

Asiakasräätälöityjen sähkökeskusten kokoonpano-osaston kehittäminen

Mikko Rummukainen

Opinnäytetyö

Marraskuu 2017

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), logistiikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Rummukainen, Mikko	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Marraskuu 2017
	Sivumäärä 79	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Asiakasräätälöityjen sähkökeskusten kokoonpano-osaston kehittäminen		
Tutkinto-ohjelma Logistiikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Juha Paananen, Hannu Lähdevaara		
Toimeksiantaja(t) Casemet Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Yrityskaupan myötä Casemet Oy:n asiakasräätälöityjen sähkökeskusten kokoonpano-osaston toiminnan tehostaminen oli välttämätöntä, jotta yrityksen, muille kasvaville toiminoille saataisiin tilaa. Tarkoituksena oli lyhentää kokoonpanon läpimenoaika käyttämällä imuohjausta ja materiaalipalvelua. Kehityskohteita tuotannonohjaukseen, kokoonpanopisteisiin ja osaston layoutiin lähdettiin etsimään opinnäytetyön avulla. Tutkimus toteutettiin kesällä 2017.</p> <p>Tutkimustyö perustui kirjallisuuteen, verkkolähteisiin, havainnointiin, arvioihin, yrityksen henkilöstön haastatteluihin sekä yritykseltä ja asiakkaalta saatuun dataan. Tutkimus aloitettiin tutustumalla yrityksen tiloihin, toimintoihin ja henkilöstöön. Nykytilan kartoituksen avulla etsittiin kehityskohteita.</p> <p>Tutkimustuloksina yritykselle tuotettiin materiaalipalvelun käyttöön soveltuvat yksikkökoot ja työpisteet. Lisäksi yritykselle piirrettiin layout ja osaston hyllykartat, jotka hyväksyttiin tuotannon esimiehillä. Osaston käyttämät nimikkeet siirrettiin kokoonpano-osaston yhteyteen varastoitavaksi, näin keräilyaika minimoitiin ja varastotilaa vapautui yrityksen muille toimintoille. Kokoonpano-osaston muutokset astuvat voimaan, kun osastolle varatut uudet tilat ovat vapautuneet muiden toimintojen käytöstä.</p> <p>Tutkimuksessa kävi ilmi, että laaja nimikemäärä ja asiakasräätälöivät lopputuotteet rajaavat ratkaisumalleja ja pakottavat kompromisseihin imuohjauksen toteuttamisessa. Kehitysehdotukset ja tutkimustulokset soveltuvat vain kohdeyrityksen tarpeisiin. Imuohjaus ja Lean-periaatteiden hyödyntäminen edellyttävät kokoonpano-osaston jatkuvaa kehittämistä.</p>		
Avainsanat (asiasanat)		
Imuohjaus, kanban, kokoonpano, layout		
Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Rummukainen, Mikko	Type of publication Bachelor's thesis	Date November 2017 Language of publication: Finnish
	Number of pages 79	Permission for web publication: x
Title of publication Development project in a customer tailored electric enclosures assembly department		
Degree programme Degree Programme in Logistics		
Supervisor(s) Paananen Juha, Lähdevaara Hannu		
Assigned by Casemet Oy		
Abstract <p>Due to a corporate acquisition, it was necessary to improve the functions of the assembly department doing the customer tailored electric enclosures to enable the growth of their other business operations. The purpose was to shorten the assembly throughput time by using pull control and material service. The thesis sought development objectives for production management, assembly points and the layout of the department. The study was conducted in summer 2017.</p> <p>The research was based on literature, online resources, observation, evaluations, interviews with the company staff and data received from the company and the customer. The study started by getting acquainted with the company's premises, operations and personnel. The current status of the company was studied using the obtained information to find development objectives.</p> <p>As a research result, suitable unit sizes and workstations were designed to use with material service. Additionally one layout drawing of the department and a department planogram were drawn for the company. The drawing was approved by the production supervisors. The units which were used by the department were transferred into the assembly department for storing, thus minimizing the picking time and releasing storage space for the company's other operations. The changes into the assembly department will occur once the premises reserved for the department have been released from other activities.</p> <p>The research shows that the large number of units and the customer tailored products limit the solutions and force compromises in the pull control implementation. The development suggestions and the research results are only suited for the target company. Pull control and utilization of the Lean principles requires continuous development of the assembly department.</p>		
Keywords/tags (subjects) Pull control, kanban, assembly, layout		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Johdanto	6
1.1	Tutkimuksen tavoitteet	6
1.2	Tutkimuksen rajaaminen.....	7
1.3	Toimeksiantaja	7
1.4	Tutkimusmenetelmät	8
1.5	Tutkimuksen luokittelu.....	10
2	Tuotannon ohjaaminen	11
2.1	Tuotannon määritelmä.....	11
2.2	Tuotannonohjaus	12
2.2.1	Tuotannon kapasiteetti	13
2.2.2	Läpäisy aika.....	14
2.2.3	Tuotannonohjauksen tavoitteet.....	15
2.3	Toiminnanohjausjärjestelmä.....	17
2.4	Tuotantomuodot	19
2.5	Funktionaalinen layout.....	21
2.6	Tuotantolinja layout	22
2.7	Solulayout.....	23
2.7.1	Työntöohjaus	23
2.7.2	Imuohjaus	26
2.8	Valmistuksenohjaus.....	27
2.9	Lean-ajattelu	29
2.9.1	5S	29
2.9.2	Poka-yoke	32
2.9.3	Kaizen.....	33
2.10	JIT-periaate	34

