



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

ESIVARUSTELUSOLUN MATERIAALINOH- JAUKSEN PARANTAMINEN

Tero Perävainio

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2018
Konetekniikka
Koneautomaatio



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Koneautomaatio

PERÄVAINIO, TERO:

Esivarustelusolun materiaalinohjauksen parantaminen

Opinnäytetyö 35 sivua
Huhtikuu 2018

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella työntöohjauksella toimivan esivarustelusolun materiaalinohjauksen muuttaminen imuohjatuksi. Tuotevalikoimassa ja tuotantokapasiteetissa tapahtuvien muutoksien takia käytössä ollut järjestelmä vaati jatkuvaa hienosäätöä. Työn tilaajana oli Sandvik Mining and Construction Oy. Työalueesta rajattiin pois nimikkeiden toimitusvarmuuteen liittyvät asiat.

Opinnäytetyö aloitettiin kvalitatiivisesti tutkimalla ensin teoriaa aiheesta ja etsimällä esimerkkejä materiaalinohjauksen muuttamisesta. Nykytilanne ja haasteet selvitettiin haastatteleamalla työntekijöitä. Haastattelujen pohjalta laadittiin kehitysehdotuksia ja analysoitiin niiden aiheuttamia vaikutuksia ja vaatimuksia tuotannossa. Suurimpia haasteita oli löytää tietoa vastaavaan tuotantomuotoon sovelletusta imuohjauksesta, sillä suurin osa kirjallisuudesta oli yleistävää ja eri tuotantomuotoja ajatellen kirjoitettu.

Työssä saatiin hyvin hahmotetuksi nykytilanteen haasteet, joista moni johtui materiaalinohjaustavasta. Tuotannon kannalta tärkeimpiä epäkohtia olivat materiaalin kerääntyminen esivarusteluun ja valmiiden kokoonpanojen toimittaminen loppukokoonpanoon. Tärkeimpänä parannusehdotuksena oli puskurivarastojen luonti solun ympärille tasaamaan vaihteluja. Osaston vierailu Turun-tehtaalla toi uusia näkökulmia tekemiseen monella tuotannon eri alueella sekä vahvisti teorian pohjalta laadittua suunnitelmaa muutoksista.

Tulevaisuudessa opinnäytetyötä voidaan käyttää pohjana valmisteltaessa joko yksittäisiä muutoksia tai vietäessä tuotantoa kokonaan imuohjaukseen päin. Monia aiheita voidaan soveltaa myös esivarustelun ulkopuolella tai koko tuotantoketjussa. Nykytilanteessa realistisista muutoksista kannattaisi laatia tarkka toteutussuunnitelma, jonka avulla ehdotuksia voidaan viedä käytäntöön.

Asiasanat: tuotanto, materiaalinohjaus, imuohjaus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Machine Automation

PERÄVAINIO, TERO:
Developing material control in a sub-assembly cell

Bachelor's thesis 35 pages
April 2018

The goal of this thesis was to create a design for changing the material control in a sub-assembly cell from a push-system into a pull-system. Because of the constant change in the product variety and production capacity, the current system also needed constant adjusting. This assignment was commissioned by Sandvik Mining and Construction Oy. Issues involving the reliability of delivery were not included to this work.

A qualitative approach was used in this thesis by searching information and examples about the given task. The present situation and its challenges were identified when discussing with workers.

Most of the challenges in the cell were the result of a poorly working material control system. The most important flaws in the production were the piling up of materials in the sub-assembly and delivering completed works to final assembly. The most useful idea to fix this was creating buffer storages around the cell to level out changes in production. Visiting Sandvik Turku brought a new perspective on how different areas of production can be done, and confirmed existing theories about implementing a pull-system.

In the future, this work can be used as a base for singular changes or changing the material control completely into a pull-system. Many of these ideas can also be applied to different stages of production. It would be wise to consider making exact plans for putting these changes to practice.

Key words: production, material control, pull-system

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	YRITYS.....	8
	2.1 Sandvik Ab	8
	2.2 Tampella-Tamrock.....	8
3	TUOTANNONOHJAUKSEN TEORIA.....	10
	3.1 Tuotantomuodot.....	10
	3.2 Varastointi.....	12
	3.3 Valmistusjärjestelmä.....	13
	3.4 Materiaalinhjaus.....	13
	3.5 Työntöohjaus	14
	3.6 MRP ja MRP II.....	15
	3.7 Imuohjaus.....	16
	3.7.1 Kanban	16
	3.8 Juuri oikeaan aikaan (JIT).....	17
	3.9 Optimoitu tuotantoteknologia (OPT).....	18
4	NYKYTILANNE	19
	4.1 Nykytilanteen haasteet	19
	4.2 ERP -ohjelmiston käyttö	20
	4.2.1 Vaihejärjestelmä.....	20
	4.3 Materiaalivirran huomioiminen layoutissa	21
	4.3.1 Materiaalin käsittelyvälineet	22
5	KEHITYSEHDOTUKSET	23
	5.1 Yleistä pullonkaulan käsittelystä	23
	5.2 Materiaalinhjauksen muuttaminen.....	24
	5.2.1 Puskurivarastot.....	24
	5.2.2 Puutelavojen poistaminen valmistusketjusta	25
	5.2.3 Kanban-ajattelun hyödyntäminen	25
	5.2.4 Aloitustarkastelu keräilyssä	27
	5.2.5 Layout-muutokset	27
	5.3 Pitemmän aikavälin muutoksia	27
	5.4 Muita muutoksia	28
6	KEHITYSEHDOTUSTEN TOIMEENPANO.....	30
	6.1 Yleistä	30
	6.2 Realistisesti toteutettavissa olevat	30
	6.3 Tulevaisuudessa toteutettavissa	31
	6.4 Huomioitavaa muutoksia tehtäessä.....	32

7	JOHTOPÄÄTÖKSET	33
8	POHDINTA.....	34
	LÄHTEET.....	35

LYHENTEET JA TERMIT

Evs	Esivarustusolu
Layout	Valmistusjärjestelmä/pohjapiirustus
MRP	Material Requirements Planning/ Tarvelaskenta
JIT	Just In Time/ Juuri oikeaan aikaan
OPT	Optimized Production Technology/ Optimoitu tuotantoteknologia
ERP	Enterprise Resource Planning/ Toiminnanohjausjärjestelmä
5S	Organisointi ja työmenetelmien standardointi menetelmä
RFID	Radio frequency identification/ teknologia, joka hyödyntää radioaaltoja esineiden tunnistuksessa

1 JOHDANTO

Sandvikin Tampereen tehtaan tuotannonkehityksestä tarjottiin opinnäytetyö mahdollisuutta liittyen esivarustelusolun kehittämiseen. Tehtaalla tehtiin layout-muutoksia ja kyseistä solua päätettiin myös kehittää vastaamaan muuttunutta tuotantokapasiteettia.

Tämä työ keskittyy solun materiaalinohjauksessa olevien haasteiden tunnistamiseen ja niiden pohjalta kehitettäviin parannusehdotuksiin. Alun perin tarkoituksena oli parannusehdotuksien perusteella valita realistisesti heti toteutettavissa olevat ehdotukset, jotka laitettaisiin käytäntöön. Organisaatiomuutosten ja layout-muutosten viivästymisen takia päätettiin kuitenkin jättää toimeenpano tämän työn ulkopuolelle. Toimeenpanosta kertomisen sijaan työssä analysoidaan eri kehitysehdotuksien vaikutuksia ja vaatimuksia teoriatasolla tuotantoon.

Työn rakenne alkaa kuvauksella yrityksestä ja sen historiasta. Seuraavaksi perehdytään teoriaan tuotannonohjauksen eri osa-alueista, jonka jälkeen käydään läpi nykytilannetta ja sen sisältämiä haasteita. Sitten keskitytään kehitysehdotuksien kuvaamiseen, sekä niiden toimeenpanon tuomien vaikutuksien analysointiin. Johtopäätöksissä perehdytään siihen, mitä työllä on saavutettu, mitä aiheesta on opittu ja kuinka työtä voisi kehittää entisestään. Lopussa on vielä pohdinta, miten työssä onnistuttiin ja mihin jäi parantamisen varaa.

Työalueesta päätettiin rajata pois toimitusvarmuuteen ja osien saatavuuteen liittyvät ongelmat. Kaksilaatikkojärjestelmän puutteita ei myöskään huomioida tässä työssä. Pääpiirteittäin keskitytään siis kappaleiden siirtymiseen tehdasalueella varastosta tai vastaanotosta esivarustelusoluun, materiaalin varastointiin ja liikkeisiin solussa ja lopulta materiaalin siirtymiseen pois solusta.

2 YRITYS

Tässä osiossa kerrotaan lyhyesti koko Sandvikin konsernin historiasta ja nykytilasta. Lisäksi perehdytään Tampereen tehtaan ja Tampella Tamrockin syntyhistoriaan, josta nähdään, mitkä tekijät ovat johtaneet nykytilanteeseen.

