



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

VIRTAUSTEHOKKUUDEN PARANTAMINEN HITSAAMOSSA

Anniina Villgrén

Opinnäytetyö
Syyskuu 2017
Konetekniikka
Tuotantotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Tuotantotekniikka

VILLGRÈN, ANNIINA:
Virtaustehokkuuden parantaminen hitsaamossa

Opinnäytetyö 39 sivua
Syyskuu 2017

Tämän opinnäytetyön aiheena oli virtaustehokkuuden parantaminen Bronto Skylift Oy Ab:n Porin hitsaamossa. Hitsaamossa valmistetaan nostolava-alustaisille henkilönostimille varsistoja ja kotelorunkoja. Virtauksen parantaminen oli päätetty toteuttaa kehittämällä uusi toimintamalli hienokuormittamiseen sekä työkuorman tasaamiseen. Työ suoritettiin tutkimalla, olisiko uudesta vaiheistuksesta hyötyä ohjaukselle, seurannalle ja tuotannon läpäisylle.

Työn toteutus aloitettiin perehtymällä hitsaamon toimintaan ja henkilökuntaan. Päädyttiin pilkkomaan varsi- ja kotelorunkohitsauksien pitkät vaiheet useampaan osaan. Pilkkominen tehtiin Lean System -toiminnanohjausjärjestelmään. Vaiheistusta testattiin toiminnanohjausjärjestelmän testipuolella. Vaiheistus todettiin toimivaksi ratkaisuksi ja siirrettiin myös varsinaiseen tuotantoon.

Työn tarkoituksena oli parantaa virtaustehokkuutta vaiheistusta tarkentamalla. Vaiheistuksen pilkkomisella onnistuttiin parantamaan seurantaa sekä läpimenoaikaa. Työn etenemisen seuranta helpottui vaiheistuksen tarkentamisen myötä. Tämän työn pohjalta on harkittu muidenkin vaiheiden pilkkomista Bronto Skyliftin tuotannossa.

Asiasanat: lean, virtaustehokkuus, virtautettu tuotanto

ABSTRACT

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

VILLGRÈN, ANNIINA:
Improving Flow Efficiency in a Welding Workshop

Bachelor's thesis 39 pages
September 2017

The purpose of this thesis was to improve flow efficiency at Bronto Skylift Oy Ab's welding workshop in Pori. Bronto Skylift manufactures truck mounted hydraulic platforms, for which the boom welding and frame welding are done in the Pori welding workshop. It was decided that an attempt to improve the flow should be made by developing a new operating model for fine loading and balancing workload. The new model was created by examining whether adding more phases would benefit control, monitoring, and production lead-time.

The development of the new operating model was initiated by getting acquainted with the welding workshop and the employees. After consideration it was decided that the long boom welding and frame welding phases could be divided into several smaller parts. Dividing the phases was made in the Lean System ERP. Phase testing was done on the test side of the ERP. Dividing the process into smaller phases was found to be a clear improvement in the flow efficiency, and the new process was transferred to the production line at the Pori welding workshop.

The objective of this thesis was to improve the flow efficiency by refining the process phases. Dividing the larger phases into smaller steps achieved improved tracking and lead-time. Additionally, the new process model eases the monitoring of work progression. As a result of this study, the division and redefinition of other process phases at Bronto Skylift manufacturing is being considered.

Key words: lean, flow efficiency, production flow

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
	1.1. Työn tavoite	6
	1.2. Työn toteuttaminen	6
2	BRONTO SKYLIFT OY AB.....	7
	2.1. Bronton historiaa lyhyesti	7
	2.2. Laitteet	8
3	LEAN	10
	3.1. Lean-ajattelun historia	10
	3.2. Hukka (Muda).....	11
	3.3. Leanin tarkoitus	12
4	VIRTAUSTEHOKKUUS	14
	4.1. Resurssitehokkuus	14
	4.2. Virtaustehokkuus käsitteenä	14
	4.3. Virtaustehokkuus ja prosessit	15
	4.3.1 Prosessin rajat ja arvo.....	15
	4.3.2 Lait	16
	4.3.3 Vaihtelun merkitys virtauksessa	18
	4.3.4 Tehokkuusmatriisi.....	19
	4.3.5 Esteiden teoria (TOC)	20
5	TOIMINNANOHJAUS.....	22
	5.1. Kapasiteetti ja läpäisy aika.....	22
	5.2. Toiminnan ohjauksen tavoitteet.....	22
	5.3. Kokonais-, karkea- ja hienosuunnittelu	24
	5.3.1 Karkeasuunnittelu	24
	5.3.2 Hienosuunnittelu	26
	5.4. Toiminnanohjauksen synty	27
6	TYÖN TOTEUTUS	29
	6.1. Tehtaan toiminta	29
	6.1.1 Varsistojen vaiheet	29
	6.1.2 Kotelorunkojen vaiheet	31
	6.2. Vaiheen pilkkominen	32
	6.3. Vaiheiden luonti.....	33
7	POHDINTA.....	38
	LÄHTEET.....	39

LYHENTEET JA TERMIT

ERP	Enterprise Resource Planning, toiminnanohjausjärjestelmä
Heftaus	Nopea, pistemäinen kappaleiden yhteen hitsaus, jonka tarkoitus on liittää osat kevyesti väliaikaisesti yhteen.
Kotelorunko	Auton alustan päälle asennettava runko, joka on pohjana nostolaitteen rakentamiselle.
Lean	Johtamisfilosofia, jonka tarkoituksena on tuottaa asiakkaalle mahdollisimman paljon arvoa mahdollisimman pienillä resursseilla.
Plasmaus	Plasmahitsaus, kaasukaarihitsausprosessi

1 JOHDANTO

1.1. Työn tavoite

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on virtaustehokkuuden parantaminen Bronto Skylift Oy Ab Porin tehtaalla. Parantaminen toteutettiin kehittämällä hitsaamoon toimintamalli tuotannon hienokuormittamiseen ja työkuorman tasaamiseen, sekä tutkimalla tarkemmin vaiheistuksen tuomat hyödyt ohjaukselle, seurannalle sekä tuotannon läpäisylle.

1.2. Työn toteuttaminen

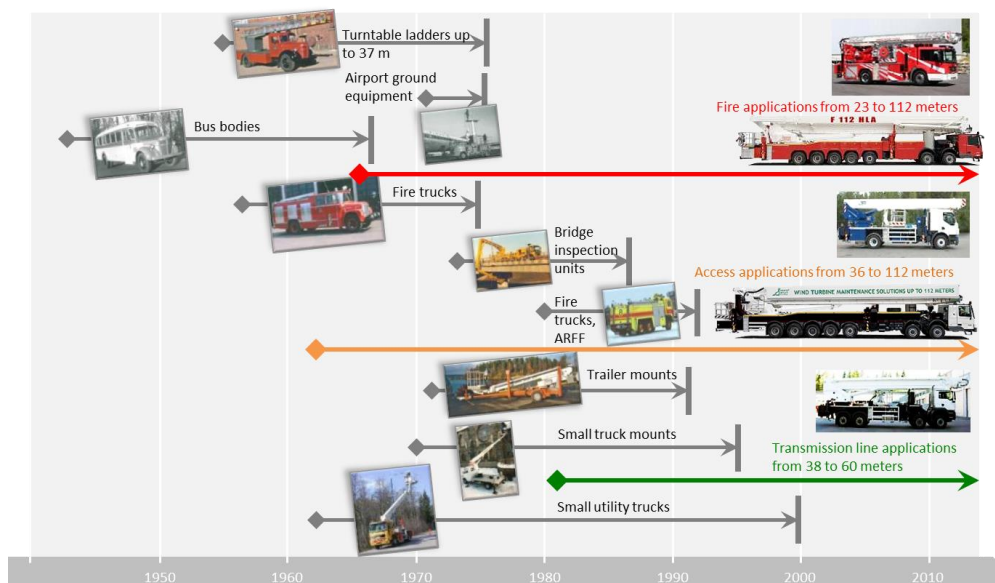
Työ aloitettiin perehtymällä Porin varsi- ja runkohitsauksen vaiheisiin tuotannossa. Vaiheet käytiin lävitse tutustumalla tuotannon tiloihin ja työntekijöihin. Tutustumisen jälkeen aloitettiin Tampereen tehtaalla Lean System- toiminnanohjausjärjestelmään perehtyminen, sekä ohjauksen parametreihin tutustuminen. Tässä työkaluna käytettiin Lean Systemiin kuuluvaa Works Balancer-ohjaustyöasemaa. Toiminnanohjausjärjestelmästä on käytössä myöskin testiympäristö, jossa voidaan testata sotkematta oikeaa toiminnanohjausjärjestelmää. Tutustumisen jälkeen aloitettiin pilottiprojekti, jossa luotiin Leani-toiminnanohjausjärjestelmän testiympäristöön tarkemman vaiheistuksen malli. Tätä vaiheistusta ajettiin oikean toiminnanohjausjärjestelmän rinnalla neljä viikkoa. Tulokset analysoitiin ja testiajon perusteella tehtiin päätös kopioida malli tuotantopuolelle.

2 BRONTO SKYLIFT OY AB

Bronto Skylift on maailman johtava kuorma-autoalustaisten nostolavalaitteiden valmistaja. Markkina-alueena Brontolla on koko maailma. Yritys suunnittelee, valmistaa, myy ja huoltaa nostolavalaitteita. Yritys järjestää myös IPAF-käyttökoulutusta (International Powered Access Federation). Yrityksellä on Suomessa kaksi toimipistettä, Tampereella ja Porissa. Tampereella sijaitsee yrityksen pääkonttori, jossa sijaitsee hallinto, myynti ja markkinointi, osto, tuotekehitys- ja suunnittelu, loppukokoonpano ja huolto. Porin tehtaalla on hitsaamo ja koneistamo, sekä varsistojen kokoonpano. Yrityksellä on myös tytäryhtiöt Ruotsissa, Sveitsissä, Saksassa ja Yhdysvalloissa. Lisäksi edustajia on noin sadassa maassa. Henkilöstöä yrityksessä on tällä hetkellä Suomessa noin 400 ja ulkomailla noin 50. Liikevaihto vuonna 2016 oli 102,4 miljoonaa euroa. Kaiken kaikkiaan yritys on toimittanut yli 6700 laitetta yli 120 maahan. (Bronto Skylift, 2017)

2.1. Brnton historiaa lyhyesti

Bronto aloitti toimintansa vuonna 1938 valmistamalla busseja, ja eri vaiheiden kautta päätyi nykyiseen nostolavalaitteita valmistavaan muotoonsa vuonna 1972. Vuodesta 2016 Brnton on omistanut japanilainen Morita Holdings Co., joka on listautuneena Tokion pörssiin vuodesta 1979. (Bronto Skylift, 2017)



KUVA 1. Bronto Skyliftin laitteita (Bronto Skylift 2017)

Kuvassa 1 on esiteltyä Bronton eri laitteita, sekä niiden kehitystä vuosien aikana. Vuonna 2006 Brnton laitteilla ylettiin jo yli 100 metrin korkeuteen ja vuonna 2010 julkaistiin 112 metrin korkeuteen yltävä nostolava-auto. (Brnton Skylift, 2017)

2.2. Laitteet

Brnton valmistaa sekä pelastuslaitoksille, että teollisuuteen nostolaitteita. Pelastuslaitoksilla nostolavalaitteita käytetään pelastukseen ja palonsammutukseen, kun taas teollisuudessa käyttö kohdistuu pääasiassa korkealla tehtäviin huolto- ja asennustöihin. Brnton valmistaa myös eristettyjä nostolavoja suurjännitelinjojen kunnossapitoon. (Brnton Skylift, 2017)