	2
2.11 Kanban.....	35
2.11.1 Kanban-kortit.....	36
2.11.2 Kanban-järjestelmän hyödyt	38
2.12 Kanban käyttöönottoprosessi	38
3 Tuotantotilojen kehittäminen	40
3.1 Tuotantoprosessi.....	40
3.2 Layoutsuunnittelu	40
3.2.1 Layoutsuunnittelun tavoitteet.....	41
3.2.2 Simulointi.....	42
3.3 Varasto	42
3.4 Varastonohjaus.....	43
3.4.1 EOQ.....	44
3.4.2 ABC-analyysi	45
4 Casemetin nykytila-analyysi.....	46
4.1 Asiakasräätelöityjen sähkökeskusten kokoonpano-osasto.....	46
4.2 Työpisteet.....	48
4.3 Komponenttien ja puolivalmisteiden keräily	52
5 Toteutussuunnitelma	54
5.1 Nimikeanalyysi.....	54
5.2 Yksikkokokojen määrittelemineen.....	55
5.3 Työpisteiden suunnittelu.....	57
5.4 Hyllyratkaisut ja layoutsuunnittelu	57
6 Tulokset	58
6.1 Layout	58
6.2 Imuohjaukseen liitettävät nimikkeet	59
6.2.1 Johtimet	60

	3
6.2.2 Ostokomponentit ja puolivalmisteet.....	60
6.2.3 Yksikkömäärät ja yksikkökoot.....	61
6.3 Monimittauskeskusten kokoonpano.....	62
6.3.1 Hyllyratkaisut	62
6.3.2 Työpiste	64
6.4 Kotimaantiimi	65
6.4.1 Hyllyratkaisut	65
6.4.2 Työpiste	66
6.5 Vientitiimi	68
6.5.1 Hyllyratkaisut	69
6.5.2 Työpisteet	69
7 Pohdinta	71
Lähteet	74
Liitteet	76
Liite 1. Nykyinen layout	76
Liite 2. Yrityksen yksikkövaihtoehdot.....	77
Liite 3. Uusi layout	78
Liite 4. Esimerkki läpivirtaushyllyn hyllykartasta.....	79

Kuviot

Kuvio 1. Tuoterakenne	12
Kuvio 2. Läpäisyajan rakenne	14
Kuvio 3. Tuotannonohjauksen kilpailutekijöiden ristiriitaisuudet	16
Kuvio 4. Toiminnanohjausjärjestelmän osia	18
Kuvio 5. Tilauspiste eri tuotantomuodoissa.....	20
Kuvio 6. Funktionaalinen layout.....	22
Kuvio 7. Tuotantolinja layout	22
Kuvio 8. Solulayout.....	23
Kuvio 9. Työntöohjaus	24
Kuvio 10. Tuotannon käyttäytyminen työntöohjauksessa.....	25
Kuvio 11. Imuohjauksen käyttäytyminen.....	26
Kuvio 12. Työmääräin.....	28
Kuvio 13. Laadunvalvonnan tasot	32
Kuvio 14. Kaizen ja standardointi	33
Kuvio 15. Kanban-kortti.....	35
Kuvio 16. Kanban-kortti ja komponenttilaatikko	36
Kuvio 17. Kanban-järjestelmän käyttöönoton prosessikaavio.....	39
Kuvio 18. Hyötyarvomatriisi	41
Kuvio 19. ABC-analyysi	45
Kuvio 20. Tyypillisiä sähkökeskuksia	46
Kuvio 21. Monimittauskeskus	47
Kuvio 22. Nykyinen layout.....	48
Kuvio 23. Kotimaatiimin työpiste	49
Kuvio 24. Vientitiimin kokoonpanotila.....	50
Kuvio 25. Monimittauskeskusten kokoonpanotila	51
Kuvio 26. Materiaalijuna	52
Kuvio 27. Ostoskärryt	53
Kuvio 28. Esimerkki uudelleenpakkaamisesta	54
Kuvio 29. Esimerkki ohjaukseen soveltuvasta toimituspakkauksesta	56
Kuvio 30. Uusi layout.....	58