2.1 Sandvik Ab

Sandvik perustettiin vuonna 1862 Sandvikenissa Ruotsissa Göran Fredrik Göranssonin toimesta. Göransson oli ensimmäisenä onnistunut käyttämään Bessemer-prosessia valmistaakseen terästä teollisessa mittakaavassa ja teräksen valmistus on jatkunut siitä nykypäivään asti. Teräksen ja eri metalliseosten lisäksi yhtiö valmistaa nykyään työkaluja ja järjestelmiä metallin leikkaamiseen sekä laitteita että palveluja kaivos- ja rakennus-alalle. (Sandvik 2017)

Nykyisin yhtiöllä on maailman laajuisesti noin 43000 työntekijää ja liikevaihto oli 91 miljardia Ruotsin kruunua vuonna 2017. Konsernin nykyinen toimitusjohtaja on Björn Rosengren ja pääkonttori sijaitsee Tukholmassa. (Sandvik 2017)

2.2 Tampella-Tamrock

Tamperelainen Tampella perusti vuonna 1943 paineilmakoneosaston, joka tuotti varaosia kaivosporakoneisiin. Myöhemmin osastosta tehtiin erillinen divisioona ja otettiin Tamrock-nimi käyttöön. (tekniikka&talous 2006)

Tampella-Tamrock solmi vuonna 1970 Kiinan kanssa ilmeisesti maailman historian suurimman porakonekaupan, joka sisälsi 10000 kallioporakonetta. Hinnaksi tuli 30 miljoonaa markkaa eli enemmän kuin Suomen ja Kiinan välinen kauppa edeltävänä vuonna yhteensä. Koska Tampellan alueella ei ollut tilaa näin suurelle urakalle, Tamrockin johtaja Matti Kilpinen esitti uuden tehtaan rakentamista Tampellan hallitukselle. Tampereen kaupungin johtaja järjesti tontin Tampereen Myllypurosta ja tehdas valmistui jo 1. syyskuuta 1972. (Aamulehti 2018)

Tampella-Tamrock:sta tuli 1980-luvulla maailman suurin hydraulisten kivenporauslaitteiden valmistaja (tekniikka&talous 2006). Tamrockin nimi vaihtui lopulta 1998 Sandvikiksi, kun ruotsalainen suuryhtiö osti Tamrockin noin 600 miljoonalla markalla (Aamulehti 2018)

Nykyään pinta- ja tunneliporalaiteiden valmistus jatkuu Sandvikin nimen alla Tampereen Myllypurossa. Poralaitevalmistus edellyttää jatkuvaa kehitystä koko ajan teknologian edistyessä ja vaatimusten kasvaessa.

3 TUOTANNONOHJAUKSEN TEORIA

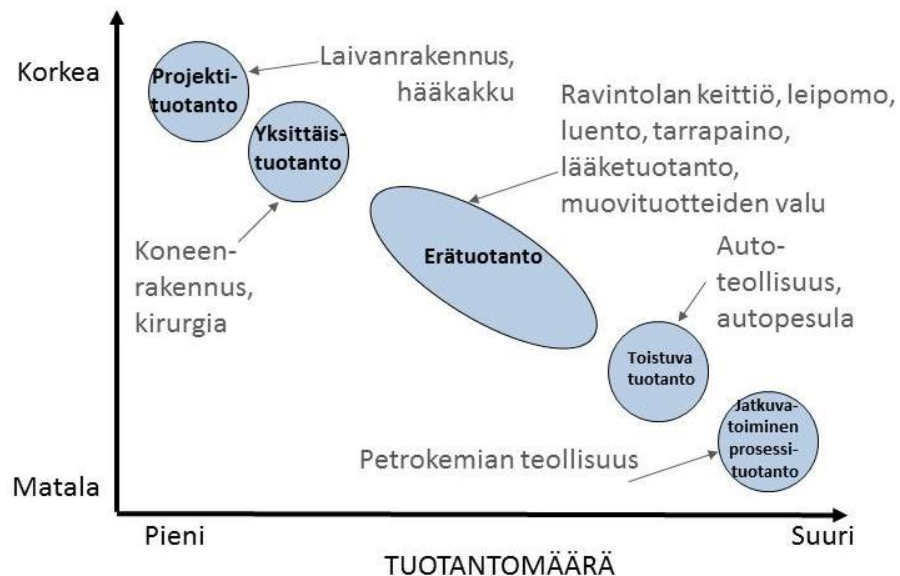
Tässä kappaleessa käydään pääpiirteittäin läpi tuotannonohjauksen perusteet ja kerrotaan tarkemmin nykyään yleisimmin käytetyt tuotannonohjausperiaatteet opinnäytetyön aiheen näkökulmasta. Tuotantomuotojen kertaamisella pyritään perustelemaan, miksi tarvitaan erilaisia ohjausmuotoja. Lisäksi käydään läpi varastointiin ja logistiikkaan liittyviä asioita, kuten myös tehtaan valmistusjärjestelmän vaikutusta tuotantoon.

3.1 Tuotantomuodot

Nykyään tuotteiden asiakaslähtöinen modifikaatio on tuonut mukanaan ongelmia valmistuksen monimutkaistuessa eri variaatioiden takia, jonka johdosta on pitänyt kehittää uusia tuotannonohjausmetodeja, jotka soveltuvat paremmin nykytuotantoon. Varsinkin yksittäistuotannossa ohjausmenetelmän merkitys kasvaa verrattuna perinteiseen massatuotantoon, koska pyritään mahdollisimman tehokkaaseen ja kaavamaiseen valmistustapaan, vaikka tuotteissa on merkittäviä vaihteluja.

Logistiikan maailman mukaan ”Teollinen tuotanto voidaan jakaa karkeasti kahteen tuotantomuotoon. prosessituotanto ja kappaletavaruotanto”. Tarkastelemalla tuotantovo-lyymia eli tuotannon määriä ja valmistettavan tuotevalikoiman laajuutta voidaan jakoa tarkentaa alla olevan kuvan osoittamalla tavalla (Kuva 1).

TUOTANNON VAIHTELEUVUUS
(variaatioiden määrä tuotevalikoimassa)



KUVA 1. Tuotantomuodot (Logistiikan maailma)

Projektituotannossa jokainen tuote on oma yksilönsä, jonka variaatioiden määrä on äärettömän, kun taas prosessituotannossa tuotevaihtelu on pientä, mutta tuotantovolyymi on suuri. Näiden väliin on eritelty kolme tuotantomuotoa, jotka ovat kaikki käytännössä kappaletavaruotannon eri muotoja. Yksittäistuotannossa valmistetaan joustavilla resursseilla hyvin erilaisia tuotevariaatioita, joiden tuotanto kuitenkin noudattaa tiettyä toistuvuutta. Erätuotanto perustuu valmistuseriin, joissa tehdään samaa tuotetta vaadittu määrä. Toistuva tuotanto perustuu useimmiten tuotantolinjoihin, joissa tarkalla organisoinnilla on nostettu kustannustehokkuutta. Tuotevariaatioiden vaikutus valmistukseen on minimoitu. (Logistiikan maailma 2018)

Tuotteita voidaan myös usein valmistaa eri muodoissa volyymin koon mukaan tai tuotannon eri vaiheiden mukaan. Esimerkiksi erätuotannolla voidaan tuottaa osia yksittäistuotantoon valmistusketjussa. Yleensä tuotantomäärän kasvaessa yksittäisen kappaleen valmistusaika on lyhyempi kuin pienellä tuotantovolyymillä. (Logistiikan maailma 2018)

3.2 Varastointi

Varastoinnilla pyritään tasoittamaan tavaroiden saatavuudessa esiintyviä vaihteluja eli lisäämään toimitusvarmuutta ja palveluastetta. Miettisen (1993, 76) mukaan: ”varastointikustannukset ovat vuodessa noin 20-55 % varastoon sidotun pääoman arvosta”. Yrityksen kannalta paras tilanne olisi, jos varastoja ei tarvittaisi lainkaan, koska silloin ei tarvitsisi sitoa pääomaa tai kallista tuotantotilaa varastoihin. Tällöin kaikille raaka-aineille olisi jo tullessa käyttökohde ja valmiille tuotteille ostaja. Käytännössä tällaisen tilanteen saavuttaminen on harvinaista. (Miettinen 1993, 75)

Stephens ja Meyern (2010, 11) mukaan varastointi maksaa noin 35 % vuodessa varaston arvosta. Näihin kuluihin sisältyvät tiloihin, pääomaan ja materiaalinkäsittelyyn sitoutuneet kulut kuten myös työntekijöihin, tuotteiden vahingoittumiseen ja vanhenemiseen.

Varastot voidaan luokitella raaka-aine-, puolivalmiste- ja valmistevarastoihin. Raaka-ainearastot on yleensä jaoteltu vielä käyttövarastoihin, joita kulutetaan normaalisti täydennyserien välillä, ja varmuusvarastoihin, joita käytetään vain kriittisissä tilanteissa. (Miettinen 1993, 74)

Pääomaa sitoutuu yrityksessä materiaali- ja valmistevarastoihin sekä keskeneräiseen tuotantoon. Tuotannonohjauksessa tavoitteena on, että tuotteen jalostusarvo kasvaa koko ajan sen valmistuksen edetessä tai sitä ollaan kuljettamassa asiakkaalle. Keskenjääneistä vailla tietoa olevista tuotteista tulisi pyrkiä eroon sitoutuneen pääoman pienentämiseksi ja varmuusvarastojen kokoa määritettäessä tulee huomioida sen vaikutus varaston sitomaan pääomaan. Varastojen ohjaamisessa voidaan käyttää esimerkiksi ABC-analyysiä apuna. (Miettinen 1993, 26,73,79)

Varastoja tulisi rajoittaa niin paljon kuin mahdollista. Myös varmuus- ja puskurivarastoja, jotka ainoastaan paikkaavat ongelmia, tulisi pikkuhiljaa pyrkiä karsimaan. (Browne, Harhen & Shivnan 1996, 352)

3.3 Valmistusjärjestelmä

Valmistusjärjestelmä eli layout tarkoittaa koneiden, laitteiden ja työnkulun muodostamaa järjestelmää, missä tuotannon fyysisen organisoinnin eli kappaleiden logistiikan suunnittelu on tärkeässä osassa tuotannonohjausta (Miettinen 1993, 31).