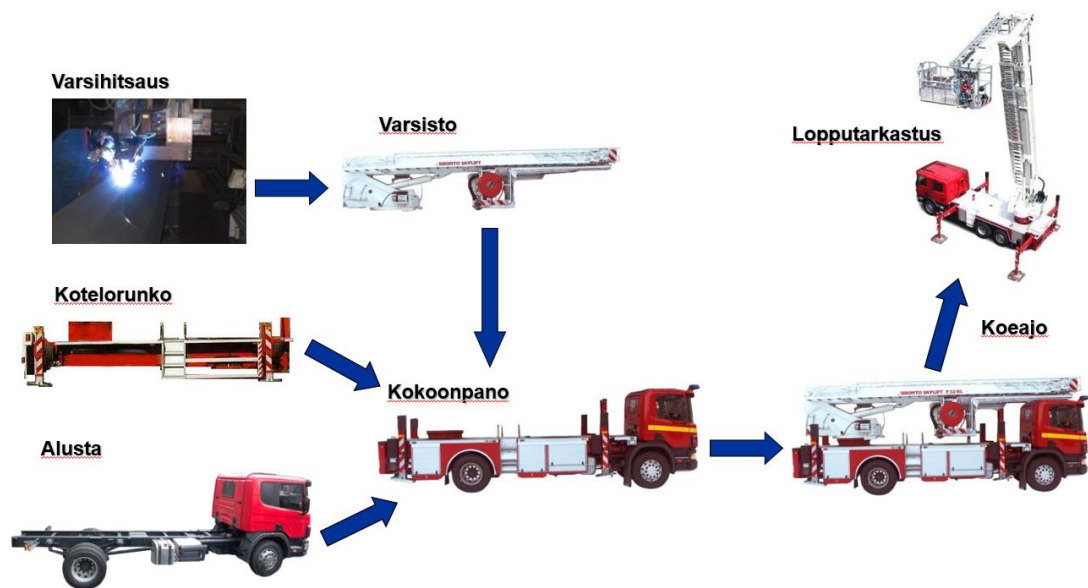
KUVA 2. Brnton Skyliftin palolaitteita (Brnton Skylift 2017)



KUVA 3. Urakkalaitteita (Brnton Skylift 2017)

Kuvassa 2 on esiteltyä Brnton palolaitteita ja kuvassa 3 urakkalaitteita. Brnton Skyliftillä jokainen laite valmistetaan asiakkaan toiveiden mukaan räätälöitynä, ja erilaisia va-

rusteita on tarjolla satoja. Tuotevalikoimaan kuuluu noin 50 mallia, joiden työskentelykorkeus on 16 – 112 metriä. Pitkälle viety modulaarisuus mahdollistaa kuitenkin lukemattomia erilaisia variaatioita. Laitteet räätälöidään aina asiakkaan tarpeiden mukaan, ja erilaisia varusteita on tarjolla satoja. Jokaiseen laitetoimitukseen sisältyy käyttäjille annettava koulutus. (Bronto Skylift, 2017)



KUVA 4. Nostolava-auton kokoonpano (Bronto Skylift. 2017)

Nostolava-auton loppukokoonpano tapahtuu Tampereella. Kaikki osakoonnat, kotelorunko ja varsisto kootaan laitteen päälle. Koeajo ja lopputarkastus suoritetaan laitteen ollessa valmis. Kuvassa 4 on esiteltyinä kokoonpanon eri vaiheet. (Bronto Skylift, 2017)

3 LEAN

3.1. Lean-ajattelun historia

Lean-valmistus on saanut alkunsa Japanissa, kun Toyota Motor Corporationin johto käski päätuotantoinsinööri Taiichi Ohnon nostaa yrityksen tuottavuutta. Ongelmana Toyotalla oli melkein olematon pääoma, sekä konekannan vanhanaikaisuus. Ohnon oli siis keksittävä millä toimenpiteillä pystyttäisiin tekemään enemmän paljon vähemmällä. (Six Sigma n.d.)

Ohno kehitti Toyotan tuotantofilosofiaa lähes 60 vuotta. Hän sitoutui yritykseen ja käytti tervettä järkeä. Tämän vuoksi häntä sanotaankin usein TSP:n isäksi. Vuonna 1978 Ohno julkaisi Toyota production System: Beyond Large Scale Production, jossa hän esitti että tuottavuutta saa aikaan virtaus. Kirja julkaistiin englanniksi vasta 1988. Päivän valon Lean production-käsite sai vuonna 1988, kun John Krafcik kirjoitti artikkelin Lean-tuotantojärjestelmän riemuvoitto. Artikkelissa osoitettiin, että Toyotan tehtaat, joilla oli pienet varastot, pienet puskurit, ja yksinkertainen tekniikka, voisivat taata hyvän tuottavuuden ja laadun. Toyotan tuotantojärjestelmää kuvattiin hauraaksi tuotantojärjestelmäksi. Krafcikin mielestä hauras-sana oli kielteissävytteinen, joten hän päätti antaa tälle hyvin tehokkaalle tuotantojärjestelmälle nimen lean. (Modig & Åhlström 2016, 78–79.)

Lean toiminnan kehittäminen on mahdollista monella eri tavalla. Etenemistapa, jota yleisesti käytetään sisältää viisi peruseriaatetta:

1. **Arvon määrittäminen lopullisen asiakkaan näkökulmasta.** Tuotteen, sekä palvelun arvo määritetään tästä näkökulmasta, jotta tunnistetaan juuri ne asiat, joista asiakas on valmis maksamaan.
2. **Arvoketju.** Virtauksen vaiheiden tunnistaminen ja arvoa tuottamattomien vaiheiden poistaminen (hukka)
3. **Virtautus.** Arvoa tuottavien vaiheiden järjestäminen niin, että tuote virtaa asiakasta kohti pysähtymättä. Tämä toteutetaan oikeanlaisella layoutilla ja huolehtimalla, että materiaalivirta vaiheesta toiseen pysyy lyhyenä.

4. **Imu.** Tuotteita valmistetaan vain asiakkaan todelliseen tarpeeseen. Varastoon valmistamista pyritään vähentämään.
5. **Täydellisyyteen pyrkiminen.** Prosessien kehitys on jatkuvaa. Kehitys tapahtuu ongelmia ratkaisemalla ja poistamalla arvoa tuottamattomat virtauksen vaiheet(hukat).

Näitä perusperiaatteita noudattamalla yritys voi alkaa kehittää toimintatapojaan Lean-käsitteen mukaisiksi. Yleensä Lean-toiminnan kehittäminen aloitetaan arvoketjun analysoimisella ja kehittämällä. Käytännössä tämä tarkoittaa, että muutetaan tuotannon ohjausperiaatteita sekä layoutia. Lattiatasolla tämä näkyy työpisteiden siistimisestä sekä niiden tehokkuuden parantamisena. Kun nämä asiat ovat kunnossa siirrytään usein systemaattiseen ongelman ratkaisuun ja tuodaan tavoitemittarit työpisteisiin. (Kouri 2010, 8–9.)

3.2. Hukka (Muda)

Leanissä tärkeänä pidetään hukkien poistoa. Tämän takia tuottavuuden parantaminen perustuu erilaisten hukkien poistamiseen, ei työtahdin kasvattamiseen. (Kouri 2010, 10.) Kaikki sellainen toiminta joka ei kasvata arvoa asiakkaalle on Lean-filosofian mukaan hukkaa. Jotta hukka saataisiin poistettua, on ensimmäinen askel tunnistaa se.

Tuotannossa hukat on perinteisesti jaettu seitsemään luokkaan, mutta nykyään luokkia on jo kahdeksan.

Kahdeksan hukan muotoa:

1. **Ylituotanto.** Ylituotannolla tarkoitetaan tuotteiden valmistamista enemmän kuin välitön tarve on. Tällöin aiheutetaan suurin hukka. Tilaamattomien tuotteiden valmistaminen aiheuttaa tarpeettomia kustannuksia varastoon ja logistiikkaan.

2. **Odottelu.** Odottelulla tarkoitetaan aikaa, jolloin työntekijä ei tee mitään arvoa tuottavaa. Käytännössä näin voi olla esimerkiksi silloin kun on materiaa-
lipuutteita tai seurataan sivusta automatisoitua konetta.
3. **Kuljettaminen.** Tarpeeton kuljettaminen lisää hukkaa. Keskeneräisen työn
tai materiaalin siirtely on arvoa tuottamatonta työtä. Hyvä layout suunnittelu
vähentää hukkaa.
4. **Tarpeeton käsittely.** Hukan syynä voi olla myös itse prosessi. Tällöin jot-
kut toiminnot ovat olemassa ainoastaan huonon suunnittelun tai kunnossapi-
don vuoksi. Esimerkiksi tehoton käsittely, joka johtuu huonosta työkalusta
tai suunnittelusta, aiheuttaa tarpeetonta liikkumista sekä virheitä tuotteessa.
Tuotettaessa laadukkaampia tuotteita kuin on välttämätöntä, syntyy myös
hukkaa.
5. **Varastointi.** Liian suuret, tarpeettomat varastot aiheuttavat läpimenoajan
pidentymistä, kustannuksia varastoinnissa ja kuljetuksissa sekä epäkurantin
tavarain riskiä. Liian suuret varastot myös piilottavat ongelmia, kuten viat ja
myöhästyneet toimitukset alihankkijoilta.
6. **Tarpeeton liikkuminen.** Hukkaa ovat työntekijöiden kaikki turhat liikkeet,
kuten tavaroiden etsiminen ja kauempaa hakeminen.
7. **Viat.** Hukkaa aiheuttavat viallisten tuotteiden teko, niiden korjaaminen,
poisheittäminen ja tarkastus. Nämä aiheuttavat myös asiakastyytymättö-
myyttä.
8. **Työntekijöiden ideoiden ja luovuuden käyttämättä jättäminen.** Työnte-
kijöitä tulisi rohkaista kertomaan parannusehdotuksista, sillä silloin on mah-
dollista saada työskentelystä helpompaa ja tehokkaampaa. (Ceriffi n.d.)

3.3. Leanin tarkoitus

Laatuajattelu on tärkeä osa Lean-toimintaa. Yrityksessä tehdään kaikki mahdollinen sekä tuotteen, että toiminnan laadun takaamiseksi. Näin ollen vastuu laadusta kuuluu kaikille yrityksen työntekijöille. Määriteltäessä tuotteen tai palvelun arvoa asiakkaan näkökulmasta, on huomioitava, että eri asiakkaat määrittelevät arvon eri tavalla. Arvo muodostuu tuotteen ominaisuuksista, laadusta, toimitusajasta sekä toimitusvarmuudesta. On tärkeää, että yrityksen sisältä löydetään ne toiminnot, jotka lisäävät arvoa asiakkaalle.

Tällöin pystytään kohdistamaan yrityksen voimavarat juuri näihin toimintoihin. (Kouri 2010, 6–7.)

Laadunvarmistuksessa on tärkeää, että mahdolliset virheet löytyvät nopeasti ja niiden eteneminen estetään. Virheisiin tarttumalla estetään turhan työn tekeminen. On myös hyvin tärkeää selvittää virheiden ja ongelmien aiheuttajat, jotta saadaan selville varsinainen juurisyy. Juurisyyt systemaattisesti poistamalla saadaan tuotannon laatua kehitetyksi. (Kouri 2010, 6–7.)

4 VIRTAUSTEHOKKUUS

4.1. Resurssitehokkuus

Tehokkuuden perinteisenä muotona pidetään resurssitehokkuutta. Resurssitehokkuudella tarkoitetaan resurssien mahdollisimman hyvää hyödyntämistä. Teollisuuden kehitys on jo muutaman vuosisadan ajan perustunut juuri resurssien hyödyntämistehokkuuden parantamiseen ja sitä pidetään tehokkuustarkastelun luonnollisimpana lähtökohtana. Peruseriaatteena pidetään tehtävien pilkkomista pienempiin osiin, ja niiden jakamista eri ihmisten tai organisaatioiden hoidettaviksi. Toisena periaatteena pidetään töiden niputtamista yhteen niin, että organisaatiot tekevät toistuvasti samanlaisia tehtäviä. Näin saadaan alennetuksi tuotteiden yksikkökustannuksia. (Modig & Åhlström 2016, 9.)