Kuvio 31. Monimittauskeskusten kokoonpanoalue.....	62
Kuvio 32. Läpivirtaushylly ja rullakuljetin.....	63
Kuvio 33. Monimittauskeskusten kokoonpanopöytä	64
Kuvio 34. Kotimaantiimin kokoonpanotila.....	65
Kuvio 35. Läpivirtaushylly.....	66
Kuvio 36. Kotimaantiimin kokoonpanopöytä.....	67
Kuvio 37. Vientitiimin kokoonpanoalue	68
Kuvio 38. Vientitiimin kalustuspöytä.....	70
Kuvio 39. Vientitiimin johdotuspöytä	71

Taulukot

Taulukko 1. 5S-järjestelmällä saavutettavat hyödyt.....	30
Taulukko 2. Yksikkökoon valintaperusteet.....	61

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tavoitteet

Toiminnan kasvaessa Casemet Oy:llä ilmeni tarve lisätä imuohjauksen määrää asiakasräätelöityjen sähkökeskusten kokoonpano-osastolla. Yrityksellä on halu lyhentää kokoonpanon läpimenoaika tuotannon tehostamiseksi. Osaston kokoonpanemat sähkökeskukset kootaan käsin ja itse kokoonpanotyön tehostaminen on hankalaa, sillä jokainen henkilö työskentelee omalla luontaisella työtahdilla. Siksi läpimenoaika tulee pyrkiä lyhentää muilla tavoin. Casemet pyrkii valmistamaan tuotteita Lean-periaatteiden mukaisesti, jonka peruseriaatteisiin kuuluu poistaa kaikki työvaiheet, jotka eivät tuota yritykselle minkäänlaista lisäarvoa. Yrityksen muut kokoonpano-osastot toimivat imuohjautuvasti ja niiden nimiketarvetta täydentää yrityksen käyttämä materiaalipalvelu. Asiakasräätelöityjen sähkökeskusten kokoonpano-osasto keräilee taas kaikki käytettävät nimikkeet itse. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, onko mahdollista lisätä materiaalipalvelun käyttöä tutkittavan osaston kokoonpanon läpimenoajan lyhentymiseksi.

Opinnäytetyön tavoitteena on määrittää imuohjaukseen lisättävät nimikkeet ja suunnitella niille yksikkökoko materiaalipalvelua varten. Kokoonpanopisteet tulee suunnitella ergonomisiksi osaston käyttöön soveltuviksi. Lisäksi osaston layout tulee suunnitella imuohjaus huomioiden Lean-ympäristöön.

Tutkimus vastaa seuraaviin tutkimuskysymyksiin;

- Mitkä nimikkeet tulisi lisätä imuohjausjärjestelmään?
- Minkälainen pakkaus ja yksikkökoko ovat sopivia kullekin komponentille ja puolivalmisteelle?
- Millainen on tehokas työpiste?
- Millainen on paras imuohjauksella toimiva layout yrityksen tarpeisiin?

1.2 Tutkimuksen rajaaminen

Tutkimus rajoittuu käsittelemään vain asiakasräätelöityjen sähkökeskusten kokoonpano-osastoa. Työn laajuudesta johtuen mahdolliset muutostyöstä aiheutuvat tehostamistarpeet yrityksen muilla osastoilla yritys ratkaisee itse. Tutkimuksen tarkoituksena on kehittää kokoonpano-osastoa, jonka käyttöönoton jälkeen yritys kehittää osastoon kytkeytyviä toimintoja tarvittaessa. Tutkimus ei ota kantaa yrityksen varastosaldoihin, vaan yksikkökoot määritellään yrityksen nykytilaa käyttämällä. Tutkimus ottaa kantaa osaston käyttämien nimikkeiden varastointitapoihin osaston uutta layoutia suunnitellessa.