Tuotantosolu on kokoelma laitteita, joilla voidaan valmistaa tietty osa tai osaperhe tiettyine ominaisuuksineen. Tavallisesti laitteisto asetetaan työntekijän ympärille u-malliseksi. Tuotantosoluilla saadaan pienennettyä varastoja, tavarankulkumiseen kuluva aikaa ja valmistukseen kuluva aikaa. (Stephens, Meyers, 2010, 102–103)

Tuotantosoluihin perustuvassa järjestelmässä solut ovat itsenäisesti toimivia tuotantoyksiköitä. Tuotannonohjaus yksinkertaistuu, kun soluja ohjataan kokonaisuuksina yksittäisten työvaiheiden sijaan. Yleensä materiaalia varastoidaan solujen välille puskurivarastoiksi ja soluissa onkin usein enemmän työpaikkoja kuin työntekijöitä. Työntekijät myös osaavat tehdä useita eri työvaiheita, mikä mahdollistaa tuotannon suuremman joustavuuden ja päästään eroon yksitoikkoisista työvaiheista. (Miettinen 1993, 34)

Virtavaan tuotantoon perustuva järjestelmä auttaa lyhentämään toimitusaikoja ja pienentämään varastoja. Virtaukseen perustuvat layoutit ovat tärkeitä nykyisin, kun tuotteiden elinkaari on lyhentynyt ja asiakkaat odottavat nopeaa toimitusta. (Browne, Harhen & Shivnan 1996, 352)

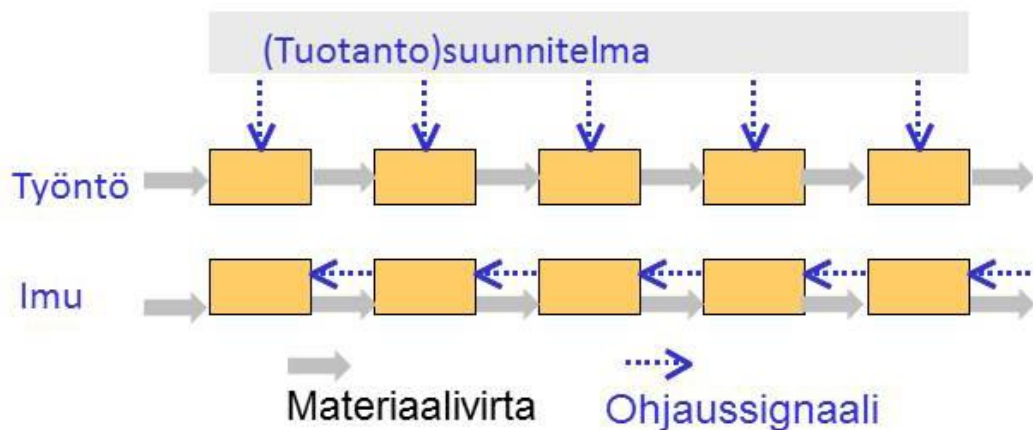
3.4 Materiaalinohjaus

Materiaalinohjauksella tarkoitetaan yleisesti materiaalivirtojen ja niihin liittyvien tietovirtojen suunnittelua ja valvontaa. Tavoitteena on sitoutuneen pääoman pienentäminen, lisäarvojen maksimointi ja kustannustehokkuuden kasvattaminen. Materiaalinohjaus jaetaan hankintaan varastointiin, kustannuksiin ja jakeluun. Lisäksi tulee huomioida, että tuotannossa materiaalin tulee olla oikeassa paikassa oikeaan aikaan, oikealla määrällä ja sovitun laatuksena. (Miettinen 1993, 69)

Materiaalin käsittelyyn kuluvaan työn määrä tulisi minimoida ilman, että tuottavuus tai palvelutaso kärsii. Käsittelyn vähentäminen yksinkertaistamalla, yhdistelemällä, lyhentämällä tai eliminoimalla ylimääräisiä liikkeitä vähentää työn kokonaismäärää. Monen yksittäisen kappaleen siirtäminen yhdellä kuormalla on tehokkaampaa kuin yhden kappaleen siirtäminen kerrallaan. Työalueilla epäorganisoidut tilat ja tukitut käytävät pitäisi hävittää. (Stephens, Meyers, 2010, 278–279)

3.5 Työntöohjaus

Työntöohjauksessa tuotannonohjaus perustuu tuotantosuunnitelmaan, jonka mukaan kappaleet ”työnnetään” suunnitelman mukaisesti tuotannon läpi (Kuva 1). ”Työntöohjauksessa ennalta tehty suunnitelma ”työntää” tilaukset tuotannon läpi, imuohjauksessa seuraava vaihe ”imee” tarpeen mukaan materiaaleja edeltävältä vaiheelta.” (Logistiikan maailma) Tarvelaskentaa (MRP ja MRP II) käytetään yleensä ohjauksessa, jossa keskenraeiselle tuotannolle tai varastolle ei ole asetettu ylärajaa.



KUVA 1. Työntö- ja imuohjaus (Logistiikan maailma)

3.6 MRP ja MRP II

MRP (material requirements planning) on tarvelaskentaan perustuva suunnittelu ja aikataulutukseen käytetty tekniikka, jota käytetään kokoonpanotuotteiden erä- tai massatuotannossa. Tuotannosuunnittelu prosessi aloitetaan laatimalla tuotantosuunnitelma. Tuotantosuunnitelmassa määrätään valmistettavien tuotteiden ja tarvittavien osien määrä sekä valmistusaika jokaiselle valmistuksen vaiheelle. (Stevenson 2014, 495)

MRP II kehittyi MRP:stä, koska valmistajat huomasivat tarvetta tarkemmalle järjestelmälle. Materiaalin suunnitteluun lisättiin kapasiteettivaatimusten suunnittelu ja markkinointi ja talouspuoli otettiin mukaan suunnitteluprosessiin. Useimmat MRP II järjestelmät mahdollistavat simuloinnin, jotta käyttäjät saavat paremman kuvan käytettävissä olevista vaihtoehdoista ja niiden seurauksista. (Stevenson 2014, 511–512)

MRP/MRP II paradigma toi esiin harhaluulon liittyen varaston kontrollointi tekniikoiden hyödyntämiseen kysynnästä riippuviin nimikkeisiin. Suurin osa valmistuksesta keskittyy tuottaviin kokoonpanoihin ja materiaalilaskenta on keino siirtää kysyntä valmiilta tuotteelta komponenteille, joista tuote koostuu. MRP II myös näytti, että hierarkinen suunnittelu sisältäen monin eri tasoin kuvaavia valmistusprosessin yksityiskohtia, on tehokas tapa käsitellä valmistusjärjestelmien monimutkaisuutta ja vaihtelua. (Browne, Harhen & Shivnan 1996, 346–348)

MRP kehittyessään kohti MRP II:sta on hakenut hienostuneisuutta mutta saavuttanutkin monimutkaisuutta sen sijaan ja pyrkinyt hoitamaan liian monta ongelmaa samalla yksinkertaisella tavalla, jonka vuoksi järjestelmästä on tullut liian laaja. MRP:n ongelmia ovat kapasiteetin määrittämisen jättäminen käyttäjälle, koska siihen liittyy niin monta muuttujaa ja tuotannosuunnittelijan roolin tärkeys, jotta aikataulutus on järkevää. MRP toimii melko hyvin niin kauan, kun tuotanto pysyy ennustetulla tasolla. (Browne, Harhen & Shivnan 1996, 346–348)

3.7 Imuohjaus

Miettisen (1993) mukaan: ”Imuohjauksessa suunnittelun painopiste on tuotannon loppupäässä.” Osien valmistamista tai keräilyä voidaan ohjata visuaalisesti esimerkiksi kaksi-laatikkojärjestelmällä, jossa toisen laatikon tyhjentyessä tilataan lisää tuotetta tai lähetetään tyhjä laatikko valmistukseen, jossa se toimii impulssina uuden erän valmistukseen. Tuotannon loppupäässä keskeneräiseen tuotantoon sitoutuneen pääoman määrä on suurin, ja imuohjausta käytettäessä ohjaus kohdistuu sinne, missä se on kannattavinta. (Miettinen 1993, 55)

Informaatiojärjestelmää, jota imuohjaus usein edellyttää, kutsutaan nimellä Kanban. Tässä järjestelmässä kapasiteetin ja varastojen ohjausjärjestelmä pohjautuu siis imuun, jossa materiaali imetään loppukokoonpanoon ja kaikki työvaiheet on liitetty siihen yksinkertaisin visuaalisin keinoin (Kuva 1). Työntekijät noutavat tarvitsemansa osat edeltävältä työasemalta, jolloin kyseinen asema aloittaa mahdollisimman nopeasti uuden erän tai kappaleen valmistuksen. (Miettinen 1993, 55)

