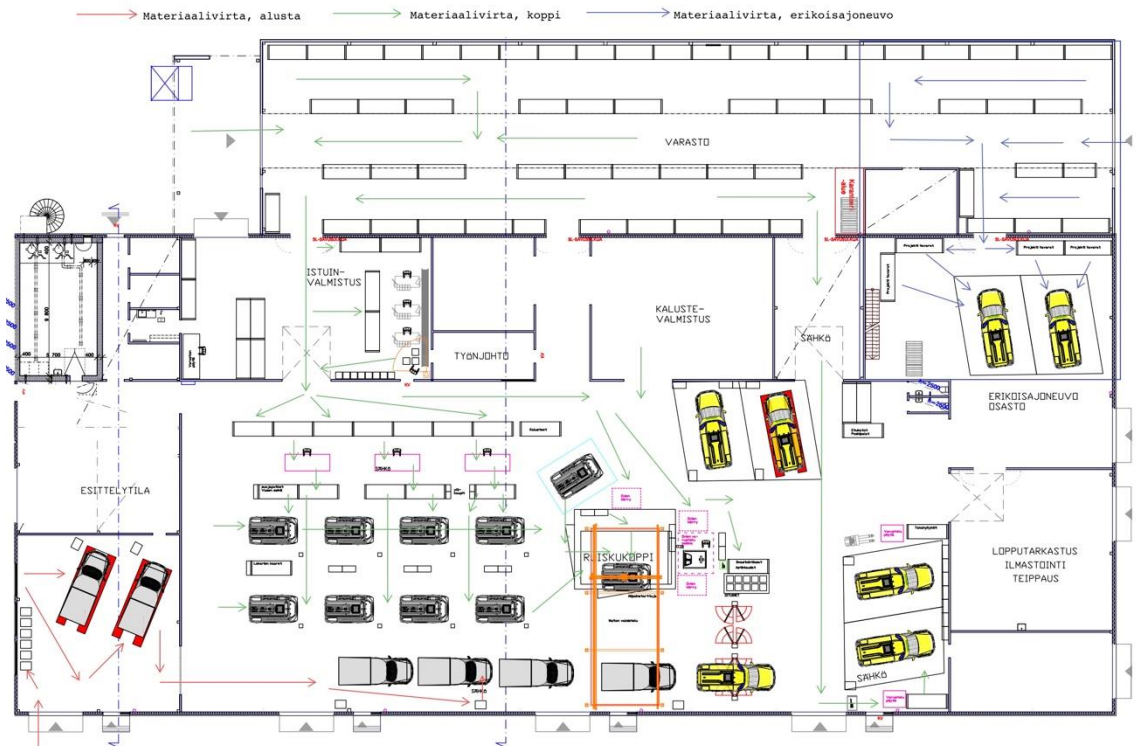
tuotantoon saadaan lisää. Tämän hetkinen tuotantolinja on kaksinkertaistettava. Tällöin voidaan tehtäviä uudelle linjalle jakaa eri tavalla. Tuotannon ehdotetun layout kuva alla (Kuva 47). Uudella linjalla materiaalin paikoitus ja niiden saatavuus tuotannon näkökulmasta voidaan toteuttaa tehokkaammin. Käytännössä alkupään linja toteutettaisiin neljänä erillisenä asennuspaikkana. Linjan tuotto olisi suunnitelmassa kaksinkertaistettu, mutta tekijöiden määrää olisi lisättävä vain 25 %. Tällä linjalla kopin varustelu tehtäisiin noin 90 % valmiiksi. Varustelun jälkeen koppi siirrettäisiin suoraan ruiskukoppiin tai vaihtoehtoisesti odotuspaikalle. Linjan eri puolet toimisivat kuitenkin eri jaksoilla, joten tällä tilannetta ei ilman linjan häiriytymistä pitäisi teoriassa tulla. Kopin lattian ruiskuttamisen jälkeen se voitaisiin suoraan nostaa nostimen avulla valmistellun ajoneuvoalustan päälle. Tähän olisi varattu kaksi asennuspaikkaa. Seuraavaksi koppi kiinnitettäisiin alustaan autonostimen avulla ja tarvittavat sähkö ja ilma- ja lämpöputket asennettaisiin alustan alle. Kiinnityksen jälkeen ajoneuvolle tehtäisiin tarvittavat sähköasennukset, jonka jälkeen se siirtyisi johonkin kolmesta loppuvarustelu ruudusta. Ajoneuvon alustan tuotantoketju näkyy kuvassa punaisella nuolella, se on tarkoituksella erotettu muista tuotannossa aiheutuvien meluhaittojen takia.