1.3 Toimeksiantaja

Casemet Oy on helmikuussa 2016 perustettu perheyritys, joka perustettiin Enston Mikkelin tehtaan liiketoiminnan jatkajaksi. Casemetin liikevaihto koostuu metallikotelovalmistamisesta, sekä sähkömekaanisten ja ohutlevyrakenteiden sopimusvalmistamisesta. Yrityksen toiminta-ajatuksena on pyrkimys vakiinnuttaa kannattava liiketoiminta, jolla turvataan metalliteollisuuden työpaikkojen määrää alueellisesti. Lisäksi yritys työllistää merkittävästi myös muita alueen pk -yrityksiä alihankinnallaan. Yrityksen tämän hetkinen tavoite on säilyttää sen nykyinen markkina-asema ja kasvattaa uusien asiakassuhteiden määrää. Tulevaisuudessa Casemet hakee kasvua myös kansainvälisillä markkinoilla. (Tervetuloa taloon-opas 2017.)

Helmikuussa 2017 Casemet Oy ja Mikemet Oy allekirjoittivat sulautumissuunnitelman, jonka tarkoituksena on yhdistää Mikemet Oy:n tuotannollinen toiminta Casemetiin kesäkuun loppuun mennessä. (Tiedote 2017.)

Yrityskaupan myötä Casemet toimii kahdella tehtaalla, jotka työllistävät yhteensä 160 henkilöä. Yrityksen toimitusjohtajana toimii Jukka Kokkonen. (Yritysesittely 2017.)

1.4 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa käytetään pääasiallisesti kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä, sillä tutkija ei tunne ilmiötä ja tutkimuksen lähtökohtana on tutustua ilmiöön sisältyviin muuttujiin ja niiden välisiin suhteisiin. Tämän pohjalta etsitään ratkaisuja ilmiöön liittyviin ongelma-kohtiin. Tutkimusmateriaali perustuu yrityksen toimintojen tarkkailuun, ryhmä- ja yksilöhaastatteluihin, erilaisiin havainnointitapoihin ja arvioihin. Lisäksi asiakkaalta ja yritykseltä saatiin dataa. Tutkimus on tapaustutkimus, jonka tarkoitus on löytää kehitysehdotuksia tutkittaviin toimintoihin.

Kvalitatiivinen tutkimus

Kvalitatiivisen eli laadullisen tutkimuksen päämääränä on todellisen ilmiön tai tapahtuman kokonaisvaltainen tutkiminen, jonka tarkoituksena on löytää tosi seikkoja hankitusta tiedosta. Tietoa hankitaan pääsääntöisesti ilmiön keskellä olevilta ihmisiltä erilaisten testien ja lomakkeiden avulla. Ihmisiltä kerätyn tiedon lisäksi tutkimustyyppin toinen keskeinen tiedonkeruumenetelmä on havainnointi, joka koetaan luotettavammaksi kuin mittaamalla saatu tieto. Kerättyä tietoa tarkastellaan monipuolisesti ja yksityiskohtaisesti, jotta nähdään kuinka tarkasteltavat seikat heijastuvat rajattuun ilmiöön. (Hirsjärvi, Remes, & Sajavaara 2013, 161-166.)

Käytettävät tiedonkeruumenetelmät vaihtelevat tutkittavasta ilmiöstä riippuen. Esimerkiksi havainnointitavat vaihtelevat tilanteesta riippuen. Piilohavainnointi tulee kysymykseen, kun ei haluta, että havainnoijan läsnäolo vaikuttaa havainnoitavaan, sillä suorassa havainnoinnissa havainnoitava on tietoinen tutkijan läsnäolosta. Osallistavassa ja osallistuvassa havainnoinnissa tutkija on puolestaan itse mukana toiminnassa. Laadullisen tutkimuksen haastatteluissa kysymykset toimivat tiedonkeruumenetelminä tutkimuksessa. Havainnointi on keino myös tilanteessa, jossa tutkijalla ei ole tietoa ilmiöstä tai se on vähäistä. (Kananen 2010, 48-49.)

Usein tutkimus keskittyy pieneen määrään tapauksia ja aineiston tieteellisyyden perustana on laatu, jonka pohja luodaan riittävällä teoreettisella perustalla. Tutkimuksen teoriapohja antaa suunnan aineiston hankintaan. Laadullisen aineiston ongelmana on aineiston loputon määrä, siksi on tärkeää selvittää kuinka tutkimus kannattaa rajata. (Eskola & Suoranta 2008, 18-19.)