Imuohjausta on helpointa toteuttaa kohteissa, joissa tarve on melko tasaista ja täydennykset nopeita. Haasteellisempaa se on, jos kysyntä vaihtelee jatkuvasti tai täydennysajat ovat pitkiä tai ennalta arvaamattomia. Työntö- ja imuohjausta harvoin esiintyy koko tuotannon läpi sellaisenaan, vaan käytännössä näitä periaatteita yhdistetään, jotta saadaan kokonaisuuden kannalta tarkasteltuna oikeanlainen materiaalivirran ohjaus kyseisiin olosuhteisiin. (Logistiikan maailma)

3.7.1 Kanban

Kanban on suosituin tapa toteuttaa imuohjattu järjestelmä, koska se on yksinkertainen ja läpinäkyvä metodi, jonka arvot on helppo opettaa. Se ei myöskään vaadi merkittäviä muutoksia alusta lähtien. Järjestelmän perustana toimii mahdollisimman tarkka työmäärän kartoitus, jonka perusteella luodaan kanban-taulu. Tuotteen tilaa kuvataan taulussa normaalisti kolmella osiolla, jotka ovat pyynti, keskeneräiset ja valmiit. (Kanbanize 2018)

Kanban on signaalitaulu, josta selviää materiaaltarve, ja joka kertoo visuaalisesti koska tuottaa seuraava yksikkö tai erä. Usein käytetään myös nimitystä imuohjaus, joka eroaa tavallisesti käytetystä työntöohjauksesta, kuten JIT tai MRP. Työntöjärjestelmissä osia tuotetaan vain, kun tarvitaan tai niitä pyydetään. (Stephens, Meyers, 2010, 5)

3.8 Juuri oikeaan aikaan (JIT)

JIT-periaate on japanilaisten kehittämä tuotannonohjausperiaate, jonka mukaan yksinkertaisuus on tuotannonohjauksessa tehokkuuden avain. JIT:ssä suhtaudutaan kriittisesti varastoihin niiden aiheuttamien kustannusten takia. Lisäksi tavoitteena on kaiken turhan poistaminen, mikä tarkoittaa keskeneräisen tuotannon, jota ei työstetä, turhien varastojen sekä yleisesti turhan työn poistamista. JIT-tuotanto edellyttää tuotannon virtauttamista ja imuohjauksen käyttöönottoa. (Miettinen 1993, 51–52)

JIT yrittää synkronoida koko valmistusprosessin kaikki osat ja toiminnot yhteen systeemiin. Hyvin suunnitellussa järjestelmässä kontrolloinnista tulee huomattavasti helpommin hoidettava asia. Toistuvassa valmistuksessa voidaan hyödyntää kontrolloinnissa manuaalista Kanban-järjestelmää. (Browne, Harhen & Shivnan 1996, 348–349)

Suurin osa JIT:n hyödyistä on toistuvassa tuotannossa. Jos valmistus on vaihtelevaa, kysyntää on mahdoton arvioida tarkasti ja tuotevariaatioita on paljon, JIT ratkaisun kehittäminen saattaa olla mahdotonta. Lisäksi pitää huomioida, että Japanissa, jossa systeemi kehitettiin, tavarantoimittajat ovat lähellä, joten vastaavaan tilanteen luominen saattaa olla vaikeaa. (Browne, Harhen & Shivnan 1996, 349)

JIT-edustaa jollain tavalla sosio-tekniä lähestymistapaa tuotannosuunnitteluun ja valmistusjärjestelmän suunnitteluun ja tuotantoon yleensä. Laatuun painottuva lähestyminen sisältää jatkuvaa parantamista kohti laatuvirheettömyyttä, hyödyntäen pienryhmien aktiivista parannusehdotusta laajasti käyttäen apuna ryhmän tieto-taitoutta. Painotus työntekijöiden perehdytykseen ja koulutukseen, jatkuvaan parantamiseen valmistusprosessissa ja oppimiseen tehdyistä virheistä varmistukseen, ettei virheitä toisteta, todistaa väitettä. (Browne, Harhen & Shivnan 1996, 350)

3.9 Optimoitu tuotantoteknologia (OPT)

OPT-tuotannonohjausperiaatteen pohjana on JIT, johon on yhdistetty tehokas tietokantojen ja ATK:n hyödyntäminen. Tavoitteena on JIT:n tapaan kaiken turhan poistaminen ja hukkan minimointi. OPT keskittyy kriittisiin resursseihin, jotka kontrolloivat tehtaan tuotantoa eli muodostavat pullonkaulan. Siksi ei-pullonkaularesurssien tuotannon kasvattaminen nähdään turhana, koska pullonkaularesurssit määräävät sekä läpivirtauksen että varastojen koon. Tämän vuoksi pitäisi keskittyä pullonkaulan tehostamiseen ja varmistaa, että sitä käytetään täydellä kapasiteetilla, sillä toimeentomaksi jäädessään aika on menetetty lopullisesti. (Miettinen 1993, 58–59)

Hienosuunnittelua pullonkaulavaiheille voidaan toteuttaa esimerkiksi siirtämällä töitä muille koneille tai työpisteille, lisäämällä työntekijöitä, lyhentämällä asetusajoja ja suurentamalla eräkokoja. OPT:ssä myynnin ottaminen mukaan tuotannosuunnitteluun on olennaista, jotta tuotannon volyymivaihteluita voidaan tasata. Tietokantasovelluksien hyödyntäminen aikataulujen laatimisessa ja uusien menetelmien simuloinnissa auttavat myös päätösten teossa. Tuotanto tulisi jakaa erikseen valmistuksen ja kokoonpanon osalta. (Miettinen 1993, 60–61) Miettisen (1993, 61) mukaan: ”OPT samoin kuin JIT soveltuu parhaiten sarjatuotantoon ja tuotteille, joiden valmistuksessa on kokoonpanovaihe”.

OPT opettaa hienosuunnittelun käytännöllisyyttä aikataulutuksessa valmistusjärjestelmille. se myös painottaa pullonkaulojen huomiointia, sekä pullonkaulojen että ei-pullonkaulojen ohjaamista tuotannon ja materiaalivirtojen tasapainottamista ajatellen. OPT myös tuonut esiin hyödyllisiä ajatuksia aikataulutuspäätösten vaikutuksista kustannuksiin tuotannossa. Heikkouksina ovat järjestelmän käyttöönoton vaatima konsultointi ja MRP II:een verrattuna hierarkisen suunnittelun puute. OPT myös painottaa teknisiä ratkaisuja ongelmiin, jotka ovat todellisuudessa monimutkaisia organisaatiosta johtuvia ongelmia. OPT väittää luovansa optimaalisen aikataulun sen patentoiman algoritmin mukaan ja tätä tulee noudattaa tismalleen. Työnjohtajat eivät saa missään tilanteessa vaikuttaa siihen eikä systeemissä ole osallistumista suunnitteluun tai oppimista. (Browne, Harhen & Shivanan 1996, 349–350)

4 NYKYTILANNE

Tässä kappaleessa käydään läpi paikkakokoonpanoja palvelevan esivarustelusolun materiaalinohjauksessa nykytilassa näkyvät haasteet ja perehdytään niiden juurisyihin. Tämän lisäksi käydään läpi järjestelmän nykytilanne ja sen eri osa-alueet.

4.1 Nykytilanteen haasteet

Suurimpana ongelmana oli puutteellisesti toimiva materiaalinohjausjärjestelmä. Solun ja koko valmistusketjun materiaalinohjaus toimi pitkälti tarvelaskentaan perustuvalla työntöohjauksella, mikä hidasti valmisteiden läpimenoaikaa ja tätä myöden vaikutti koko valmistusketjun toimivuuteen.

Tuotantomäärän vaihtelu aiheutti ongelmia, koska työntöohjauksella pyrittiin vastaamaan suoraan tarpeeseen, joka väistämättä johti materiaalin kasautumiseen valmistusketjun jossain kohdassa. Pullonkaulaksi oli muodostunut esivarustelusolu, koska se palveli monia loppukokoonpanopaikkoja ja sen läpi kulki paljon eri nimikkeitä.

Materiaalinkeräilyssä soluun kertyi keräilykärriä, joiden sisältö oli puutteellinen eikä asentaja voinut koota tuotetta valmiiksi tai aloittaa sitä lainkaan puuttuvien osien takia. Puutteiden syynä oli lähinnä heikko toimitusvarmuus ja rajallinen varastokapasiteetti. Nimikkeiden suuren määrän takia myös puutteiden määrä oli huomattava.

Keräilykärriä ja lavat veivät solusta huomattavan määrän tilaa vieden sitä varsinaiselta kokoonpanotyöltä. Kaikki keräilty materiaali ei edes mitenkään mahtunut soluun vaan sille oli järjestetty lisää tilaa käytävän toiselta puolelta. Tehtaalla valmisteltiin layoutmuutoksia ja solulle saataisiin lisätilaa helpottamaan tilannetta. Myös solun oma layout haluttiin laittaa kokonaan uusiksi palvelemaan muuttunutta tuotantokapasiteettia ja parantamaan tehokkuutta huomioiden uuden materiaalinohjaustavan.