Resurssitehokkuudessa päähuomio on resursseissa, joita tarvitaan tuotteen tai palvelun tuottamiseen. Näitä resursseja ovat esimerkiksi henkilöstö, toimitilat, koneet ja liiketoimintajärjestelmät. Resurssitehokkuus kertoo, kuinka paljon jotain resurssia käytetään suhteessa ajanjaksoon. Resurssitehokkuus osoittaa selkeästi, kuinka hyvin resursseja käytetään, eli ovatko resurssit hyvin hyödynnetyt, vai ovatko ne ”tyhjän panttina”. Pyrkimys resurssien tehokkaaseen käyttöön on järkevää taloudelliselta kannalta ajateltuna. Esimerkiksi jos ostetaan uusi tuhansia maksava kone, pyritään sitä luonnollisesti käyttämään mahdollisimman paljon. Muutoin aiheutuu vaihtoehtoisuus, joka on tappio, joka syntyy, jollei resursseja käytetä maksimaalisesti. (Modig & Åhlström 2016, 11.)

4.2. Virtaustehokkuus käsitteenä

Virtaustehokkuus ilmiönä ei ole uusi, mutta nykyään sitä on alettu suosia perinteisen resurssitehokkuuden sijaan. Virtaustehokkuudessa huomio kiinnittyy organisaatiossa jalostettavaan yksikköön. Esimerkiksi teollisuudessa yksikköinä ovat tuotteet ja palvelualueilla yksikköinä taas useimmiten asiakkaat. Virtaustehokkuudessa päähuomio on ”yksiköissä”, jotka virtaavat organisaation lävitse. Virtaustehokkuus kertoo, kuinka paljon virtausyksikkö jalostuu tietyn ajan aikana. Tämä ajanjakso alkaa tarpeen tunnistamisesta ja päättyy, kun tarve on tyydytetty. Virtaustehokkuus lasketaan jakamalla arvoa tuottava aika ajanjaksolla. (Modig & Åhlström 2016, 13.)

4.3. Virtaustehokkuus ja prosessit

Virtaustehokkuus syntyy prosesseissa, joita on kaikilla organisaatioilla. Olemassa on esimerkiksi kehitys-, tuotanto- ja toimitusprosesseja. Prosessi tarkoittaa sitä, että jotakin viedään eteenpäin, ja tällä matkalla tapahtuu jalostumista. Virtausyksikkö on se jokin, mitä prosessissa viedään eteenpäin. Virtaustehokkuudessa on tärkeää määritellä prosessi virtausyksikön näkökulmasta. Tämä siksi, ettei erehdytä määrittelemään prosessia itse toiminnan eri funktioiden mukaan. Virtaus tulisi pitää käynnissä, jotta saadaan taatuksi hyvä virtaustehokkuus. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että täytyy varmistaa, että koko ajan on jokin resurssi, joka jalostaa virtausyksiköitä. (Modig & Åhlström 2016, 17, 19, 21.)

4.3.1 Prosessin rajat ja arvo

Prosessin rajojen määrittely on tärkeää, jotta saadaan laskettua virtaustehokkuus. Rajat asettamalla saadaan prosessille juuri oikea läpimenoaika. Usein organisaatiot kokevat vaikeana prosessien ja läpimenoajan määrittelyn niin, että se kattaa kaikki vaiheet tarpeen tunnistamisesta tarpeen tyydyttämiseen. (Modig & Åhlström 2016, 22.)

Prosesseissa on erilaisia toimintoja, joiden läpi virtausyksikkö etenee. Virtaustehokkuuteen liittyy tärkeänä osana käsitteet arvo ja tarve. Arvoa tuottavia toimintoja ovat ne joiden aikana virtausyksikkö jalostuu. Esimerkkinä voidaan pitää auton hitsausta, tällöin konkreettisesti tehdään työtä. Arvoa tuottamattomia toimintoja taas ovat ne toiminnot jolloin virtausyksikkö ei jalostu. Tällöin esimerkiksi materiaali odottaa varastossa pääsyä kokoonpanoon. (Modig & Åhlström 2016, 23–24.)

Arvon määrittelee tarve. Prosessi alkaa silloin kun tarve tunnistetaan ja loppuu, kun tarve on tyydytetty. Esimerkiksi prosessi alkaa, kun huomataan tulipalo ja hälytetään palokunta. Prosessi päättyy, kun tulipalo on sammutettu. Tällöin tarve on saatu tyydytetyksi. (Modig & Åhlström 2016, 24.)

Tarkemmin määriteltynä voidaan sanoa, että virtaustehokkuus on arvoa tuottavat toiminnot yhteenlaskettuna suhteessa läpimenoaikaan. Näin ollen yleensä ajatellaan läpimeno-

ajasta, että mitä lyhyempi se on, niin sitä parempi. Tämä ei kuitenkaan päde, kun huomioidaan välilliset tarpeet. Esimerkiksi hammaslääkärissä käynti voitaisiin toteuttaa nopeasti tekemällä vain tarvittut toimenpiteet, kuten suoraan tuoliin istuminen ilman odotushuonetta, poraus ja maksu. Asiakkaalla saattaa kuitenkin olla välillisiä tarpeita, kuten hammaslääkäripelko, jolloin hän tarvitsee aikaa lääkärin kanssa puhumiseen ja ehkä myös nukutukseen. Nämä välilliset tarpeet pidentävät läpimenoaikaa, mutta ne myös tuottavat arvoa prosessiin. Näin ollen virtaustehokkuus paranee. (Modig & Åhlström 2016, 26–27.)

4.3.2 Lait

Prosessit noudattavat toiminnassaan tiettyjä lakeja, joita ovat esimerkiksi Littlen laki, pullonkaulojen laki ja laki vaihtelun vaikutuksesta prosesseihin.

1) Littlen laki

Littlen laista selviää, että läpimenoaikaan vaikuttavat käsiteltävien virtausyksiköiden lukumäärä sekä jaksonaika. Jos jaksonaika pitenee, pitenee myös läpimenoaika. Läpimenoaika kasvaa myös silloin, kun virtausyksiköiden lukumäärä kasvaa. Esimerkiksi turvatarkastuksen hidas jono vs nopea jono, sillä läpimenoaika riippuu ihmisten lukumäärästä, sekä ajasta joka kuluu yhden ihmisen tarkastukseen keskimäärin. Läpimenoajan muodostuminen selviää kuvasta 5. (Modig & Åhlström 2016, 36.)

$$\text{jaksonaika} \cdot \text{keskeneräisten virtausyksiköiden määrä} = \text{löpimenoaika}$$

KUVA 5. Löpimenoajan kaava (Modig & Åhlström 2016, 36.)

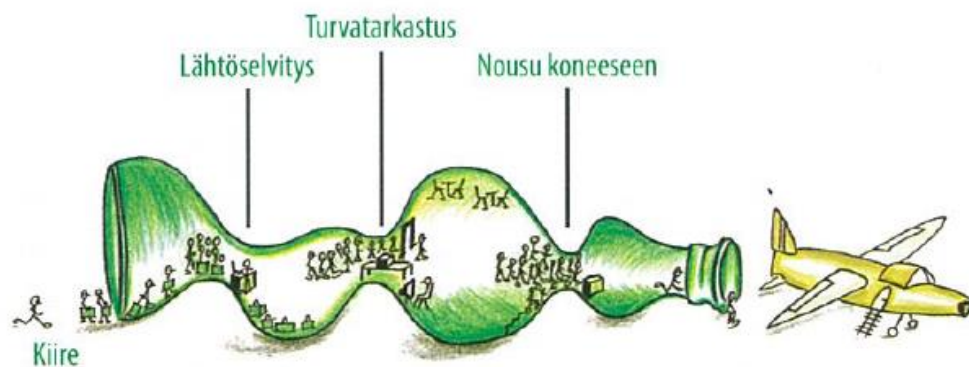
2) Pullonkaulojen laki

Pullonkaulat ovat prosessin vaiheita, joissa löpimeno hidastuu tai pysähtyy kokonaan joksikin ajaksi. Prosessin löpimenoaika riippuu siitä prosessin vaiheesta, jonka jaksonaika on pisin. Pullonkaulakohdassa löpivirtaus on pienintä prosessin aikana. Näin ollen pullonkaula hidastaa koko prosessin lävitse kulkevaa löpivirtausta (kuva 6).

Pullonkaulaan liittyy kaksi ominaispiirrettä:

- Jono muodostuu juuri ennen pullonkaulaa
- Pullonkaulan jälkeiset toiminnot joutuvat odottamaan tekemistä

Pullonkauloja syntyy prosesseissa kahdesta syystä. Nämä syyt ovat prosessin vaiheiden suorittaminen tietyssä järjestyksessä ja prosessissa tapahtuva vaihtelu. (Modig & Åhlström 2016, 37–38).



KUVA 6. Pullonkaula (Modig & Åhlström 2016, 37)

3) Laki vaihtelun vaikutuksesta prosesseihin

Tämä laki kertoo vaihtelun, resurssitehokkuuden ja läpimenoajan välisestä yhteydestä. Vaihteluun on useita syitä, mutta karkeasti ajateltuna vaihtelu voidaan jakaa resursseihin, virtausyksiköihin ja ulkoisiin tekijöihin.

- Resurssit. Vaihtelua aiheuttavat esimerkiksi rikkoutuneet koneet, erilaiset ihmiset, kokemus, erilaiset käyttöjärjestelmät ja motivaatio.
- Virtausyksiköt. Vaihtelua aiheuttavat esimerkiksi laitteisiin tulevat erilaiset ongelmat ja väärin täytetyt lupahakemukset.
- Ulkoiset tekijät. Asiakkaita ei tule tasaiseen tahtiin, tuotteen myynti on kausiluontoista.

Mikä tahansa vaihtelun aiheuttaa, vaikutus kohdistuu joko palveluaikaan tai saapumisaikaan. Prosessin läpikäymiseen kuluu eri virtausyksiköiltä eri aika, tämä aiheuttaa vaihtelua. Esimerkiksi kokoonpanotyössä ilmenee joskus laatuongelmia, jotka aiheuttavat uudelleen tekemistä. Tällöin syntyy käsittelyaikaan vaihtelua. Prosessin koostuessa useista

vaiheista aiheuttaa vaiheen käsittelyajan vaihtelu suoraan seuraavan vaiheen aloitusaikaan. Onkin melko mahdotonta kuvitella prosessia, jossa ei olisi minkäänlaista vaihtelua. Etenkin jos virtausyksiköt ovat ihmisiä. (Modig & Åhlström 2016, 40–41.)

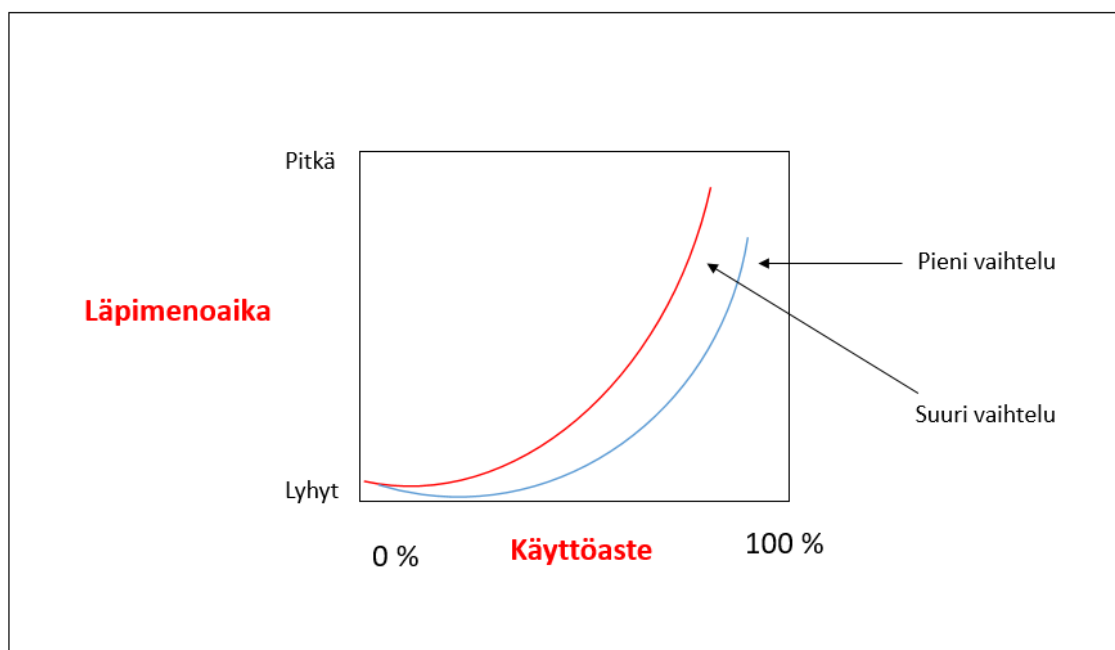
4.3.3 Vaihtelun merkitys virtauksessa

Vaihtelu vaikuttaa suuresti virtaustehokkuuteen. Tämä selviää Sir John Kingmanin 1960-luvulla tekemästä kaavasta, jossa vaihtelun, resurssitehokkuuden ja läpimenoajan välinen yhteys ilmenee. Kaavasta (vrt. kuva 7) nähdään, että läpimenoaika riippuu resurssien käyttöasteesta (Modig & Åhlström 2016, 42.)