Kun on kyseessä uusi tai vieras ilmiö, josta ei ole tietoa, laadullinen tutkimus on ainoa siihen soveltuva tutkimusmenetelmä. Tutkimuksessa selvitetään mistä tekijöistä ilmiö muodostuu ja mikä on näiden tekijöiden välinen riippuvuussuhde. Tutkimuksen alussa on saatava ilmiöstä selkeä kokonaiskuva, jonka jälkeen siitä pystytään laatia teoriaa. Pyrkimyksenä tutkimuksessa on, että ilmiöstä saadaan yleistys, jolloin vastaavat ilmiöt voidaan tunnistaa ja havaita ympäristössään. Lisäksi tutkimuksessa tutustutaan ilmiön rakenteeseen, toimintaan ja prosesseihin. (Kananen 2010, 41.)

Laadullisessa tutkimuksessa analyysi ja aineistonkeruu tapahtuvat samanaikaisesti. Analysoinnin aikana tutkijan käsitys ja ymmärrys tutkittavasta ilmiöstä luonnollisesti kasvaa. (Kananen 2010, 51.)

Kvantitatiivinen tutkimus

Määrällinen, eli kvantitatiivinen tutkimus perustuu aiemmin tehtyjen tutkimusten johtopäätöksiin ja teorioihin. Tutkimukselle on keskeistä myös hypoteesin, eli oletuksen esittäminen, jota tutkimuksella selvitetään yleisten syiden ja seurausten kautta. Toisin sanoen tutkittava ilmiö sijoitetaan johonkin olemassa olevaan teoriaan. Yleisiä syitä ja seurauksia tutkitaan tilastollisin menetelmin, jonka johdosta kerättävän aineiston tulisi sopia numeeriseen mittaamiseen. Numeeristen mittausten perustana ovat tutkittavat henkilöt, joista muodostuu tutkittava joukko, eli perusjoukko.

Tutkimuksesta saatu aineisto kerätään taulukoihin, jotta sitä voidaan käsitellä tilastollisesti. (Hirsijärvi ym. 2013, 139-141.)

Tutkimuksessa tiedonkeruumenetelmänä käytetään tutkimuslomaketta, jolla tieto kerätään kohderyhmältä. Lomake sisältää kysymyksiä, joilla kerätään numeraalista tietoa tutkittavasta ilmiöstä. (Kananen 2010, 74.) Saatua tietoa tarkastellaan lukuina ja lukujen välisinä suhteina. Tällöin ilmiön tulee olla tutkijalle tuttu. (Kananen 2010, 77.)

1.5 Tutkimuksen luokittelu

Tutkimusmenetelmät jaetaan yleisimmin kahteen luokkaan; kvalitatiiviseen ja kvantitatiiviseen tutkimukseen. Näiden lisäksi tutkimus voidaan jakaa tapaus-, kehittämis- ja toimintatutkimukseen. Tutkimus voi olla myös usean menetelmän yhdistelmä. (Kananen 2010, 155.)

Toimintatutkimus

Toimintatutkimus on pidemmälle viety laadullinen tutkimus, jonka tavoite ei ole vain selittää ja kuvata ilmiötä, vaan myös tavoitella muutosta. Kvalitatiivinen tutkimus ei itsessään vaikuta toimintaan. Toimintatutkimuksessa voidaan käyttää kvalitatiivisen tutkimuksen tiedonkeruumenetelmiä ja analysointityökaluja, mutta usein toimintatutkimus voi käyttää myös kvantitatiivisen tutkimuksen osia. Muihin tutkimuksiin verrattuna toimintatutkimus on laajempi kokonaisuus, sillä parannusehdotusten toteuttaminen vaatii aikaa. (Kananen 2010, 157-158.)

Kehittämistutkimus

Kehittämistutkimuksen ja toimintatutkimuksen erona on, että toimintatutkimuksessa tutkija on mukana toiminnassa, mutta myös kehittämistutkimuksen tarkoituksena on päästä parempaan lopputulokseen tutkittavan ilmiön osalta. Kehittämiseen liittyy ristiriitaisuuksia, sillä aina ei olla yhtä mieltä siitä, mikä on kehitystä. Kehitystutkimus vaatii nykytilan kartoittamista, vaihtoehtojen etsintää ja arvostelamista. Tutkimus alkaa nykytilan kuvauksesta, jonka pohjalta etsitään ratkaisuja. Ratkaisuvaihtoehtoja etsiessä tulee tarkastella muuttujien vaikutusta tuloksiin, mutta usein myös tavoitteet ja vaihtoehdot tulee etsiä tutkimuksen aikana tuloksiin. (Kananen 2010, 159.)