Kuva 47 Tulevaisuuden layout ehdotus ambulanssien valmistukseen

Materiaalivirtojen kanssa on tämänhetkisessä layout ratkaisussa eniten haasteita. Materiaalivirta on sekava ja materiaalihyllyjä on tuotannossa siellä täällä. Materiaalitkin ovat pahimmissa tapauksissa tuotannossa hajallaan, eivätkä työpisteiden läheisyydessä

mihin ne kuuluisivat. Uuden layoutin materiaalivirran layoutkuvassa näet alla (Kuva 48). Materiaalivirta on selkeytetty ja se luo varaston ylläpidolle mahdollisuudet toimia tehokkaammin, sillä materiaalia ei toimiteta ympäri tuotantoa. Tarkoitus on luoda vesiputoustyylinen materiaalivirta, jossa materiaalit siirtyisivät varastosta mahdollisimman lähelle esivarustelupisteille ja siitä siirtyisivät eteenpäin puolivalmisteina.



Kuva 48 Tulevaisuuden layout ehdotuksen materiaalivirrat

Tuotannon kaksinkertaistaminen ei kuitenkaan tapahdu nopealla aikataululla. Layout on kuitenkin suunniteltu siten, että se voidaan ajaa ylös siten että vain toisen puolen linja käynnistetään aluksi toimintaan ja toisella puolella tehdään muuta tuotantoa. Loppuvarustelu pisteistä voidaan ottaa käyttöön vain puolet. Materiaalin säilytykseen tarvittava tila voidaan myös puolittaa ja jäljelle jäävä tila hyödyntää muihin tarpeisiin.

9. POHDINTA

9.1 Menetelmät ja niiden hyödyntäminen yleisesti tuotannossa

Tämän työn tuloksena on saatu arvokasta tietoa yrityksen tuotannon eri osa-alueista ja laajemmin yrityksen tuotantoon liittyvästä toiminnasta ja sen kehittämisestä. Toteutettu projekti antaa raamit virtausmallin hyödyntämiseen laajemmin yritysten tuotantoketjussa. Virtausmallia hyödynnettäessä muualla on hyvä huomioida, että tämän projektin tuotanto oli linjamainen, joten tuotannon luonne voi poiketa merkittävästi esim. solutuotannossa. Projektiin liittyy erilaisuutta, sillä tutkitussa tuotannossa melkein kaikki työvaiheet ovat käsityötä ja automaatiota hyödynnetään todella marginaalisesti.

Tuotannon tehostamistoimissa virtausmallin rinnalla käytettiin erilaisia Lean-työkaluja. Näiden työkalujen käytöstä on jo satoja esimerkkejä olemassa, mutta jokainen niistä on kuitenkin erilainen. Suurimmat hyödyt projektin loppuvaiheessa huomattiin olevan työn standardoinnilla ja hukkan poistamisella. Nämä ovat asioita, joita jokaisessa tuotannon omaavassa organisaatiossa kannattaisi tutkia ja kehittää. Kuitenkin on hyvä huomioida, että asiat, joihin tässä työssä puututtiin ei välttämättä ole suoraan peilattavissa yleisesti.

Työtä varten tehtiin laaja kartoitus nykytilasta ja tuotannon kellotus oli tässä suuressa roolissa. Kun yhden tuotteen valmistus kestää päivien tai tuntien sijaan viikoista, on tärkeää huomioida ja määrittää joutuisuuskerroin tarkasti. Linjamaaisessa työssä tekijöitä on useita ja näin ollen vaihtelu saattaa olla suurta. Tämä on asia, joka on vaikuttanut työn tuloksiin ja sen mittaukseen. Asiaa on vaikea arvioida, että vaikuttaako se positiivisesti vai negatiivisesti tuloksiin. Työssä mitattavat tulokset, kuten läpimenoaika ja tehokkuus, ovat sikäli luotettavalla tasolla sillä seurantajakso on tarpeeksi pitkä. Pitkä seuranta aika poistaa lyhytaikaisen vaihtelun antaman virheen, jolloin tulokset ovat entistä luotettavia.

9.2 Arvo yritykselle

Tämän työn myötä on syntynyt tuotantoon mitattavat tavoitteet ja laaja kattaus kehityskohteita. Kuten kappaleesta 8 voidaan päätellä, tulokset kehityskohteiden toteuttamisesta ovat positiiviset ja näkyvät myös mitatuissa tuloksissa. On hyvä huomioida, että kehityskohteista on monta vielä suorittamatta ja parannusta saadaan aikaan tulevaisuudessa vielä merkittävästi.