Kingmanin kaava, toiselta nimeltään VUT-yhtälö selventää sellaiset tekijät ja niiden väliset suhteet, jotka toiminnallaan aiheuttavat prosessiin jonoja ja pidentyneitä läpimenoaikoja. Yhtälössä on kolme eri muuttujaa, ulkoinen vaihtelu, prosessien sisäinen vaihtelu ja resurssien käyttöaste. Yksinkertaistettuna tämä kaava voidaan lausua muodossa

$$L = VUT, \quad (1)$$

jossa keskimääräinen läpimenoaika on L , kokonaisvaihtelu V , prosessinkäyttöaste U ja keskimääräinen prosessiaika T . (Raita 2016, 19.)



KUVA 7. Kingmanin kaava havainnollistettuna (Modig & Åhlström 2016, muokattu.)

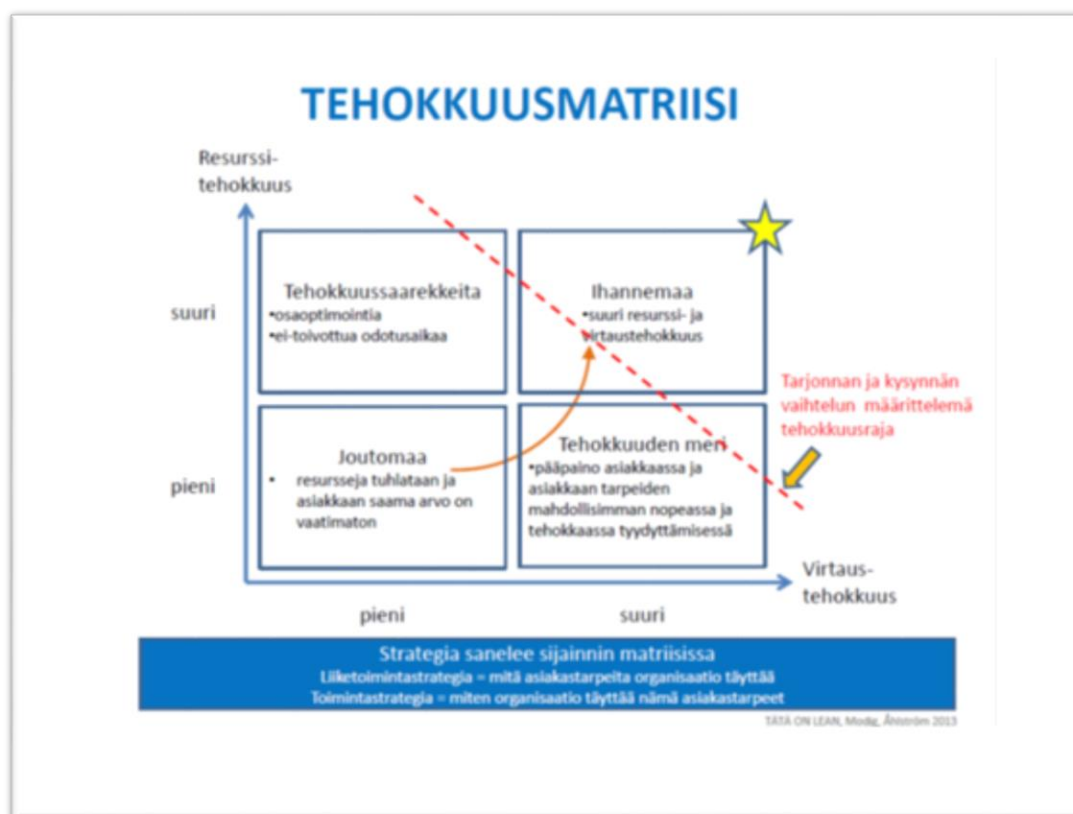
Yllä olevasta kuvasta (kuva 7) voidaan nähdä, että läpimenoaika riippuu resurssien käytöstä. Olettaessa, että käyttöaste pysyy vakiona, voidaan kuvasta päätellä, että mitä suurempi vaihtelu prosessissa on, sitä pidempi on läpimenoaika.

4.3.4 Tehokkuusmatriisi

Resurssi- ja virtaustehokkuutta verrattaessa voidaan käyttää apuna tehokkuusmatriisia (kuva 8). Matriisista selviää, miten organisaatio voidaan luokitella näiden kahden ominaisuuden mukaan. Joutomaa, tehokkuussaarekkeita, ihannemaa ja tehokkuuden meri ovat tehokkuusmatriisin neljä osa-aluetta. (Modig & Åhlström 2016, 100.)

Resurssitehokkuuden ajatellaan suurena tuottavan tehokkuussaarekkeita, kun taas merenä toimii suuri virtaustehokkuus. Tavoitetilanteena tässä matriisissa on matriisin oikeassa yläkulmassa oleva ihannemaa, sillä resurssi- ja virtaustehokkuus yhdistyvät siellä.

Joutomaa vasemmassa alanurkassa nähdään resursseja tuhlaavana toimintana, sekä asiakkaan kokema arvo on hyvin pientä. Tällöin resurssi- ja virtaustehokkuus on pientä. (Tuure, 2014.)



KUVA 8. Tehokkuusmatriisi (Tuure, 2014)

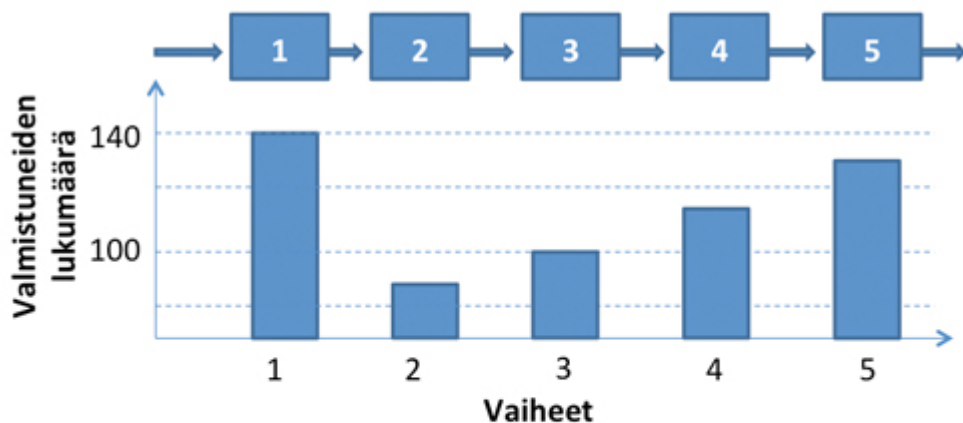
Tehokkuusrajan määrittelijänä toimivat tarjonta ja kysyntä. Samalla ne määrittelevät myös resurssi- ja virtaustehokkuuden tasapainon. Tärkeintä on huomata, että ihannemaa on tavoitettavissa virtaustehokkuuden parantamisen avulla. Tehokkuuden meren saavuttamisessa onnistuttua on myös saavutettu parempi resurssitehokkuus. Tämä siksi, että on keskitytty tekemään oikeita asioita resurssitehokkaasti. (Tuure, 2014)

4.3.5 Esteiden teoria (TOC)

Esteiden teoria eli TOC –teoria (Theory of Constraints) on ohjaus- ja johtamismalli systeemin suorituskykyä rajoittavien esteiden hallintaan. Esteiden teoriaa nimitetään myös synkronoiduksi tuotannonohjaukseksi (Synchronized manufacturing). Tämä teoria liittyy pullonkaulojen lakiin, joka on esitetty kappaleessa 4.3.2 Teoriassa on kyse siitä, että jokaisella systeemillä on olemassa vähintään yksi este, systeemin suorituskykyä rajoittava

tekijä. Yleensä ajatellaan, että esteitä onkin vain tuo yksi, pullonkaula. Esteen eteen ker-
tyy asioita, jos sitä kuormitetaan liikaa. Tällöin läpimenoaika kasvaa ja suorituskyky
heikkenee. (Six Sigma n.d.)

Esteiden teoriassa on kaksi tärkeää asiaa. Ensimmäinen asia on tunnistaa mikä on se piste
systeemissä joka rajoittaa läpimenoa. Toiseksi täytyy selvittää, kuinka tätä pistettä kuor-
mitetaan. Esteen tunnistaminen ja systeemin ohjaus ovat tällöin avainroolissa. Parannus-
toimenpiteet ja ylituotannon estäminen tulisivat olla päätavoitteina. Kuvassa 9 kuvataan
tätä teoriaa. (Six Sigma n.d.)



- Vaihe 2 on pullonkaula. Virtausta rajoittava tekijä.
- Prosessi ei pysty pitkällä aikavälillä tuottamaan enemmän kuin vaihe 2 kykenee tuottamaan. Vaihe 2 määrittää systeemin suorituskyvyn
- Parannustoimenpiteet tulee keskittää vaiheeseen 2.
- Vaiheissa 1, 3, 4 ja 5 parannustoimenpiteet ovat liki tarpeettomia. Niissä saavutetaan joitain säästöjä, mutta ei kasvua eikä varsinaista parannusta.

KUVA 9. Esteiden teoria (Six Sigma n.d.)

Työskenneltäessä viisivaiheisessa prosessissa läpimeno määräytyy esteiden teorian mu-
kaan pullonkaulan perusteella. Näin ollen systeemi on aina epätasapainossa. Parannusta
tuskin syntyy, jos korjaustoimenpide suoritetaan johonkin muuhun vaiheeseen, kuin pul-
lonkaulaan. (Six Sigma n.d.)

5 TOIMINNANOHJAUS

Toiminnanohjaus tarkoittaa yrityksen erilaisten toimintojen suunnittelua ja hallintaa. Yrityksen toiminta koostuu erillisistä osatoiminnoista ja tehtävistä, ja on näin ollen hyvin monimuotoinen kokonaisuus. Toiminnanohjaukseen kuuluu kaikenlaista suunnittelua, päätöksentekoa ja valvontaa. Toiminnanohjaus organisoii ja ohjaa toimintaa, niin että yrityksen tavoitteet toteutuvat parhaalla mahdollisella tavalla. Keskeiset pelisäännöt ja toimintaperiaatteet muodostavat toiminnan ohjausperiaatteet, joita tuotannosuunnittelussa ja toteutuksessa noudatetaan. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 397.)

5.1. Kapasiteetti ja läpäisy aika

Kapasiteetti on mittari, joka kuvaa tuotantokykyä. Kapasiteetti kertoo tuotantoyksikön enimmäissuorituskyvyn aikayksikössä. Esimerkiksi kokoonpanossa kapasiteetti on 160 tuntia/viikko. Kapasiteetti ja kuormitus muodostavat yhdessä kokonaisuuden, jota kutsutaan kuormitusryhmäksi. Kuormitusryhmät määritellään ohjaustarpeiden perusteella. Laajat kuormitusryhmät sopivat karkeasuunnitteluun, hienojakoisemmat kuormitusryhmät taas sopivat hienosuunnitteluun. Kuormitus tarkoittaa sitä määrää kapasiteettia, jonka suunnittelu varaa tuotannolle. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 399–400.)