4.2 ERP -ohjelmiston käyttö

Tehtaalla käytössä olevalla ERP-ohjelmistolla tehdään tuotantosuunnitelma, jolla ohjataan tuotantoa. Tuotantosuunnitelmassa on erikseen vaihemalli ja rakennemalli jokaiselle valmistettavalle tuotteelle. Mikäli tuotantoprosessia halutaan jotenkin muuttaa, tulee päivittää vaihe- ja rakennemallit vastaamaan uutta tilannetta, jotta aikataulutus tai valmistus ei mene sekaisin.

ERP:ssä on vaihemalleissa kaikki poralaitteen valmistuksessa vaadittavien nimikkeiden tiedot, joiden perusteella tilataan vaadittavat osat tai selvitetään, mitä osia löytyy varastosta. ERP:llä pystytään siis seuraamaan varastosaldoja ja -paikkoja eli tiedetään, missä tarvittu osa on. Solussa erilliskeräiltävien kappaleiden pyynnit tehdään myös ERP:ssä, minkä perusteella logistiikka osaa toimittaa ne tarvittaessa ennalta määritellyssä ajassa.

4.2.1 Vaihejärjestelmä

Laitteiden kokoonpanoprosessi on jaettu eri vaiheisiin, joten myös esivarustusolosuhteissa toteutettavat osakokoonpanot on vaiheistettu. Tällöin kaikkea materiaalia ei tarvita solussa samanaikaisesti vaan ne tuodaan sinne vaiheittain keräilyn toimesta. Usein uusien koneiden aloituksia tapahtuu korkeintaan pari saman päivän aikana, joten normaalitilanteessa koneita valmistetaan monissa eri vaiheissa. Tämä aiheuttaa haasteita materiaalinohjauksessa, koska monen eri vaiheen osia tuodaan soluun riippuen laitteen tilasta.

Vaiheistuksen ongelmana on, kun osia puuttuu varastosta, että keräily ei pysty toimittamaan vaadittuja osia kappaleen loppuun valmistamiseen. Tästä huolimatta kerätään myös puutteelliset kokonaisuudet vaiheen osoittamalla tavalla. Tämä taas johtaa materiaalin ja keskeneräisten tuotteiden lisääntymiseen solussa, jolloin vaihe jää myös auki, kunnes vaaditut osat saapuvat ja kappale saadaan valmiiksi.

Vaiheistuksessa asetetaan kiinteäksi ajankohdaksi laitteen valmistuspäivä ja tästä ajankohdasta taaksepäin aletaan laskea eri vaiheisiin kuluva aika, josta viimeisenä saadaan ajankohta, jolloin laitteen tekeminen tulee aloittaa. Tämä saatu aloituspäivä tai välissä tapahtuvat vaiheet eivät muutu, ellei laitteen toimituspäivä muutu. Aloitus päivämäärä toimii indikaattorina logistiikalle, jonka tehtävänä on saada keräily suoritettua ajoissa.

Logistiikan rajallisesta kuljetuskapasiteetista johtuen, soluun tuodaan osia päiviä ajoissa, jotta pystytään takaamaan toimitusvarmuus.

Töiden teko järjestys solussa määräytyy työnjohtajan päivittämässä näytöllä olevassa listassa, johon on värikoodeilla merkitty valmisteiden aikataulut. Tämä aikataulu ja keräilypuutteet huomioiden valitaan aloitettava työ.

4.3 Materiaalivirran huomioiminen layoutissa

Nykyhetkellä materiaalia on varastoitu myös solun ulkopuolelle tilan puutteen vuoksi. Kaikki materiaali ei ole mahtunut keräilykärryille ja muutenkin kärryjen määrä ei ole ollut aina riittävä. Materiaalille on pyritty jättämään tilaa käytävän puolelle, jotta suurempien erilliskeräilyjen rautaosien tuonti olisi mahdollista lähelle työpistettä ja nosturilla siirrettävästä matkasta tulisi lyhyt. Näin myös on vältetty turvallisuusriskejä, koska nostettavan taakan alle ei tarvitse (eikä muutenkaan saa) mennä eikä aiheudu mittavaa vaaraa myöskään muille materiaaleille. Suurin osa kokoonpanoista tehdään saksipöydillä tai lavoilla, jolloin kohde kappale pysyy paikallaan kokoonpanonsa aikana eikä tällöin tarvita varsinaista suoraa linjaa tai u-mallista materiaalin kulkusuuntaa.

Kokoonpanoille on myös erilaisia jigejä, sekä kiinteitä lattiaan pultattuja, että siirrettäviä, jotka vaativat oman tilansa. Suurempien kokoonpanojen tekemisessä kestää usein jopa viikon, joten nämä vaativat merkittävästi tilaa vaikeuttaen materiaalin virtausta. Töitä tehdään kahdessa eri vuorossa ja tällä hetkellä jokainen työntekijä tekee oman kokoonpanonsa loppuun asti. Tällainen järjestely on hyvä asentajan kannalta, koska se tekee työstä mielenkiintoisempaa, mutta toisaalta hidastaa valmisteiden läpimenoaikaa, kun vuoron päätyttyä sitä jatketaan vasta seuraavana päivänä eikä seuraavassa vuorossa.

Valmiit kokoonpanot on siirretty lavoille käytävän varrelle, josta solun työntekijät ovat siirtäneet ne itse trukilla seuraaville työpisteille. Keskenräisten keräilyjen puuttuville osille on varattu lava, johon keräily toimittaa ne ja asentajat voivat ottaa ne siitä käyttöön tarvitsemallaan hetkellä. Tällaiseen toimintamalliin on päädytty, koska lavakärryjen määrän vuoksi logistiikalla olisi lisätyö tunnistaa, mihin kärryyn puuttuva osa tulee sijoittaa.

Puutelavalle saapuvien osien hallinta on siis pitkälti visuaalista ja vaarana on, että tavaroiden joukosta jää huomaamatta sinne saapunut uusi osa, jota kaivataan jo kokoonpanossa.

4.3.1 Materiaalin käsittelyvälineet

Logistiikka käyttää osia tuodessaan metallisia keräilykärriä, joihin mahtuu 1–2 lavaa riippuen onko kyseessä yksi vai kaksi kerroksinen kärri. Kuormalavoina käytetään standardin mukaisia eurolavoja niiden monipuolisuuden ja yleisyyden vuoksi. Erilliskeräiltävien rautaosien tuomisessa hyödynnetään perinteisiä trukkeja, joita on sekä diesel että sähkökäyttöisenä.

Solussa asentajat liikuttelevat kärriä käsivoimin haluamilleen paikoille ja lavojen siirtelyyn käytetään pumppukärriä tai pinkkaria. Kappaleiden nostossa käytetään siltanostureita, jotta vältetään turhilta rasitus- ja liikuntaelinvammoilta, ja kokoonpanot tehdään pääasiassa korkeussäädettävillä saksipöydillä.

5 KEHITYSEHDOTUKSET

Nykytilanteen pohjalta teoriaa ja työntekijöiden mielipiteitä hyödyntäen lähdettiin miettimään, miten imuohjausta kannattaisi lähteä viemään tuotantoon huomioiden haasteet. Kehitysehdotukset jaettiin lyhyellä ja pitkällä aikavälillä mahdollisiin ehdotuksiin, joiden vaikutuksia tuotantoon pohdittiin.

5.1 Yleistä pullonkaulan käsittelystä

Pullonkaulana olevan solun työmäärää pitäisi analysoida ja tunnistaa työtä, joka voitaisiin siirtää toiselle solulle tai poistaa kokonaan, jos mahdollista. Tässä tapauksessa esivarustelu tekee käytännössä logistiikalle kuuluvia töitä siirtäessään valmiit kokoonpanot itse trukilla loppukokoonpanopaikoille, koska nykyinen työntöohjaus on tähän ajanut. Myös puutelavat siirtävät työtä väärälle osa-alueelle. Tällaiset työt pitäisi siis pyrkiä poistamaan esivarustelulta. Tavoitteena olisi, että asentajat voisivat keskittyä pelkästään omaan, pääasiassa arvoa tuottavaan, työhönsä.

Tuotannossa 100 prosenttisesti kuormitettua pullonkaulana olevalta solulta tulisi vähentää kuormitusta tehostamalla sitä koko valmistusprosessin nopeuttamiseksi. Vähentämistä tulee jatkaa, kunnes jokin toinen työasema muodostaa uuden pullonkaulan, jolloin huomio siirtyy siihen. (Stephens, Meyers, 2010, 62)

Toisaalta kuormituksen vähentämisen ja työn siirtämisen sijaan kannattaisi siirtää ennemmin työntekijöitä, jos työtehtävät sen sallivat eli vähemmän kuormitetun alueen työresurssi kiertää pullonkaulana olevalle solulle. Loppukokoonpanoasentajien pitäisi siis siirtyä tekemään esivarusteluun tai toiselle kokoonpanopaikalle töitä, mikäli työtehtävät omalla paikalla ovat vähissä ja alueen 5S on kunnossa. Vastaavasti, mikäli esivarustelun valmiiden tuotteiden puskuri täyttyy, työn tekijöiden tulisi siirtyä pullonkaulana oleviin soluihin tai suorittaa 5S:ää.

5.2 Materiaalinhjauksen muuttaminen

Materiaalinhjausta lähdettiin muuttamaan imuohjaus-tyyppiseksi sen työntöohjaukseen verrattavien etujen vuoksi. Näin saataisiin valmistusprosessia tehostettua ja materiaalivara-
rastoja pienennettyä, vaikkakin puskurivarastojen koko kasvaisi solussa. Suurimpana haasteena oli imuohjauksen toteuttaminen tuotantosuunnitelmaan perustuvassa työntöoh-
jatussa järjestelmässä, varsinkin kun ohjattavana oli yksi solu koko prosessista.