Tapaustutkimus

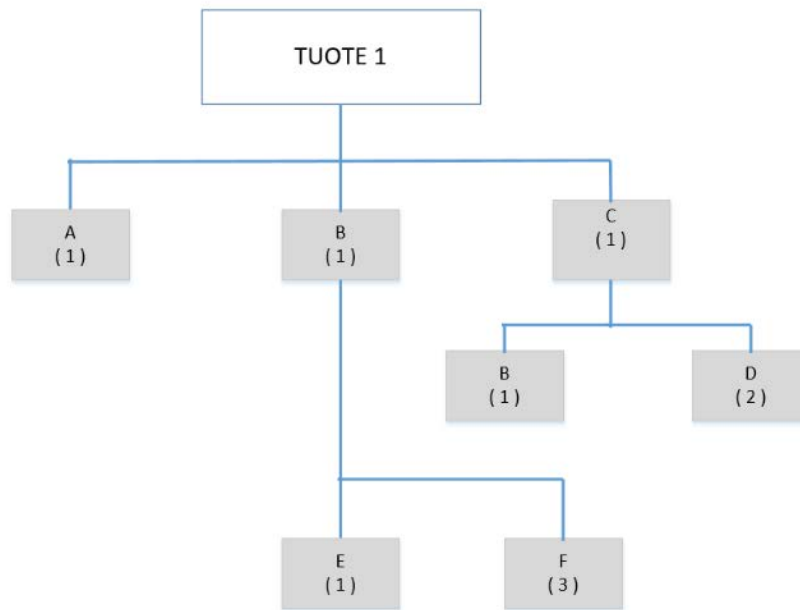
Tapaustutkimus on hyvin samanlainen kuin toimintatutkimus. Usein tutkimukset sekoitetaan keskenään, sillä molemmissa tutkimuksissa tarkastellaan yleensä vain yhtä tapausta. Tapaustutkimuksessa tutkija on ulkopuolinen henkilö, joka ei osallistu toimintaan, kun taas toimintatutkimuksessa tutkija on osana ilmiötä. Toinen keskei-

nen ero on tutkimuksen tarkoitus. Toimintatutkimuksessa parannusehdotukset testataan käytännössä, kun taas tapaustutkimuksessa ei tätä tapahdu. Voidaan siis sanoa, että tapaustutkimus on osa syvemmälle menevää toimintatutkimusta. (Kananen 2010, 160.)

2 Tuotannon ohjaaminen

2.1 Tuotannon määritelmä

Tuotanto sanalla viitataan teollisen yrityksen toimintoihin, joita tarvitaan tuotteen tai palvelun luomiseen. Yrityksen pyrkimyksenä on prosessoida raaka-ainetta siten, että sillä tuotetaan asiakkaalle lisäarvoa. Tuotantoprosessiin liittyvät kaikki toiminnot, joiden avulla luodaan tuote tai palvelu. Tuotanto käsitteenä on itsessään laaja, ja siksi onkin vaikea määritellä, mitkä kaikki yrityksen toiminnot kuuluvat tuotantoon ja mitkä ovat yrityksen päätoimintoja. Osa yrityksen toiminnoista liittyy tuotantoon osittain. Esimerkiksi logistiikka ja hankinnat ovat tuotannon osa kuljetusten ja varastohallinnoinnin osalta. Lisäksi tuotantoon kuuluu valmistaminen, jossa raaka-aineita työstetään lopputuotteiksi. Tuotteen valmistuksen lähtötietona toimii tuotteen tuoterakenne (ks. kuvio 1). Tuoterakenne kertoo tuotteen valmistamiseen vaadittavien osien määrät ja tarvittavat valmistusvaatimukset. (Martinsuo, Mäkinen, Suomala & Lyly-Yrjänäinen 2016, 134-135.)