5.2. Toiminnan ohjauksen tavoitteet

Toiminnanohjauksella pyritään kustannusten minimoimiseen, hyvään laatuun ja joustavuuteen. Näihin tavoitteisiin pyritään ohjaamalla ja organisoimalla yrityksen resurssien käyttöä. Toiminnanohjauksella on neljä keskeistä tavoitetta:

1. Kapasiteetin korkea tuottavuus

Pääoman, joka on sitoutunut tuotantolaitteisiin, koneisiin ja tuotantotiloihin, tuottavuus on sitä parempi, mitä suurempi tuotanto on. Tuotantoeriä suunniteltaessa pyritään siihen, että keskeiset resurssit ovat niin tehokkaassa käytössä, kuin mahdollista.

2. Vaihto-omaisuuden minimointi

Huomattava osuus yrityksen pääomasta sitoutuu vaihto-omaisuuteen. On pyrittävä siihen, että raaka-aineisiin, keskeneräisiin töihin ja tuotteen loppuvarastointiin sitoutuu mahdollisimman vähän pääomaa.

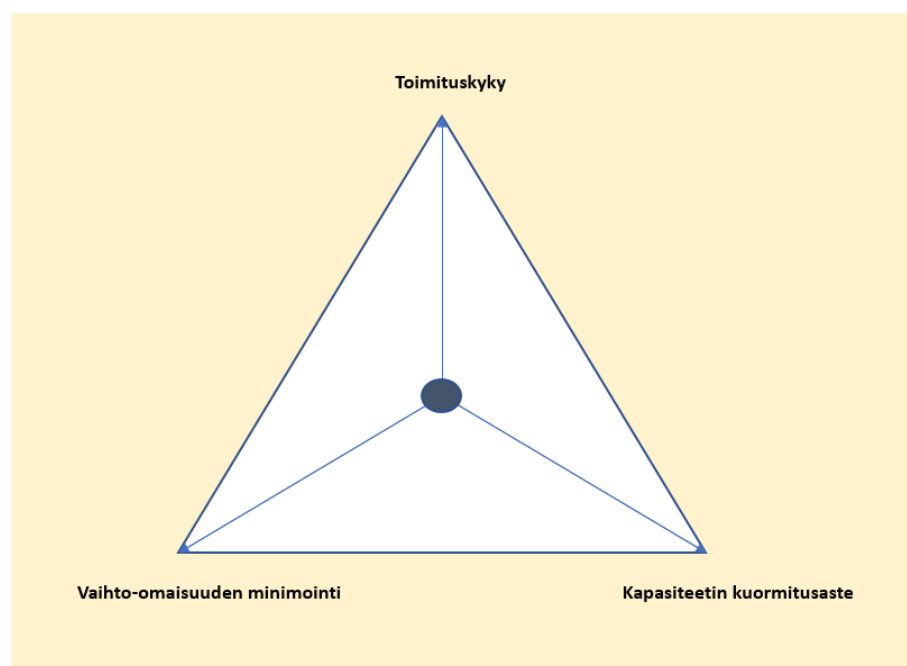
3. Toimitusvarmuus

Yrityksen tulee pitää sovitusta toimitusajoista kiinni, sekä olla valmiina asiakkaan muuttuviin toimitustarpeisiin.

4. Lyhyt läpäisy aika

Tavoitteena on mahdollisimman lyhyet läpäisyajat. Tämä täytyy huomioida tuotannosuunnittelussa. Lyhyet läpäisyajat kehittävät toimitusvarmuutta ja laatua, ne myös pienentävät keskeneräiseen tuotantoon sidottua pääomaa. Kapasiteetin suunnittelu helpottuu lyhyillä läpimenoajoilla. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 402.)

Vaikeutena tuotannosuunnittelussa on ristiriitaisuus (kuva 10). Esimerkiksi hyvä toimitusvarmuus vaatii suurempaa varastoa, kun taas vaihto-omaisuuden minimointi edellyttää pientä varastoa.



Kuva 10. Tavoitteiden ristiriitaisuus tuotannonohjauksessa. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, muokattu)

Toiminnanohjauksen ristiriitaisten tavoitteiden toteuttamisessa on havaittu hyväksi keinoksi läpäisyajkojen lyhentäminen. Tällöin pystytään läpimenoaikaa lyhentämällä pienentämään toimintaan sitoutunutta pääomaa, sekä pitämään yllä hyvää toimituskykyä. Läpäisyajan lyhentäminen asiakasohjautuvassa tuotannossa vaikuttaa suoraan toimitusaikaan. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 404.)

5.3. Kokonais-, karkea- ja hienosuunnittelu

Yrityksissä on kolmella tasolla suunnittelua, on kokonais-, karkea- ja hienosuunnittelua. Kokonaissuunnittelulla tarkoitetaan yrityksen ylimmän tason suunnittelua, joka koskee tuotannon kokonaisvolyymiä ja taloutta. Kokonaissuunnittelu määrittelee resurssien ja kapasiteetin kokonaistarpeen. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 411–412.)

5.3.1 Karkeasuunnittelu

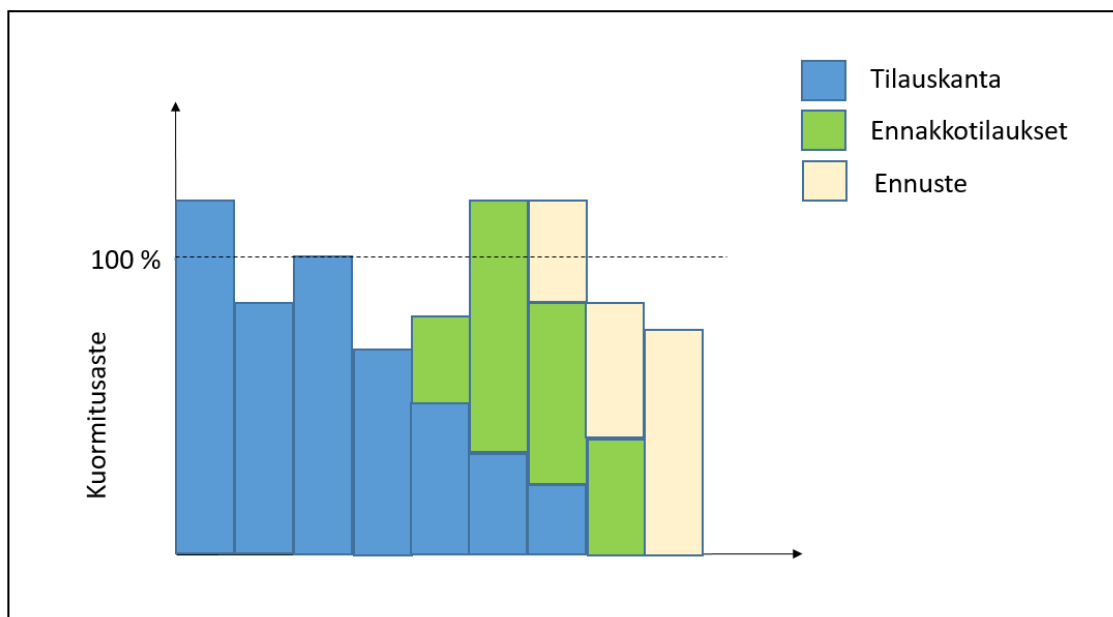
Karkeasuunnittelu on tarkempaa, kuin kokonaissuunnittelu ja sitä tehdään tiheämpään. Aikajänne on tavallisesti muutaman viikon. Lähtökohtana karkeasuunnittelulle on yleensä yrityksen tilauskanta, sekä varastotilanne ja valmistusbudjetin tavoitteet. Karkeasuunnittelun tehtävänä on resurssien käytön yleissuunnittelu, jossa määritellään tuotannon vaatimat resurssit, sekä laaditaan yleissuunnitelma resurssien käytöstä. Kapasiteetit, jotka koskevat niin ihmisiä kuin koneitakin määritellään yleisellä tasolla. Tarvittaessa karkeasuunnittelussa tehdään päätöksiä kapasiteetin vähentämisestä tai lisäämisestä. Tavallisesti karkeasuunnittelun perusteella ei ohjata valmistusta. Karkeasuunnitteluun kuuluu myös toimituskyvyn määrittely. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 415–416.)

Suunniteltavien tuote-erien keskeisten kapasiteetti- ja materiaaliatarpeiden määrittelyn tulee olla kunnossa, jotta karkeasuunnittelu onnistuu. Vakituotteiden kohdalla nämä asiat ovat yleensä jo hyvin tiedossa, ja saatavilla tietojärjestelmästä. Tarvittavien resurssien määrittely on tällöin helppoa. Tilaustuotteissa tämä on hankalampaa. Tilaustuote voidaan suunnitella kokonaan tilauksen perusteella, jolloin tarkan suunnittelun vaatimien tietojen hankinta voi olla todella vaikeaa, jopa mahdotonta. Tällöin käytetään likimääräisiä arvoja

kapasiteettitarpeista, sekä materiaalimenekeistä. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 415–416.)

Toiminnan suunnittelua rajoittaa usein valmistuskapasiteetti. Alustava tuotantosuunnitelma laaditaan karkeasuunnittelussa. Samalla ylläpidetään yleisen tason kuormitus suunnitelmaa, eli karkeakuormitusta. Karkeakuormitus huolehtii eri tuotantoerien vaatimasta valmistuskapasiteetista ja niiden ylläpidosta. Karkeakuormitusta voidaan käyttää toimitusaikojen määrittelyssä, sillä siitä nähdään kuinka suunniteltu tuotanto kuormittaa valmistuskapasiteettia. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 416.)

Kuormituspiirros kertoo jonkin kuormitusryhmän kuormituksen tarkastelu-ajanjaksona. Siinä näkyy käytettävissä oleva kapasiteetti, aiemmin toteutunut kapasiteetin käyttö, sekä tulevaisuuden suunniteltu kuormitus. Kuormituspiirros on kuvattu kuvassa 11.



KUVA 11. Kuormituspiirros. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 417.)

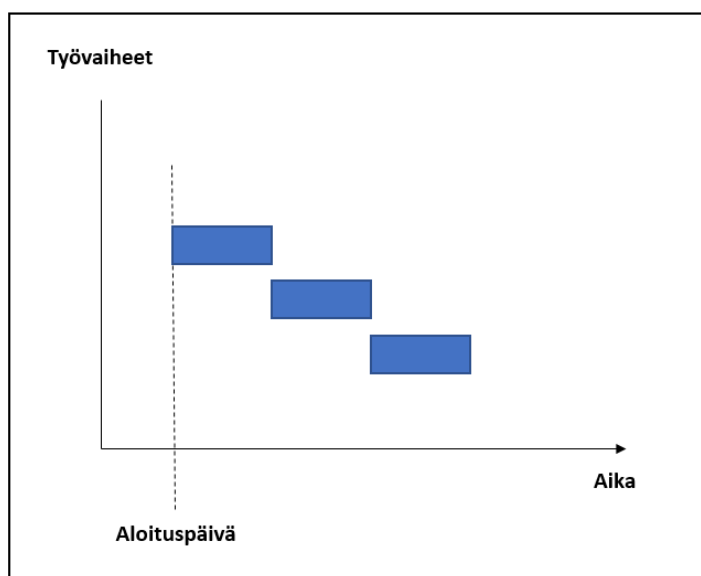
Kuormituspiirrosta käytetään tuotannon suunnittelun, toimitusaikojen määrittämisen ja kapasiteetinmuutoksen apuna. Karkeasuunnittelussa tarkastellaan yleensä viikon jaksoja, tarkempaan ei ole tarvetta. Karkeakuormitus tarkastelee kapasiteetin riittävyyttä yleisellä tasolla, eli piirroksessa näkyvä hetkellinen yli- tai alikapasiteetti ei aiheuta ongelmia. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 417.)

5.3.2 Hienosuunnittelu

Valmistuksen yksityiskohtainen suunnittelu on hienosuunnittelun tehtävä, jonka tuloksena syntyy tarkka tuotantosuunnitelma. Tuotantosuunnitelman perusteella suoritetaan tuotteiden valmistaminen. Hienosuunnittelun perustana käytetään karkeasuunnittelussa toteutettua tuotantoerien ajoitusta. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 417.)