5.2.1 Puskurivarastot

Toiveena oli alun perin, että solussa olisi tulevalle tavaralle puskuri, joka tasaisi materi-
aalin toimituksessa tapahtuvia vaihteluja ja pienentäisi kuormitusta logistiikan osalta. Tällöin keräily saisi myös enemmän aikaa ja pystyisi paremmin vastaamaan tarpeisiin säilyttäen palvelutasonsa. Puskuria tarvitaan lähinnä varmistamaan, ettei solussa tehtävä työ keskeydy materiaalin puuttuessa, kun siirrytään imuohjaukseen. Nykyisellä työntö-
ohjauksella solu kerää materiaalia jopa liikaa, koska se on tuotannon pullonkaula.

Solusta poistuville kokoonpanoille pitäisi myös järjestää tilaa eli tarkoituksena olisi tehdä puskurivarasto myös valmiille tavaralle, jotta ne voisi kuljettaa seuraavalle työpisteelle vasta tarvittaessa. Poikkeuksena olisivat suuret kokoonpanot, jotka kannattaisi jättää ko-
koonpanopaikalleen, mikäli uuden työn tekeminen ei ala heti paikalla. Mahdollisuutena olisi toki myös järjestää puskurille tila joko läheltä solua tai muualta hallista, missä sen sijainti olisi järkevää materiaalivirrat huomioiden. Toisaalta materiaalin siirtely moneen kertaan tuo turhaa työtä, joten parasta olisi, kun sitä siirretään vain tarpeeseen.

Yksi tapa hallita keräilyssä tapahtuvia vaihteluja ja puutteita olisi keräilypuskurin käyt-
töönotto. Tällöin puutteelliset keräilyt voisi jättää puskurin, kunnes osapuutteet on kor-
jattu tai kunnes niitä tarvitaan solussa. Tarvittaessa ERP:ssä voisi laittaa pyynnön valmiin keräilyn tuonnista soluun, joka taas vähentäisi materiaalipuskurin kokoa itse solussa ja tekisi keräilystä logistiikalle joustavampaa, kun keräilyä voisi suorittaa etukäteen ilman, että sitä tuodaan turhaan soluun. Keräily voitaisiin myös suorittaa aikaisemmin, mikäli puskurin koko sen sallii, jolloin myös toimitusaikoja soluun voitaisiin lyhentää, koska aikaa kuluisi vain kuljetusajan verran. Ongelmana tässä on keräilypuskurin vaatima tila, jota ei tällä hetkellä ole.

5.2.2 Puutelavojen poistaminen valmistusketjusta

Esivarustelusolussa puutelavan tarpeellisuus tulee arvioida, sillä tuodessa puutteita ne voisi toimittaa samalla oikealle lavalle, josta kyseinen osa puuttuu. Tällöin poistettaisiin yksi lava solusta, mikä vapauttaisi tilaa sieltä eikä asentajien tarvitsisi käyttää aikaa lavalta osien etsimiseen, koska se vähentää arvoa lisäävää työaikaa.

Puutelavoja löytyy muistakin soluista, mutta kaikilla loppukokoonpanopaikoilla on yksi yhteinen lava. Jo yksittäisen solun sisällä puutelavasta esiintyy riski, että sinne hukkuu osia, joita tarvittaisiin kokoonpanossa. Mikäli osaa ei huomata, se saattaa lisätä joutoaikaa tai aiheuttaa viivästyksiä aikataulussa. Tilanne, jossa puutelava ei edes sijaitse solussa, lisää tätä riskiä entisestään ja tuo uuden työvaiheen jollekin solussa, joka joutuu käydä tarkistamassa puutelavaa.

5.2.3 Kanban-ajattelun hyödyntäminen

Yleensä imuohjauksessa pyritään muuttamaan koko tuotantoketju imulla toimivaksi, jolloin ohjaus on helpompaa. Tässä voidaan hyödyntää Kanban-ajattelua ilman kortteja käyttäen niiden sijaan ERP:tä esimerkiksi seuraavalla tavalla:

Loppukokoonpano tekee ERP:n välityksellä erilliskeräilypyynnön, jolloin logistiikka tuo kokoonpanon esivarustelusolun valmispuskurista. Esivarustelussa kokoonpanon valmistuttua voidaan kuitata työ tehdyksi, jotta loppukokoonpanossa tiedetään pyytää osaa sen valmistuttua. Tietenkin loppukokoonpanosta voisi myös laittaa pyynnin suoraan kappaleen valmistusta varten, mikäli kyseisellä osalla on kiire. Suuret kokoonpanot, joissa kestää viikon valmistua, kannattaa silti tehdä tuotantosuunnitelman mukaan, koska niille varattuja paikkoja on vain muutama ja ne vievät huomattavan määrän tilaa. Näiden toimitamisessa tulisi myös ottaa huomioon loppukokoonpanon sen hetkinen tarve ja uuden kokoonpanon alkamisen aikataulu.

Kanban-ajattelua voisi käyttää myös tekemällä signaalitauluja, joissa on merkitty laite, vaiheet ja vaiheiden tilat. Havainnollistava tapa toteuttaa taulu, on merkitä nämä eri tilat käyttämällä eri värejä, kuten esimerkkitaulussa (Taulukko 1). Tyypillisesti käytetyt tilat

ovat pyydetty(valkoinen), keskeneräinen(keltainen), valmis(vihreä) tai ongelma(punainen). Taulu voidaan toteuttaa esimerkiksi magneettitauluna, jossa eri väristen magneettien lisäksi voidaan välittää tietoa kirjoittamalla tussilla lisähuomioita.

TAULUKKO 1. Esimerkki magneettitaulusta

Laitenumero	Vaihe 1	Vaihe 2	Vaihe 3	Vaihe 4	Vaihe 5	Lisähuomiot
1						
2						
3						

Magneettien sijaan voidaan käyttää vain eri värisiä taulutusseja, joilla voidaan myös kirjoittaa ruutuun syy, miksi vaihe on kesken tai aloittamatta. Näiden lisäksi tauluun voidaan laittaa ruutu lisähuomioille. Vaiheet voidaan toki jakaa vielä pienempiinkin osiin tai keskeneräisen vaiheen tilan tarkennuksena voidaan merkitä esimerkiksi ”3/10”, joka tarkoittaisi valmistuneiden kokoonpanojen määrää suhteessa vaiheen sisältämiin määriin (Taulukko 2). Taulujen sijaan voitaisiin myös hyödyntää näyttöjä, joissa olisi vastaava taulukon esitystapa kuin Taulukoissa (1 ja 2).

TAULUKKO 2. Esimerkki väritussitaulusta

Laitenumero	Vaihe 1	Vaihe 2	Vaihe 3	Vaihe 4	Vaihe 5
1	valmis	kesken	kesken	osapuute	osapuute
2	8/10	valmis	valmis	2/10	pyydetty
3	5/10	laatuvirhe	valmis	pyydetty	pyydetty

Taulut tarjoaisivat helpon visuaalisen kuvan, missä mennään laitteiden vaiheiden suhteen. Työntekijät, työnjohtajat ja muut tietoa tarvitsevat voisivat kävellä soluun/ käytävälle ja nähdä heti vaiheiden etenemisen solussa, ilman että sitä tarvitsee kysyä keneltäkään ja keskeyttää asentajan työtä. Vuoronvaihdon aikaan myös töihin tullessaan kaikki näkisivät kokonaistilanteen ja sen, mitä edeltävä vuoro on tehnyt. Epämääräisten lappujen jättämiselle olisi tällöin vähemmän tarvetta ja kaikki tieto edistymisestä olisi keskitettynä yhteen

paikkaan, vaikkakin vaiheiden tilat ovat myös selvillä ERP:ssä. Taulun käyttö olisi yksinkertaista eikä veisi juuri ollenkaan aikaa mutta työntekijöiden pitäisi muistaa aina päivittää taulua, jotta se pysyy ajan tasalla.

5.2.4 Aloitustarkastelu keräilyssä

Yhtenä vaihtoehtona olisi vaiheiden kuormittaminen erikseen ERP:ssä, jotta voidaan ohjata eri kokoonpanoja vaiheiden sisällä. Tämä tarkoittaisi nykyisten vaiheiden pilkkomista pienempiin osiin, jolloin keräilyvaiheessa voitaisiin tehdä aloitustarkastelu eri vaiheiden sisältämien osien saatavuudesta. Tarkastelun perusteella voitaisiin sitten keräillä vain vaiheet tai kokoonpanot, joissa on kaikki osat varastossa. Tällöin välttyttäisiin ylimääräisiltä ja tilaa vieviltä keskeneräisiltä keräilyiltä. Solussa keräilykärkyjen siirtelyyn ja osien etsimiseen kuluva aika pienenesi, jolloin arvoa tuottavan työn määrä samalla kasvaisi. Lisäksi puutelavaa ei tarvittaisi, jolloin myöskään logistiikan ei tarvitsisi tuoda tavaraa erikseen sinne.