Työn aikana tuotannon ja tuotteen kehittäminen on noussut suureen arvoon yrityksessä ja on huomattu, että toimenpiteillä on myös vaikutusta. Yrityksen sisällä tieto erilaisista menetelmistä ja kehitystyökaluista on lisääntynyt ja niitä on pyritty hyödyntämään myös muissa yrityksen toiminnoissa. Tuotteen tuoterakenne saatiin viimeistelyä ja tarkennettua työn ansiosta. Tämä on luonut varmuutta myynnille tuotteen myyntihintaa määriteltäessä.

10. JOHTOPÄÄTÖKSET

Yrityksen ambulanssituotannolla on erittäin hyvät mahdollisuudet kehittyä suuren luokan ambulanssivalmistajaksi. Yrityksen päättäjiltä vaaditaan tähän kuitenkin paljon tukea ja halua lähteä kehittämään ja laajentamaan markkinoita ulkomailla ja mahdollisuuksien mukaan myös Suomessa. Kehitysprojekteja tulevaisuuteen riittää, mutta niitä voidaan tehdä vähän kerrallaan. Helpoiten ja suurimman kasvun yritykselle saisi aikaan, kun yritys voitaisi kilpailutuksen, joka takaisi kymmenien tai satojen uusien ambulanssien tilauksen lähivuosille ja näin pääsisi myös kehityskohteita toteuttamaan rivakammin.

Tehty diplomityö on herättänyt yrityksessä suuria ajatuksia ja muitakin kehityssuunnitelmia on lähdettyosin jo toteuttamaan. Tämä luo mielenkiintoa toimihenkilöille ja tuotannon työntekijöille ja kehitys tuo aina uutta virtaa tekijöihin. Kilpailussa mukana pysymiseen paikallaan seisominen ei riitäkään vaan alalla pitää toimia aggressiivisin ottein pysyäksään mukana. Suurimpina kehityskohteina yritykselle painottaisin oston ja suunnittelun kapasiteetin hankkimista oman yrityksen sisälle. Tämä helpottaisi osin myös kehityskohteiden ja kustannustehokkuuden tavoittelua. Tuotteen komponenteissa olisi paljon parannettavaa istuvuuden kanssa, tämä osaltaan nopeuttaisi valmistusaikaa.

Diplomityön aikana tuotantoa analysoitiin monesta näkökulmasta. Monia kehitysprojekteja ehdittiin jo toteuttamaan ja toteutuksen jälkeen mittaamaan tehokkuutta, työaikaa ja läpimenoaikaa. Näissä kohteissa parannettiin ajallisia arvoja ja päästiin lähemmäksi tavoitteita. Joidenkin tuotteiden kohdalla päästiin alle tavoitteen ja tämä loi positiivista ilmapiiriä tehtaalla. Vielä on paljon tekemistä ja kehitys ei ikinä pysähdy, vaan aina voi asiat tehdä vielä paremmin. Tästä on hyvä jatkaa eteenpäin kohti tulevaisuuden ambulanssitehdasta.

LÄHTEET

[1] Ellis, C., Adams, T., Bochner, A., Autoethnography: An Overview, Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research, Vol. 12, Iss. 1, 2010, <http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/1589>.

[2] Organizational behavior; science, the real world, and you, 8th ed, in: Reference and Research Book News, Ringgold Inc, Portland, 2013, .

[3] J.K. Liker, The Toyota way 14 management principles from the world's greatest manufacturer, McGraw-Hill, New York, 2004, .

[4] M. Elbert, Lean Production for the Small Company, 1st ed. Productivity Press, GB, 2014, .

[5] L. Wilson, How to implement lean manufacturing, 2nd ed. McGraw-Hill Education LLC, New York, N.Y, 2015, .

[6] J.K. Liker, D. Meier, Toyota way fieldbook: a practical guide for implementing Toyota's 4Ps, McGraw-Hill, New York, 2013, .

[7] T. Ohno, Toyota production system : beyond large-scale production, Productivity Press, Cambridge (Mass.), 1988, .

[8] J.K. Liker, Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer, McGraw-Hill, New York, 2013, .

[9] J.P. Womack, D.T. Jones, Lean thinking : banish waste and create wealth in your corporation, Rev. and updated ed. Free Press, New York, 2003, 396 sivua p.

[10] Vorne Industries Inc. Theory of Constraints, <https://www.leanproduction.com/theory-of-constraints.html>.

[11] J. Santos, J.M. Torres, R.A. Wysk, Improving Production with Lean Thinking (1), 1st ed. John Wiley & Sons, Incorporated, Hoboken, N.J, 2006, .

[12] Manycaps consulting 5S steps, Saatavissa (viitattu 29.4.2019): https://www.manycaps.com/images/easyblog_articles/22/a1sx2_header_5s-steps.jpg.