Hienosuunnittelun tehtävänä on muodostaa tuotantoerät, sekä suunnitella tuotantoerien eri työvaiheiden ajoitus. Tärkeänä osana hienosuunnittelua on tarkan suunnitelman luonti tuotantoresurssien käytöstä. Tuotantoerien suunnittelussa pyritään yhdistelemään samojen tuotteiden valmistusta isommiksi sarjoiksi, jos vain mahdollista. Jotta työvaiheiden ajoituksessa onnistuttaisiin, tulee olla tuotteen eri työvaiheet ja vaiheajat hyvin selvillä. Tuotannon todellinen tila on oltava tiedossa, jotta voidaan laatia valmistussuunnitelma. Käytettävissä olevaan kapasiteettiin vaikuttavat eri kuormitusryhmien jonot, sekä tuotantohäiriöt. Kaikenlaiset muutokset ja häiriöt tuotannossa aiheuttavat tuotannon uudelleensuunnittelua. Hienosuunnittelun tyypillisenä aikajänteenä voidaan pitää yhdestä päivästä viikkoon. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 417–418.)

Hienosuunnittelun tavoitteena on luoda työjärjestys tuotantoerien ajoittamisella, niin että se toteuttaa tuotannon tavoitteet mahdollisimman hyvin. Ajoitukseksi kutsutaan tuotannon eri tehtävien suoritusajankohtien määrittelyä. Ajoitus perustuu vaiheajojen laskentaan. Työvaiheen kesto tuotannossa lasketaan kapasiteettitarpeiden perusteella. Esimerkiksi jos tuotteen kokoonpano vaatii 200 tuntia kokoonpanoaikaa ja kapasiteetti kokoonpano-osastolla on 100 tuntia/päivä, on kokoonpanon vaatima aika kaksi päivää. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 418–419.)



KUVA 12. Eteenpäin ajoitus (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, muokattu)

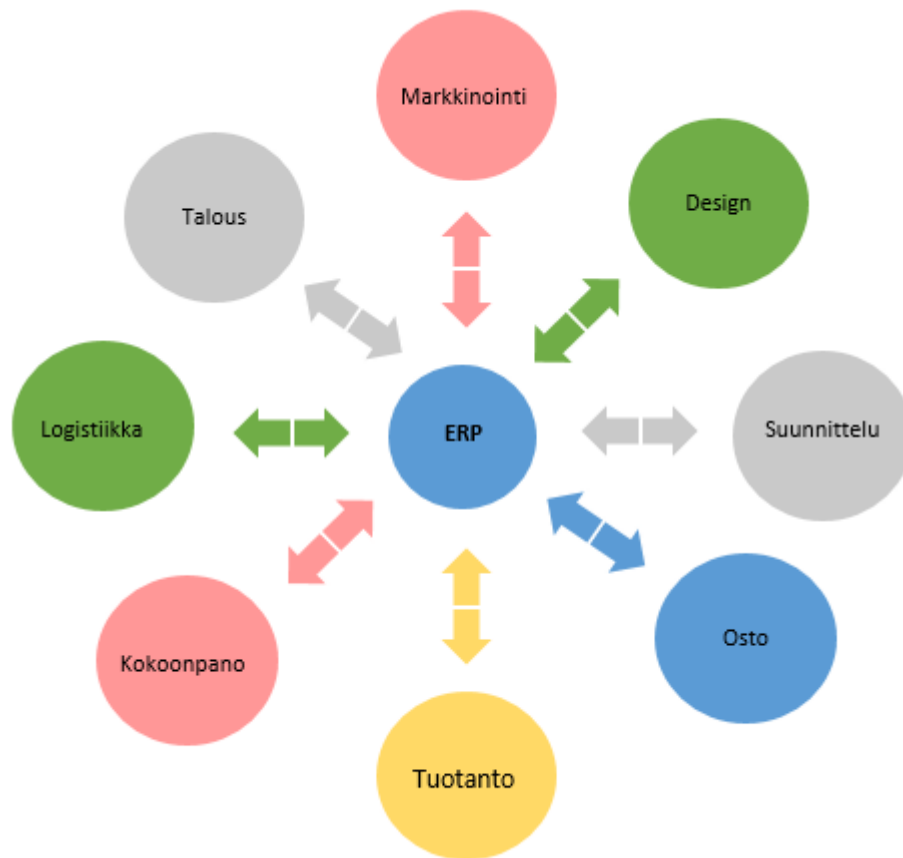
Kuvassa 12 on kuvattuna eteenpäin ajoitus. Eteenpäin ajoituksessa tuotannon aloitusajankohta on aloituspäivä. Ensimmäisen vaiheen vaatima aika lisätään aloitusajankohtaan, jolloin saadaan ensimmäisen vaiheen lopetusajankohta, eli kuvassa oleva ensimmäinen palkki. Tästä eteenpäin ajoitetaan seuraavat vaiheet perättäin, jolloin muodostuu palkeista vaiheiden ketju. Tarkkuutta ajoitukseen saadaan käyttämällä siirtoaikoja eri vaiheiden välillä.

5.4. Toiminnanohjauksen synty

Tietokoneiden käyttö yrityksissä yleistyi 1980-luvulla, kun minikoneet yleistyivät. Yritykset alkoivat rakentaa omia järjestelmiä materiaalityökalukäyttöön sekä taloushallintoon. Sovellukset olivat irrallisia, ja suuryrityksillä usein myös paikallisia. 1990-luvun loppupuolella alettiin Suomessa käyttää standardoituja kokonaisratkaisuja. Näin järjestelmistä tuli integroituja, koko yrityksen toiminnanohjauksen järjestelmiä. (Lehtonen 2008, 127–128.)

Nykyisin toiminnanohjausjärjestelmän (ERP) toiminnanohjauksen kohteena ovat erilaiset toiminnot, kuten osto, varasto, tuotanto ja laskutus. Kuvassa 13 esitellään toiminnanohjauksen kohteita. Yrityksen toimintaa kuvataan prosesseina, jotka integroidaan toiminnanohjausjärjestelmän avulla toisiinsa. Toiminnanohjausjärjestelmä helpottaa yrityksen

sisäistä tiedonvälitystä, kaikki tieto on heti kaikkien saatavilla. Järjestelmällä pyritään hyödyntämään resurssit mahdollisimman tehokkaasti. (Lehtonen 2008, 127–128.)



KUVA 13. ERP:n toiminnanohjauksen kohteet (Lean Kaizen Business Consulting 2014, muokattu)

6 TYÖN TOTEUTUS

6.1. Tehtaan toiminta

Bronton Porin tehtaalla sijaitsevassa hitsaamossa valmistetaan pääasiassa kotelorunkoja, varsistoja ja tukijalkoja. Hitsaamon layout on suunniteltu virtaavaan tuotantoon. Hitsaamossa käytettävä materiaali tuodaan ulkona sijaitsevista varastoista halliin, jossa valmistaminen tapahtuu. Aluksi materiaalin tullessa sisään suoritetaan raepuhallus, jossa materiaali puhdistetaan. Raepuhallus sijaitsee aivan sisääntulon vieressä, joten sisällä ei tule turhaa kuljetusta. Varsistoissa ja koteloringoissa on hieman erilaiset vaiheet.

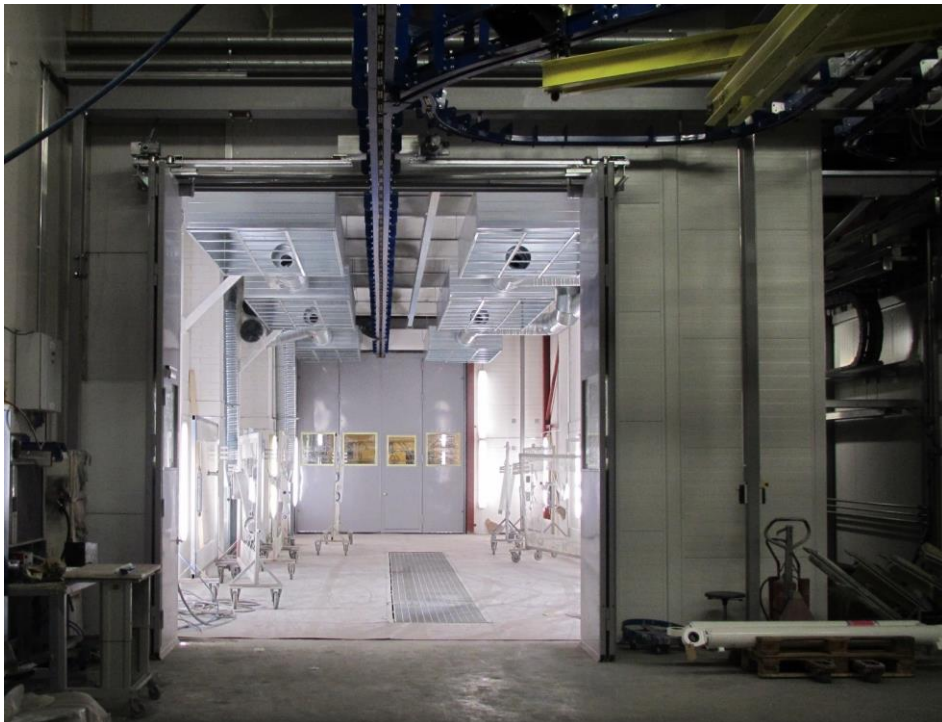
6.1.1 Varsistojen vaiheet

Varsisto on jaettu seitsemään osaan, joita ovat heftaus, plasmaus, aukotus, kalustus, hitsaus, koneistus ja maalaus.

1. **Heftaus.** Raepuhalluksen jälkeen varsistoissa aihiot siirtyvät viereiseen soluun heftattaviksi. Tässä solussa runko kootaan yhteen heftaamalla kasaustijigissä. Samalla kiinnitetään myös jäykistelevyt runkoon kiinni.
2. **Plasmaus.** Heftauksen jälkeen ahio siirtyy plasmattavaksi seuraavaan soluun. Plasmauksessa heftatut saumat hitsataan koneella (kuva 14).
3. **Aukotus.** Plasmauksen jälkeen vuorossa on aukotus, jossa tehdään tarvittavat aukot ja kappaleen päädyt leikataan muotoonsa. Tämä tapahtuu joko käsin tai robotilla (kuva 14).
4. **Kalustus.** Aukotuksen jälkeen seuraavassa solussa tapahtuu kalustus, jossa kappaleeseen heftataan tarvittavat osat kiinni. Tämä suoritetaan asemointijigissä, joka ohjelman mukaan automaattisesti paikoittaa kappaleet oikeille paikoille.
5. **Hitsaus.** Varsinaisen hitsaamon puolella viimeinen vaihe on loppuhitsaus, jossa hitsataan kalustuksessa kiinnitetyt osat, sekä muut hitsaukset loppuun.
6. **Koneistus.** Hitsaamon vaiheiden jälkeen kappale siirtyy koneistettavaksi, jolloin osaan porataan tarvittavat reiät ja koneistetaan koneistettavat pinnat.
7. **Maalaus.** Viimeisessä vaiheessa kappale märkämaalataan maalaamossa (kuva 15).



KUVA 14. Plasmaus ja aukotus (Bronto Skylift. 2014)



KUVA 15. Maalamo (Bronto Skylift. 2014)

6.1.2 Kotelurunkojen vaiheet

Kotelorungot on jaettu seitsemään osaan, joita ovat heftaus, välihitsaus, tukijalkakoteloiden yhdistäminen, loppuhitsaus, hitsaus, koneistus ja maalaus.