Kuvio 1. Tuoterakenne

Tuoterakenne on välttämätön, jotta yritys pystyy määrittelemään tuotantoon tarvittavan materiaalitarpeen ja tuotteen valmistuskustannukset. Lisäksi tuoterakenne helpottaa tuotannon vakioimista, mutta se myös mahdollistaa komponenttien yhdistelyn ja tuotevarioinnin. Samojen komponenttien ja materiaalien käyttö on tapa pienentää kustannuksia ja tehostaa tuotantovaihetta. Jokaisella yrityksellä on erilainen tuotannon toteutustapa, sillä yrityksen tulee ottaa huomioon sen omat prosessit ja toimintamallit. Yrityksen on kehitettävä tuotannonohjausta ja tuotantojärjestelmiä siten, että se huomioi omien toimintojensa väliset riippuvuus- ja vuorovaikutussuhteet. (Mts. 134-135.)

2.2 Tuotannonohjaus

Tuotannonohjaus on yrityksen tuotteisiin ja palveluihin liittyvien tehtävien ja toimintojen suunnittelua ja hallintaa. Tuotannonohjauksen tarkoitus on keskittyä omiin toimintoihin, joilla palveluita ja tuotteita pyritään tuottamaan. Tuotannonohjauksen tehtävät ja menetelmät vaihtelevat yrityksittäin. Tehtävät ja menetelmät riippuvat toimialasta, tavoitteista, tietojärjestelmistä ja tuotantojärjestelmästä. Tuotannon keskeisinä tavoitteina ovat kustannustehokkuus, toimituskyky, joustavuus, laatu ja

asiakasarvon toteutuminen. Ennusteet ja kysyntä ohjaavat toiminnanohjauksen toteutumista. (Martinsuo ym. 2016. 138 -139.) Haverilan, Uusi-Rauvan, Kourin & Mietisen (2009, 397.) mukaan tuotannonohjauksesta käytetään nykyisin termiä toiminnanohjaus, sillä kokonaistoiminnan hallinta vaatii muidenkin toimintojen ohjausta.

2.2.1 Tuotannon kapasiteetti

Toiminnanohjaukseen käytetään mittareita, joiden avulla toimintaa seurataan ja asetetaan tavoitteita. Näillä tunnusluvuilla yritys kykenee johtamaan ja analysoimaan tuotannon tavoitteiden saavuttamista. Tuotannon keskeisimpiä tunnuslukuja ovat yleensä tuottavuus, tehokkuus ja laatu sekä toimintavarmuus. (Haverila ym. 2009, 398.)

Kapasiteetti kuvaa prosessin suorituskykyä, jota verrataan prosessin todelliseen kapasiteettiin. Tyypillisesti kapasiteetti ilmoitetaan valmistettu yksikkö aikayksikköä kohti. Maksimikapasiteetti on prosessin ideaalinen kapasiteetti, johon pääsyä yritys tavoittelee prosessin toimintoja tehostaessaan. Yleensä yritykset pystyvät toimimaan ideaalitulassa vain lyhyitä ajanjaksoja, sillä yrityksen toiminnalliset kulut, kuten käytetty energia ja henkilöstön palkat, kasvavat. Lisäksi pitkään maksimikapasiteetilla toimiessaan henkilöstön kuormittaminen voi laskea työtehoa. Suunniteltu kapasiteetti on tila, johon järjestelmä on suunniteltu toimimaan normaaliolosuhteissa. (Davis, Aquilano & Chase 1999, 109.)

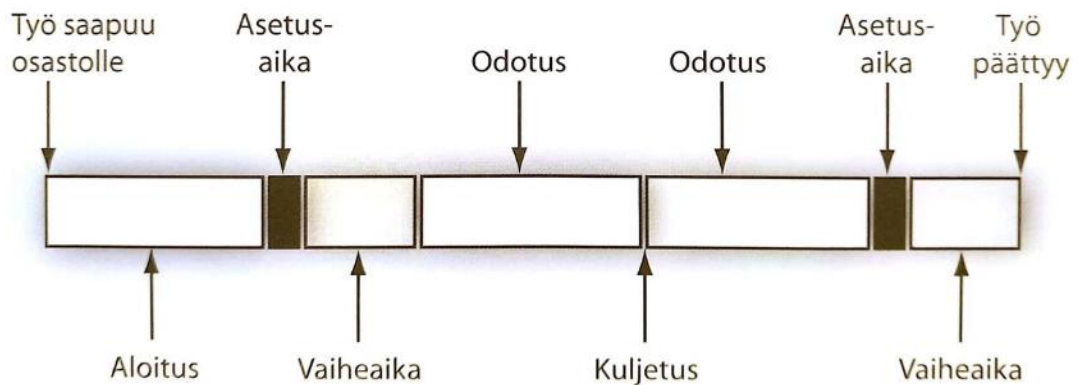
Kapasiteettia voidaan laskea määrittelemällä kapasiteetin hyötysuhde seuraavalla tavalla;

$$\text{Hyötysuhde \%} = \frac{\text{Nettokapasiteetti}}{\text{Maksimikapasiteetti}}$$

Nettokapasiteetti tarkoittaa yrityksen todellista käytettävää kapasiteettia. Yrityksen todellinen kapasiteetti on yleensä 50-90% teoreettisesta kapasiteetista, sillä kapasiteettiin vaikuttavat häiriöt, huoltotyöt, sairauspoissaolot, materiaali puutteet ja konevat. (Haverila ym. 2009, 400.)