[13] 英樹 成合, 綾夫 柘植, 彰 矢部, "Monozukuri" (manufacturing) of Japan and syn-
thesiology, Synthesiology English edition, Vol. 4, Iss. 1, 2011, pp. 56-62.
http://tut.summon.serialsolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwfv1LSwMxEB5q8aAH8YIWhdiTHvaVZDfZk5TqIot6EnxcSjYbxarZ0u4e9NebbFopgkJugQx5zTck830DQLAfer98gmQSC4NEUkiRikISglOShqWwzB_ays7eP-GbhziP-WMH4gU1ZvxupQPNYIb-eBJc3Ab54HpoC5CxxAb2mJ5bFsY8sd064jQO20OdLdxxkrD2mzninHiWtOCENuOYRcHsU1uJgRef-raA9aqx9JPM1eJLtgkb88AQDdxObkFH6W1YX5IL3AHWNzew-

[mremulrH51-CN1YXkJLNDxD1TPKDFJpJHSJnM2Z46Lswkl2eTe88pzl0cQpTIyWJkj2oKsrrfYBK/SUKwrAyIQunZWSCoyKIIW4IFxITg6g9_c4vf86D2HNvZXadgTdetqoY1ipm_ob0ux9AQ](https://www.researchgate.net/publication/331111111/mremulrH51-CN1YXkJLNDxD1TPKDFJpJHSJnM2Z46Lswkl2eTe88pzl0cQpTIyWJkj2oKsrrfYBK/SUKwrAyIQunZWSCoyKIIW4IFxITg6g9_c4vf86D2HNvZXadgTdetqoY1ipm_ob0ux9AQ).

[14] Timo Lehtonen, MEI-46000

Integroitu
tuotteen

ja

tuotannon

kehitys luentomateriaali, Tampereen Teknillinen Yliopisto, 2018, .

[15] J. Pakkanen, Brownfield process : a method for the rationalisation of existing product variety towards a modular product family, Tampere University of Technology, 2015, .

[16] Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita, 2011, .

[17] Kasten Fifo varastohylly

, Saatavana (viitattu 20.3.2019):

<https://www.kasten.fi/globalassets/images/products/pallet-racking/carton-flow/pp-p90-carton-flow-06.jpg?w=800&h=400>.

[18] M. Silaste, Opetusministeriön informaatio-ohjaus yliopistojen alueellisessa tehtävässä vuosina 2001-2009, Tampereen yliopisto, 2012, .

[19] Energiavirasto Informaatio-ohjauksen kokeiluhanke - Tepsii kö tuupaus kuluttajien sähkönkulutukseen? Saatavissa (viitattu 25.1.2020):

<https://energiavirasto.fi/documents/11120570/16249680/Informaatio-ohjauksen-kokeiluhanke.pdf/85c20fe5-f209-bb49-90a2-f629523b6348/Informaatio-ohjauksen-kokeiluhanke.pdf>.

[20] M. Bemelmans-Videc, R.C. Rist, E. Vedung, Carrots, sticks & sermons : policy instruments & their evaluation, Transaction, New Brunswick, 1998, .

[21] H. Jalonen, Informaatio-ohjaus tietojohdamisen näkökulmasta,

Informaatiotutkimus, Vol. 27, Iss. 2, 2008, pp. 34-47. Available (accessed ID:

doaj_soai_doaj_org_article_d0743edc3df24bed94fa3069efbea021): .

[22] Juuti Tero, Lehtonen Timo, Pakkanen Jarkko, Tuotteen

muuntelurakenteet luentomonisteet, Tampereen Teknillinen Yliopisto, 2019, .

LIITE A: TYÖNMITTAUKSEN TUTKIMUSPÖYTÄKIRJA

TUTKIMUSPÖYTÄKIRJA Normaaliaikatutkimus

PR 7.1.2019

Tuote	Amarok Ambulanssi moduuli	Tekijä	
Projekti		Pvm	11.9.2017
Työnvaihe		Tutkija	MKO
Työpiste			

TYÖ				tv min	kerr	tn min	Huom.
No.	Kuvaus				1,00		
1				12	1,00	12	
2				3	1,00	3	
3				4	1,00	4	
4				5	1,00	5	
5					1,00	0	
6					1,00	0	
7					1,00	0	
8					1,00	0	
9					1,00	0	
10					1,00	0	
11					1,00	0	
12					1,00	0	
13					1,00	0	
14					1,00	0	
15					1,00	0	
16					1,00	0	
17					1,00	0	
18					1,00	0	
19					1,00	0	
20					1,00	0	
21					1,00	0	
22					1,00	0	
23					1,00	0	
24					1,00	0	
25						0	

TN	24	min
Apu aika 25%	6	min
Työarvo T	30,00	min

0,50 h
2,0 vaihe / h

HUOM!

Amarok Ambulanssimoduulin kellotus.xls