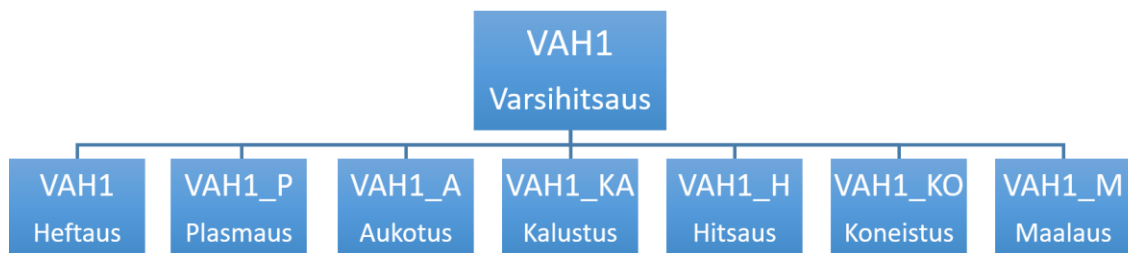
1. **Heftaus.** Kotelorungoissa aluksi heftataan runko kasaan kasaussigissä (kuva 16).
2. **Välihitsaus.** Heftauksen jälkeen välihitsauksessa kiinnitetään erilaisia osia runkoon kiinni ja hitsataan pitkät saumat.
3. **Tukijalkakoteloiden yhdistäminen.** Välihitsauksen jälkeen on vuorossa tukijalkakoteloiden yhdistäminen, jolloin osahitsauksessa hitsatut tukijalkakotelot liitetään runkoon.
4. **Loppuhitsaus.** Kun tukijalat ovat kiinni alkaa loppuhitsaus. Loppuhitsauksessa hitsataan ja viimeistellään loput saumat.
5. **Koneistus.** Seuraavana vaihe loppuhitsauksen jälkeen on koneistus, jossa porataan reikiä ja koneistetaan kuulakehän pinta.
6. **Maalaus.** Viimeisenä vuorossa on maalaus, joka tehdään märkämaalauksena (kuva 15).



KUVA 16. Kotelorungon heftaus

6.2. Vaiheen pilkkominen

Nämä kaikki edellä mainitut vaiheet ovat ennen olleet yhtä vaihetta. Tällöin ensimmäisen kirjauksen järjestelmään, työn aloitetuksi, on kirjannut heftauksen tekijä. Valmiiksi kirjauksen on taas suorittanut maalari. Tähän väliin on mahtunut monia eri toimintoja, ja on ollut haastavaa tietää tarkalleen missä vaiheessa ollaan menossa milloinkin. Myöskin epä-tietoisuus seuraavasta aloitettavasta työstä, sekä tieto aloitettavan työn aloituskelpoisuudesta on puuttunut. Näistä syistä tämän opinnäytetyön puitteissa päädyttiin pilkkomaan tämä yksi pitkä vaihe pienempiin osiin. Varsistot pilkottiin seitsemään osaan ja koteloringot viiteen osaan. Kuvassa 17 on esitettyä varsihitsauksen vaiheen pilkkominen pienempiin osiin.



KUVA 17. Varsihitsauksen vaiheet

Hitsaamossa erilaisia vaiheita varsijaksojen osalta ovat heftaus, plasmaus, aukotus, kalustus, hitsaus, koneistus ja maalaus (taulukko 1). Koteloringohitsauksen vaiheet ovat heftaus, välihitsaus, tukijalkakoteloiden liittäminen, loppuhitsaus, koneistus ja maalaus (taulukko 2). Nämä niin sanotut alavaiheet ovat aiemmin tehty kuin omana vaiheenaan, vaikka työn kirjaaminen on tapahtunut vain yhdelle vaiheelle. Näin ollen pilkkominen näihin vaiheisiin oli luonnollista.

TAULUKKO 1. Varsien vaiheet ja vaihetunnukset.

Varsijakso	Ylävarsijakso	Korivarsijakso	Vaihe
VAH1	VAHY1	KVH1	Heftaus
VAH1_P	VAHY1_P	KVH1_P	Plasmaus
VAH1_A	VAHY1_A	KVH1_A	Aukotus
VAH1_KA	VAHY1_KA	KVH1_KA	Kalustus
VAH1_H	VAHY1_H	KVH1_H	Hitsaus
VAH1_KO	VAHY1_KO	KVH1_KO	Koneistus
VAH1_M	VAHY1_M	KVH1_M	Maalaus

TAULUKKO 2. Kotelorunkohitsauksen vaiheet ja vaihetunnukset.

Kotelorunkohitsaus	Vaihe
KOH	Heftaus
KOH_H1	Välihitsaus
KOH_T	Tukijalkakoteloiden yhdistäminen
KOH_H2	Loppuhitsaus
KOH_KO	Koneistus
KOH_M	Maalaus

6.3. Vaiheiden luonti

Uudet vaiheet luotiin Lean-järjestelmään Works Balancer-ohjaustyöasemaa apuna käyttäen. Jokaiselle uudelle vaiheelle määritettiin vaiheen kesto, siirtoaika, kuorma, ryhmitelyvaihe sekä kuormitusryhmä. Näiden vaiheiden tietoja ei ollut suoraan saatavilla, vaan ne tuli koota eri tietolähteistä. Erilaisia laitetyppejä on kymmeniä, joilla on erilaisia vaiheita. Jokaisen laitetyypin vaiheistus täytyi määrittää erikseen, juuri siihen laitteeseen sopivilla arvoilla.

Vaiheen kestolla tarkoitetaan aikaa, joka kuluu vaiheen aloituksen ja lopetuksen välillä. Tämä aika sisältää kaikki vaiheen aikana tehtävät työt. Siirtoaika tarkoittaa, aikaa joka kuluu, kun työ siirtyy seuraavaan vaiheeseen. Tähän aikaan kuuluu esimerkiksi mahdolliset kuljetukset. Kuorma tarkoittaa määriteltyä työmäärää tunteina jolla varataan kapasiteettia valmistuksesta. Kapasiteetti voi olla joko henkilöresurssi, tila tai kone. Ryhmittelyvaihe käsittää yhden ison kokonaisuuden kaikki vaiheet. Esimerkiksi RVAH1-ryhmittelyvaihe (vrt. taulukko 3) käsittää ensimmäisen varsijakson kaikki eri vaiheet ja RVAH2 toisen varsijakson vaiheet. Eri varsien ryhmittelyvaiheet erotetaan toisistaan numeroin, esim. RVAH1, RVAH2 ja RVAH3. Uusille vaiheille asetettiin omat kuormitusryhmät.

TAULUKKO 3. Varsistojen ryhmittelyvaihe ja kuormitusryhmät

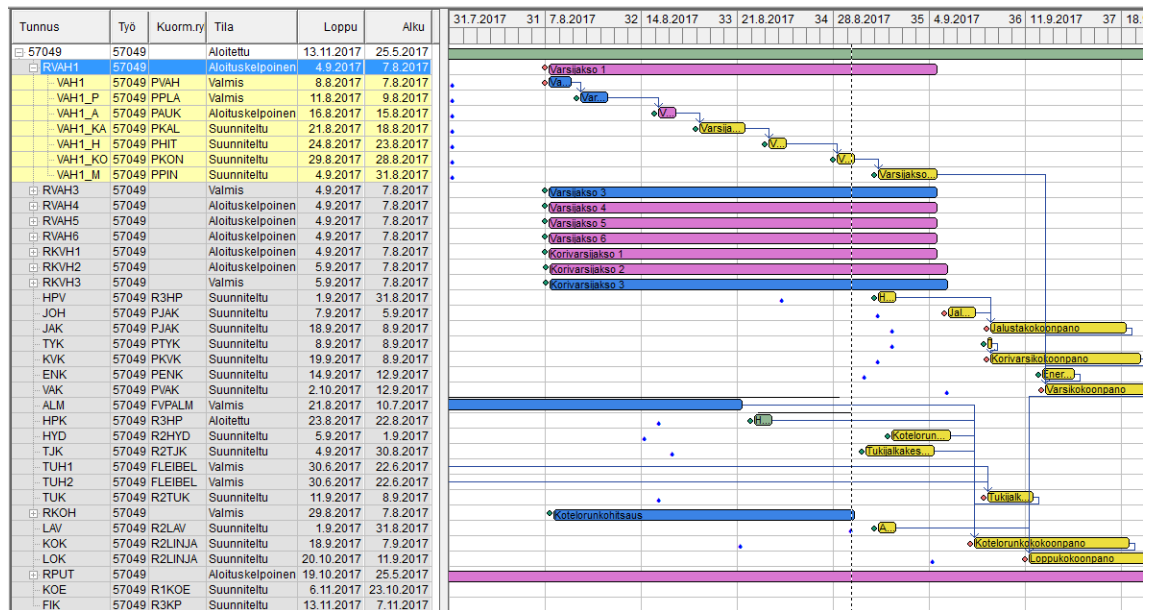
Varsijakso	Ylävarsijakso	Korivarsijakso	Ryhmittelyvaihe	Kuormitusryhmä
VAH1	VAHY1	KVH1	RVAH1	PVAH
VAH1_P	VAHY1_P	KVH1_P	RVAH1	PPLA
VAH1_A	VAHY1_A	KVH1_A	RVAH1	PAUK
VAH1_KA	VAHY1_KA	KVH1_KA	RVAH1	PKAL
VAH1_H	VAHY1_H	KVH1_H	RVAH1	PHIT
VAH1_KO	VAHY1_KO	KVH1_KO	RVAH1	PKON
VAH1_M	VAHY1_M	KVH1_M	RVAH1	PPIN

TAULUKKO 4. Kotelorunkohitsauksen kuormitusryhmät.

Kotelorunkohitsaus	Ryhmittelyvaihe	Kuormitusryhmä
KOH	RKOH	PKOH
KOH_H1	RKOH	PKOH2
KOH_T	RKOH	PKOH3
KOH_H2	RKOH	PKOH4
KOH_KO	RKOH	PKON
KOH_M	RKOH	PPIN

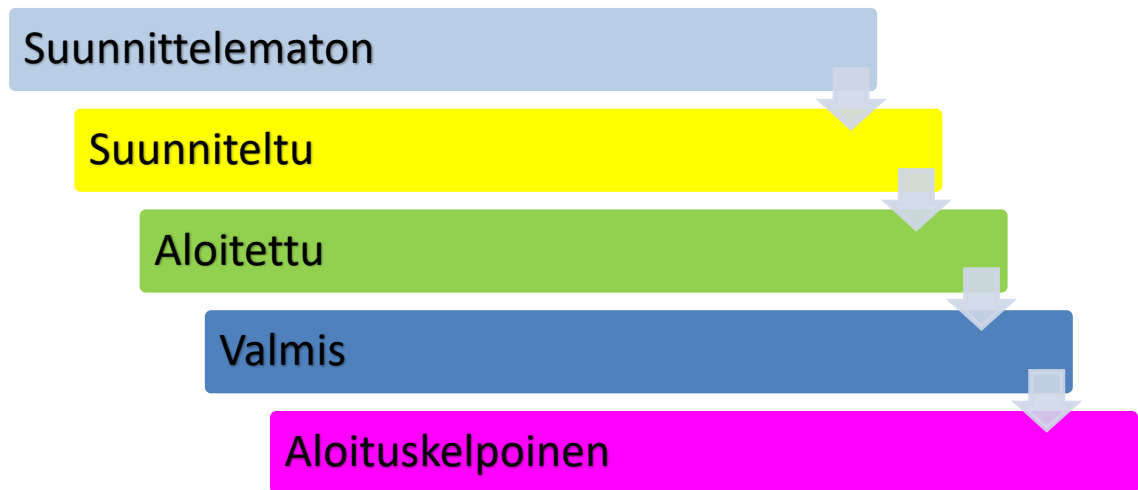
Materiaalit ohjautuvat töille vaiheiden mukaan. Esimerkiksi VAH1 ja VAH2 tarvitsevat omat materiaalit. Tällöin materiaali toimitetaan oikeaan paikkaan, jolloin työ pääsee alkamaan sovittuna aikana. Materiaalien ohjautuessa vaiheiden mukaan, ei aika kulu turhaan materiaalin etsintään. Tällöin on myös selkeästi nähtävissä, jos jokin tarvittava on myöhässä.