5.2.5 Layout-muutokset

Layout muutosten yhteydessä solun kokonaispinta-ala kasvaa, jolloin kokoonpanopaikkoja lisätään sekä materiaalipuskureille saadaan lisää tilaa. Tämä helpottaa kokoonpanotyötä, sillä valmiit kokoonpanot eivät ole tiellä eikä niitä tarvitse enää viedä asentajan toimesta loppukokoonpanoon. Materiaalipuskurit tasaisivat vaihteluja eivätkä tuotantokapasiteetissa tapahtuvat muutokset enää vaikuttaisi suoraan solun toimintaan. Paikkojen lisääntyessä voidaan myös rekrytoida lisää työntekijöitä ja poistaa näin solun pullonkaulana olo.

5.3 Pitemmän aikavälin muutoksia

RFID eliminoi tarpeen manuaalisesti laskea tuotteita tai skannata viivakoodeja tuotteista vastaanotossa, varastoissa ja tuotehyllyillä. Tämä poistaa virheitä ja nopeuttaa huomattavasti prosessia. Etuna on myös lisääntynyt tarkkuus nimikkeiden keräilyssä niiden lähettämisen tai kokoonpanon kannalta.(Stevenson 2014, 675)

RFID-teknologia mahdollistaa tuotteiden tietojen automaattisen lukemisen ja kirjaamisen järjestelmään sekä myös niiden automaattisen seurannan tehtaan alueella. Tällöin kaikki tuotteet ovat aina helposti löydettävissä, kunhan RFID-tarrat ovat paikoillaan ja kunnossa. Tämä myös mahdollistaa nimikkeiden liikkeen aktiivisen seurannan, jonka perusteella voidaan kerätä dataa, jota analysoimalla pystytään paremmin esimerkiksi määrittämään siirtoaikoja ja kehittämään älykkäämpää materiaalinohjausta.

Organisaatiomuutokset ovat aina osana muutoksien toimeenpanoa ja hyvin toimiva organisaatio vähentää yhden ihmisen roolia koko systeemin toiminnan kannalta. Tällä tarkoitetaan, että kun työntekijä jää eläkkeelle tai irtisanoutuu, organisaation pitää olla suunniteltu kestämään tämä, eli vastuun ja osaamisen tulee jakautua useammalle ihmiselle sekä osastolle. Osastojen välistä kanssakäymistä tulisi lisätä muullakin kuin osastojen johtajien välisellä tasolla, jotta ongelmat saadaan kuuluviin ja niihin ratkaisuja.

Ohjelmistomuutoksien mahdollisuutta tulisi harkita varsinkin, jos nykyiset ohjelmistot eivät salli muiden tulevaisuudessa vaadittavien muutosten tekoa. Tärkeää olisi yhtenäistää mahdollisimman paljon ohjelmia ja vähentää käytössä olevien tietokantojen ja ohjelmien määrää, jos se voidaan järkevästi toteuttaa uhraamatta olennaisia toimintoja.

5.4 Muita muutoksia

Yhtenä vaihtoehtona olisi keräilykärryjen korvaaminen hyllystöillä, jolloin saadaan hyödynnettyä paremmin yläpuolella olevaa tilaa minimoiden samalla lattiapinta-alan käytön. Keräilykärryjen etuna on helppo siirreltävyys, mutta haittana on niiden vaatima tila varsinkin nykytilassa, kun materiaalia kerääntyy paljon soluun. Sama tavara määrä veisi puolet vähemmän tilaa hyllyssä.

Yövuoron käyttöönottoa voisi harkita keräilyssä, mikäli nykyinen kahden vuoron työaika ja materiaalin käsittelyvälineet eivät mahdollista riittävää materiaalinsiirtokapasiteettia. Tämä vähentäisi kuormitusta ja pienentäisi liikennettä tehtaan sisällä päivisin sekä tasaisi keräilyssä tapahtuvia piikkejä. Logistiikan kokonaiskapasiteetti siis kasvaisi ja mahdollistaisi myös lyhyemmän toimitusajan.

Yhteistyön lisäämistä Turun tehtaan kanssa tulisi harkita enemmän muutoksia tehtäessä, sillä usein voitaisiin ottaa mallia toisen tehtaan käytännöistä tai selvittää, kuinka vastaava järjestelmä on siellä toiminut. Myös erilaisista pilottihankkeista voisi keskustella, koska kahta vastaavaa järjestelmää ei kannata ruveta kehittämään molemmilla tehtailla samaan aikaan vaan toisen tehtaan tuloksien perusteella miettiä, kannattaako vastaavan ylösajo toisella tehtaalla.

6 KEHITYSEHDOTUSTEN TOIMEENPANO

Organisaatiomuutosten viivästyksien takia työssä esitettyjä muutoksia ei ehditä käytännössä toteuttaa, joten tässä osiossa käydään läpi, mitkä muutokset ovat realistisia toteuttaa nykytilanteessa ja mitkä muutokset ovat mahdollisesti toteutettavissa pitemmällä aikavälillä. Tämän lisäksi kerrotaan näiden muutosten toteuttamisen tuomista haasteista ja vaatimista resursseista.

6.1 Yleistä

Kehitysehdotuksien toimeenpanossa päähuomion tulee keskittyä muutoksilla saavutettujen hyötyjen ja haittojen vertailuun eli käytännössä kustannuksien ja tuottavuuden kasvun vertailuun. Haasteena tässä on muutosten vaikutusten mittaaminen, sillä tuotantoon vaikuttaa monia eri muuttujia, jotka tulisi huomioida tarkkojen tulosten saamiseksi. Tulee myös huomioida, että kaikki muutokset eivät välttämättä suoraan näy tuottavuuden kasvuna tai valmistuskustannuksien vähentymisenä, jolloin niiden käyttöönoton perustelu hankaloituu.

Esivarustelussa tulisi seurata osakokoonpanojen läpimenoaikaa viikko- tai kuukausitasolla ja peilata sitä valmistuneiden poralaitteiden määrään, jotta saadaan suurin piirtein vertailukelpoisia lukuja. Osapuutteen, laatuvirheet ja muut ongelmat tulisi myös suhteuttaa lukuihin.

6.2 Realistisesti toteutettavissa olevat

Layout-muutoksien valmistuessa esivarustelusolun valmiiden kokoonpanojen puskurille saadaan tilaa, jolloin sen käyttöönotto voidaan toteuttaa ainakin jossain mittakaavassa. Tällöin solun työntekijöiden aikaa säästyy tavaran siirtelystä ja sitä voidaan paremmin keskittää työntekoon. Puskurin kooksi voisi ottaa 1–2 päivän työkuorman, jonka pitäisi riittää tasaamaan riittävästi vaihtelua. Resursseina muutos vaatii tuotannosuunnittelulta tukea puskurien kerryttämisessä, materiaalipuutteiden poistamista komponenttivarastoilla sekä lattia/hyllytilaa.

Puutelavojen poiston voisi toteuttaa loppukokoonpanoissa korvaamalla lava viemällä puuteosa suoraan loppukokoonpanopaikkaan asentajan käteen, jolloin osa ei huku minnekään muun materiaalin joukkoon. Tällöin asentaja tietää myös varmasti, että osa on toimitettu ja voi tarvittaessa ottaa sen käyttöön, laittaa sen oikeaan paikkaan odottamaan tai antaa sen työtoverilleen.

Erilliskeräilypyyntöjen toteuttaminen ERP:n kautta loppukokoonpanosta vaatisi lähinnä pieniä ohjelmistomuokkauksia. Tällöin logistiikka voisi toimittaa kokoonpanot evs:n työntekijöiden sijaan. Tässä suurin ongelma on saada ihmiset käyttämään tätä uutta systeemiä ja vain tätä, eikä kuljetusjärjestys muutu jonon ohi kenenkään soitoista.

6.3 Tulevaisuudessa toteutettavissa

Keräilypuskurin käyttöönotto olisi viisas ratkaisu tasaamaan logistiikalla keräilyssä tapahtuvia vaihteluita, mutta vaatii jonkin verran tilaa, jota tällä hetkellä ei ole saatavilla. Puskuri kannattaisi toteuttaa niin, että siihen keräiltäisiin kaikkien solujen lavoille mahduttavat nimikkeet ja tavarat tuotaisiin soluihin vasta tilatessa. Tällöin puskurin vaatima tila olisi merkittävä mutta se vähentäisi materiaalin määrää soluissa. Soluissa materiaalin varastointi muutenkin tapahtuu pääasiassa lattialla, joten hyllyissä keräilyt menisivät pienempään ja paremmin organisoituun tilaan.

Laajassa organisaatiossa pitäisi keskittyä yhden osaston tehostamisen sijaan kehittämään osastojen välistä yhteistyötä ja parantaa tuotosten integrointia. Jos osastojen tai tiimien prioriteetit tai aikataulut eivät kohtaa, syntyy helposti kitkaa osastojen välille. Ratkaisemalla priorisointi ja integrointiongelmat parannetaan olemassa olevien hankkeiden läpimenoa, mikä taas vapauttaa resursseja kehitykselle. (Gofore 2017)

Ohjelmistomuutoksien toteuttaminen usein nähdään ehkä liian helppona keinona parantaa toimintaa. Tosiasiassa vaikka suoranainen investointi laite- ja ohjelmistolisenssien muodossa vaikutta pieneltä, työaikaa kuluu kuitenkin tunteja uusien ohjelmien oppimiseen ja tällöin myös tapahtuu usein virheitä joiden korjaaminen syö myös kallista työaikaa. Tuotantoon suoraan vaikuttavien ohjelmien muutoksista tulisi käydä laajaa keskustelua, jotta päästään varmuuteen sen vaikutuksista prosessiin. Lisäksi olisi hyvä arvioida

ylösajon aiheuttamat viivästyksset mielellään hieman yläkanttiin, koska odottamattomia ongelmia ilmaantuu yllättävän usein.

Ohjelmistomuutosten toimivuuden ennustaminen on vaikeaa. Hyvin toteutetun ohjelmiston muuttaminen on halvempaa ja nopeampaa kuin minkään muun tuotteen, mikä tarjoaa ainutlaatuisen kyvyn reagoida markkinamuutoksiin. (Gofore, 2017)

RFID:n käyttöönoton vaatimuksiin ja kustannuksiin sisältyvät tarrat itsessään, yksittäisten tarrojen kiinnittäminen tuotteisiin, lukijoiden hinta sekä datan lähettämiseen ja analysointiin käytettävien tietokoneiden ja ohjelmistojen hankkiminen. (Stevenson 2014, 675)

6.4 Huomioitavaa muutoksia tehtäessä

On selvää, ettei kaikkia työssä esitettyjä ehdotuksia laiteta toteen ja kaikkien muutosten vaikutuksia pitää miettiä monesta eri näkökulmasta, jos niitä lähdetään toteuttamaan. Pitää myös huomioida, että tämän työn tekohetkellä tilanne saattaa olla eri, kun muutoksia tehtäessä.

Asentajien huomioon ottaminen muutoksissa on tärkeää heidän osaamisensa, yleisen ilmapiirin ja työmotivaation takia. Muutokset tulisi muutenkin viedä tekemistä eteenpäin, koska asentajat ensisijaisesti joutuvat olemaan tekemisissä muutosten aiheuttamien vaikutusten kanssa. Työpaikalla erilaisia muutoksia on tehty muutenkin usein ja aina ei muutoksista ole ollut mainittavaa hyötyä työntekijän näkökulmasta, joten aikaisempien muutosten vaikutus ilmapiiriin tulisi huomioida.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä päästiin hyvin nykytilanteen selvittämisen pohjalta kiinni valmistusprosessin ongelmiin ja puutteisiin. Tuotannon kannalta tärkeimpiä epäkohtia olivat materiaalin kerääntyminen esivarusteluun ja valmiiden kokoonpanojen toimittaminen loppukokoonpanoon. Tärkeää oli ongelmien juurisyiden tunnistaminen monella eri tasolla ja osastolla, jotta voitaisiin alkaa suunnitella imuohjausta tähän tuotantomuotoon järkevästi.

Selväksi tuli heti alussa, ettei tavoitteen saavuttaminen olisi helppoa eikä ilman käytännön kokeilua ja saavutettujen tuloksien mittauksia voida varmuudella väittää kaikkien muutoksien olevan tärkeitä tai edes hyödyllisiä. Tampereen tehtaalla ei ikinä oltu yritetty vastaavaa järjestelmää ja ainoa konkreettinen referenssi oli Turun tehtaalla tehty vastaavanlainen muutos. Tosin piti huomioida, että Turussa tuoterakenne oli jonkin verran erilainen, kuten myös nimikkeiden toimitusvarmuus ja logistiikan toiminta.

Teoriaan ja Turun kokemuksiin nojaten kehitettiin ratkaisuja nykytilanteen haasteisiin näkökulmasta, joka loi pohjaa imuohjaukselle. Tärkeimpänä parannusehdotuksena oli puskurivarastojen luonti solun ympärille tasaamaan vaihteluja. Osaston vierailu Turun tehtaalla toi uusia näkökulmia tekemiseen monella tuotannon eri alueella mutta myös vahvisti teorian pohjalta laadittua suunnitelmaa muutoksista. Tulevaisuudessa ehdotuksia voidaan käyttää apuna valmistettaessa muutoksia eli tämä työ toimii pohjatyönä, jonka perusteella voidaan joko toteuttaa yksittäisiä muutoksia tai viedä tuotantoa kokonaan imuohjaukseen päin. Monia aiheita voidaan soveltaa myös esivarustelun ulkopuolella tai koko tuotantoketjussa. Nykytilanteessa realistisista muutoksista kannattaisi laatia tarkka toteutussuunnitelma, jolla lähteä viemään ehdotuksia käytäntöön.

Työn tekemisen aikana paljastui tuotannossa tapahtuvia ongelmia ja muita epäkohtia, jotka muuten olisivat saattaneet jäädä tunnistamatta johtajatasolla. Aihe myös haastoi tekijänsä lisäksi muita ajattelemaan erilaisesta näkökulmasta, mihin oli normaalisti totuttu. Tietynlainen järjestelmän kyseenalaistaminen tuntui olevan tervetullutta, sillä pitkään työssä olleiden henkilöiden ajatusmaailma oli ehkä hieman kaavamaistunut. Positiivinen asenne ja asentajien kuuleminen myös vaikuttivat olevan hyväksi työilmapiirin kannalta, koska usein tiedonvälityksestä työnjohtoon tapahtuu katkoja tai väärinymmärryksiä.

8 POHDINTA

Työn aloittaminen lähti melko hitaasti liikkeelle ja aloituspalaverejakin pidettiin työpaikalla useampiakin, jotta saatiin aihetta tarpeeksi rajattua ja työn tavoitteet selväksi teki-
jälle. Alkuun haasteita tuotti koko tuotantoprosessin ymmärtäminen ja asioista selvää ot-
taminen. Vaikeaa oli omassa mielessä määritellä, mikä kaikki liittyy juuri tähän työhön,
mitä teoriaa pitäisi lukea ja mitä kysymyksiä esittää. Haasteita tuotti myös informaation
löytämisen aiheesta, vaikkakin koulun kirjastossa oli suhteellisen hyvä valikoima kirjoja
aiheesta ja netistä löytyi myös jonkin verran tietoa. Ongelmana näissä lähteissä oli ennen
kaikkea niiden teoreettisuus ja yleistäminen kaikkeen tuotantoon. Muutenkin näistä kir-
joista hyödyllisen tiedon löytäminen oli aina haasteena, koska suurin osa kirjoista oli mo-
nistasivuisia englanniksi kirjoitettuna, jolloin hyödyllisen tiedon eteen tuli suodattaa
melko paljon vähemmän hyödyllistä tietoa.

Vastaavasta työntöohjauksen muuttamisesta imuun oli käytännön tietoa tarjolla hyvin
vähän, jos lainkaan. Suurimpana apuna olikin Turun vierailun tarjoama käytännön tieto,
kun pääsi tarkastelemaan ja kyselemään paikanpäältä siellä samanlaisesta muutoksesta
vastanneiden ihmisten kanssa. Myös projektin raportista selvisi huomattavasti helpom-
min, miten lähteä toteuttamaan systeemiä Tampereen tehtaalla, kuin pelkistä kirjoista.

Työn alussa olisi myös kannattanut tehdä tarkempi aikataulukutus, joko itse tai työpaikanoh-
jaajan kanssa, jotta työn tekeminen olisi ollut selkeämpää. Järkevää oli silti myös suulli-
sesti sopia päivämäärä, jolloin työn piti olla valmiina. Lisäksi sovittiin, että työtä tehtäi-
siin aina työpaikalla joka viikko, jotta työ etenisi jatkuvasti riittävää tahtia huomioiden
määräpäivän. Järjestely toimi melko hyvin ja tuli myös huomattua, että työpaikan ulko-
puolella työskentelyn määrä jäi lopulta suhteellisen pieneksi.

LÄHTEET

Putkonen, M. 2018. Kiina-ilmio syntyikin Tampereella – taisimme ottaa samppanjaakin. Aamulehti. Luettu 15.2.2018

<https://www.aamulehti.fi/hyvaelama/kiina-ilmio-syntyikin-tampereella-taisimme-ottaa-samppanjaakin-200686432>

Browne, J. Harhen, J. & Shivnan, J. 1996. 2. Painos. Production Management Systems. Singapore: Addison-Wesley Publishers Ltd.

Hietaniemi, J. 2017. Tietojärjestelmä on ainutlaatuinen kilpailuetu. Gofore. Luettu 15.4.2018

<https://gofore.com/tietojarjestelma-ainutlaatuinen-kilpailuetu/>

Kanbanize. 2018. Implementing a Pull System with Kanban. Luettu 6.3.2018

<https://kanbanize.com/lean-management/pull/kanban-pull-system/>

Logistiikan maailma. Tuotanto. Luettu 20.1.2018.

<https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/>

Miettinen, P. 1993. Tuotannonohjaus ja Logistiikka. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Stephens, M. P. & Meyers, F. E. 2010. 4. Painos. Manufacturing Facilities Design and Material Handling. Yhdysvallat: Prentice Hall.

Stevenson, W. 2014. 12. Painos. Operations Management. Spain: McGraw-Hill Education.

Sandvik. About us. Luettu 8.2.2018

<https://www.home.sandvik/en/about-us/>

Laitala, M. 2006. Sandvik Mining&Constructionin historia lyhyesti. Tekniikka&Talous. Luettu 15.2.2018

<https://www.tekniikkatalous.fi/arkisto/2006-01-26/Sandvik-MiningConstuctionin-historia-lyhyesti-3271756.html>