Tietojen syöttämisen jälkeen vaiheiden ketjutusta on hyvä tarkastella Balancer-näkymässä (kuva 18), josta prosessin eteneminen näkyy selkeästi. Näkymästä nähdään missä vaiheessa työ on menossa, ja että onko tarvittavat materiaalit saapuneet varastoon. Balancerissa voidaan näkymää tarkastella päivän, viikon tai kuukauden tarkkuudella. Vaiheet näkyvät Balancerissa sekä janoina että päivämäärinä, jolloin näkymää on helppo tulkita.



KUVA 18. Vaiheistus Balancer-näkymässä.

Balancerissa on värikoodit työn eri vaiheille (kuva 19). Työn ollessa suunnittelematon tilassa on työn värikoodina vaaleansininen. Työstä pidetään aloituskokous, jonka jälkeen työ muuttuu suunnittelemattomasta suunnitelluksi, väri muuttuu tällöin keltaiseksi. Ryhmittelyvaiheen ollessa suunniteltu-tilassa voidaan aloittaa ensimmäinen ryhmittelyvaiheen vaihe. Tällöin kyseinen vaihe muuttuu aloitetuksi, jolloin väri on vihreä. Kun työ saadaan valmiiksi, kuitataan se valmiiksi, jolloin seuraava työvaihe muuttuu aloituskelpoiseksi. Aloituskelpoisen väri on violetti. Näin tiedetään missä vaiheessa työ on menossa ja milloin seuraava vaihe on valmis aloitettavaksi. Balancerissa värikoodit auttavat nopeasti hahmottamaan, että onko työ missä vaiheessa.



KUVA 19. Prosessin vaiheet värikoodein.

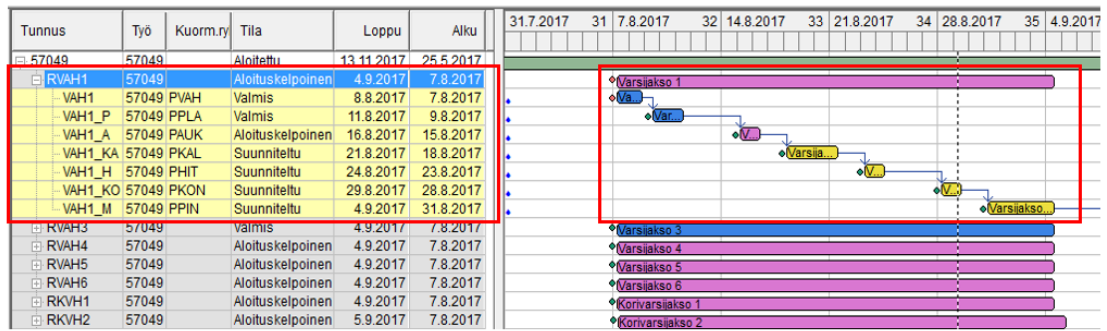
Ryhmittelyvaihetta voidaan Balancerissa käsitellä yhtenä kokonaisuutena (kuva 20), tai osiin jaettuna (kuva 21). Kokonaisuutena käsiteltäessä nähdään nopeasti koko ryhmittelyvaiheen tila janan väristä. Tarvittaessa kokonaisuutta voidaan helposti ajoittaa uudelleen. Ryhmittelyvaihetta siirrettäessä siirtyy myös sen alla olevat vaiheet. Vaiheiden kes-
tot ja siirtoajat pysyvät ennallaan, siirto ei vaikuta niihin.

Tunnus	Työ	Kuorm.ry	Tila	Loppu	Alku
57049	57049		Aloitettu	13.11.2017	25.5.2017
▣ RVAH1	57049		Aloituskelpoinen	4.9.2017	7.8.2017
▣ VAH1	57049	PVAH	Valmis	8.8.2017	7.8.2017
▣ VAH1_P	57049	PPLA	Valmis	11.8.2017	9.8.2017
▣ VAH1_A	57049	PAUK	Aloituskelpoinen	16.8.2017	15.8.2017
▣ VAH1_KA	57049	PKAL	Suunniteltu	21.8.2017	18.8.2017
▣ VAH1_H	57049	PHIT	Suunniteltu	24.8.2017	23.8.2017
▣ VAH1_KO	57049	PKON	Suunniteltu	29.8.2017	28.8.2017
▣ VAH1_M	57049	PPIN	Suunniteltu	4.9.2017	31.8.2017
▣ RVAH3	57049		Valmis	4.9.2017	7.8.2017
▣ RVAH4	57049		Aloituskelpoinen	4.9.2017	7.8.2017
▣ RVAH5	57049		Aloituskelpoinen	4.9.2017	7.8.2017
▣ RVAH6	57049		Aloituskelpoinen	4.9.2017	7.8.2017
▣ RKVH1	57049		Aloituskelpoinen	4.9.2017	7.8.2017
▣ RKVH2	57049		Aloituskelpoinen	5.9.2017	7.8.2017

31.7.2017	31	7.8.2017	32	14.8.2017	33	21.8.2017	34	28.8.2017	35	4.9.2017
Varsiako 1										
Varsiako 2										
Varsiako 3										
Varsiako 4										
Varsiako 5										
Varsiako 6										
Korvarsiaako 1										
Korvarsiaako 2										

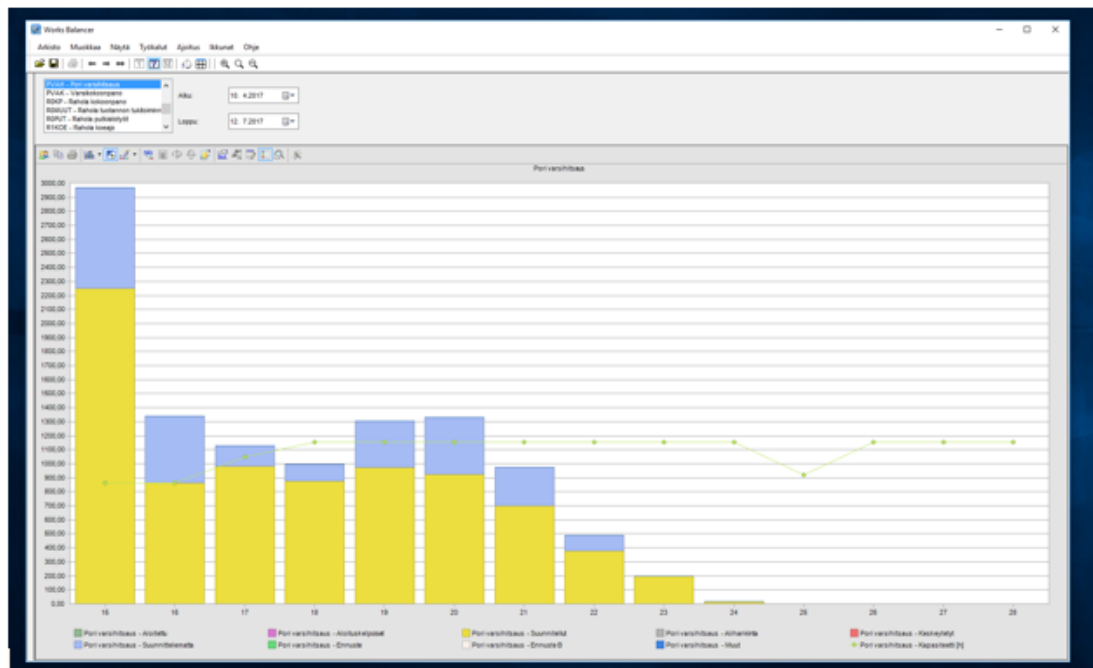
KUVA 20. Ryhmittelyvaihe yhtenä kokonaisuutena.

Näkymä, jossa ryhmittelyvaiheen kaikki vaiheet näkyvät kertoo tarkasti missä vaiheessa työ on menossa. Näkymässä voidaan tarvittaessa muuttaa janojen paikkaa, ja näin muokata vaiheketjun ajoitusta vaihetasolla. Balancer on työkalu ajoittamisen nopeaan muuttamiseen.



KUVA 21. Ryhmittelyvaihe osiin jaettuna.

Balancerista saadaan näkyviin myöskin kuormituspiirros (kuva 22), josta nähdään valittuna ajanjaksona halutun kuormitusryhmän kuormitus. Tällä toiminnolla pystytään tarkastelemaan kuormitusta aloitettujen, suunniteltujen ja valmiiden töiden kannalta. Tämä näkymä auttaa kokonaisuuden tarkastelussa.



KUVA 22. Kuormituspiirros Balancer-näkymässä.

Käytännössä tätä vaiheistusta testattiin oikean Lean-toiminnanohjausjärjestelmän rinnalla neljä viikkoa. Työntekijät leimasivat sekä testipuolelle, että tuotantopuolelle. Tuotantopuolen leimaus tehtiin entiseen tapaan, mutta testipuolella eri alavaiheiden työt leimattiin kukin erikseen. Näin työntekijät oppivat samalla uuden leimauskäytännön, sekä saatiin tietoa vaiheistuksen hyödyllisyydestä.

7 POHDINTA

Testin jälkeen haastateltiin työntekijöitä, työnjohtoa ja valmistuspäällikköä testin sujumisesta. Palaute oli pääasiassa positiivista, koettiin että on hyvä, että vaiheita pilkotaan, sillä näin on saatavissa laajemminkin tieto missä vaiheessa työ menee. Tästä hyötyvät kaikki osapuolet.

Huonoja puolia ei ollut muita, kuin se, että jouduttiin kahteen paikkaan leimaamaan yhtä aikaa. Tämä siksi, että käytettiin yhtä aikaa sekä testi että oikeaa Lean-järjestelmää. Toisena huonona puolena koettiin järjestelmän käytön muuttuminen aiempaa raskaammaksi, eli tiedon prosessointi ottaa aikaa huomattavasti enemmän.

Testi suoritettiin kesäkuussa 2017, ja sen päätyttyä päätettiin vaiheistuksen pilkkominen siirtää myös oikeaan tuotanto-ohjelmaan. Tietojen siirto tapahtui heinä-elokuussa 2017, jolloin siirsin tiedot oikeaan tuotanto-ohjelmaan. Uusi vaiheistus otettiin käyttöön elokuussa 2017 uusien laitteiden kohdalla. Menetelmä on osoittanut toimivuuttaan, sillä eri osastojen on uuden vaiheistuksen myötä helpompi seurata työn edistymistä muilla osastoilla. Pullonkaulapaikat erottuvat tällaisessa vaiheistuksessa selkeästi, ja niihin voidaan reagoida nopeammin. Työn ajoittaminen helpottuu, kun saadaan tarkkaa tietoa eri vaiheiden kestosta ja läpimenoajasta. Tämän opinnäytetyön puitteissa tehdyn pilkkonnan perusteella on harkittu vaiheiden pilkkomista muihinkin tuotannonosiin.

LÄHTEET

Bronto Skylift. 2016. Laaatukäsikirja.

Bronto Skylift. 2017. Presentation.

Ceriffi. N.d. Kahdeksan hukan muotoa. Luettu 26.8.2017.

<http://www.ceriffi.fi/palvelut/kahdeksan-hukan-muotoa> 26.8.2017

Haverila, M., UusiRauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2005. Teollisuustalous. Tampere: Tammer-Paino Oy.

Kouri, I. 2010. Lean taskukirja. Helsinki:Kopio-Niini.

Lean Kaizen Business Consulting. 2014, Lean Erp. Luettu 2.9.2017.

<http://www.leankbc.com/le.php>

Lehtonen, J-M. 2008. Tuotantotalous. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Modig, N. & Åhlström, P. 2016. Tätä on Lean, ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Halmstad:Bulls Graphics Ab.

Raita, E. 2016. Toimittajien kytkeminen kokoonpanovirtaukseen. Vaasan yliopisto. Tuotantotalous. Pro gradu-tutkielma.

Six Sigma. N.d. Esteiden teoria. Luettu 1.9.2017

<http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/esteiden-teoria-toc/>

Sixsigma. N.d. Leanin historiaa. Luettu 26.8.2017

<http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/leanin-historiaa>

Tuure, J. 2014. Yksinkertaista. Luettu 3.9.2017.

<https://osaamattomuusmaksaa.wordpress.com/tag/osaoptimointi/>