2.2.2 Lämpäisy aika

Tuotannon lämpäisy aika on mittari, jolla mitataan kokonaisaika, jonka prosessin suorittaminen vaatii. Useimmiten lämpäisy ajalla tarkoitetaan valmistuksen lämpäisy aika tai kokonaislämpäisy aika. Kokonaislämpäisy ajalla kuvataan koko prosessiin käytettyä aikaa, kun taas valmistuksen lämpäisy aika kuvaa vain valmistuksen aloittamisesta tuotteen valmistumiseen käytettyä aikaa. Lämpäisy ajasta suurin osa on odotusaikaa, työvaiheiden muodostaessa vain pienen osan kokonais ajasta. Lämpäisy ajalla ei ilmaista tuottavuutta, eikä tuotteen valmistumisajan vaatimusta. (Haverila ym. 2009, 401.) Kuviossa 2 on esimerkki lämpäisy ajan rakenteesta.



Kuvio 2. Lämpäisy ajan rakenne (Haverila ym. 2009, 401.)

Valmistuksen lämpäisy aikoja pyritään lyhentämään pienentämällä valmistuserien kooka ja poistamalla tuotannon välivarastoja. Suuri valmistuserä tuotannossa pidentää lämpäisy aika, sillä odotusajat työvaiheiden välillä kasvavat eräkokojen kasvaessa. Valmistettava erä on jonossa sitä pidempään, mitä enemmän tuotteita on odottamassa seuraavaa työvaihetta. Työjonoja lyhentämällä yritys vähentää turhien välivarastojen syntymistä. Lisäksi välivarastojen poistaminen lyhentää lämpäisy aika ja vähentää varastoinnin aiheuttamia välillisiä kustannuksia. Lämpäisy aika pystytään lyhentämään myös asettamalla työpisteet työvaiheiden mukaiseen järjestykseen, sekä selkeyttämällä materiaalivirtoja. Tällöin turhat kuljetukset ja siirrot poistuvat. (Haverila ym. 2009, 405-406.)

Pyrkimään pienentämään valmistuksen eräkokoja on yrityksen lyhennettävä asetus aikojaan. Asetusaika on aika, joka kuluu tuotteesta toiseen vaihtamiseen työpisteellä.

Yhden tuotantoerän aikana asetus tehdään kerran, eikä tuotantoerän aikana vaihdettavaa työstettävää kappaletta lasketa asetusajaksi. Asetusaika koostuu työkalujen vaihtamisesta, ohjelmien ja raaka-aineiden vaihdosta, sekä muista erän aloitukseen liittyvistä toiminnoista. Pienet erät eivät ole kannattavia, jos asetusajat ovat pitkiä, sillä kapasiteettia kuluu eri asetusten vaihtamiseen eikä korkeaan kuormitusasteeseen päästä. Vain lyhyillä asetusajoilla pienet tuotantoerät ovat taloudellisesti kannattavia. (mts. 406-407.)

Tuotteiden ja toiminnan laadussa on havaittu myös parannusta, läpäisyajoja lyhettäessä. Nopeatahtisessa pienerätuotannossa virheet ja häiriöt valmistusvaiheessa havaitaan aikaisemmin, ja tällöin niihin on helpompi puuttua. Kuitenkin lyhyen läpäisyajan seurauksena, häiriö saattaa pysäyttää koko tuotantoprosessin. Toiminnan laadun kehittäminen on välttämätöntä läpäisyajan lyhentämiselle. Tuotantoprosessi ja prosessin tuottavuus parantuvat läpäisyaikaa minimoimalla, joka voidaan selittää osittain toiminnan laadun kehityksellä. Häiriöiden ja virheiden aiheuttamat kustannukset ja välilliset kustannukset vähenevät, sillä itse ohjaustyöhön kuluu vähemmän aikaa. (mts. 407.)

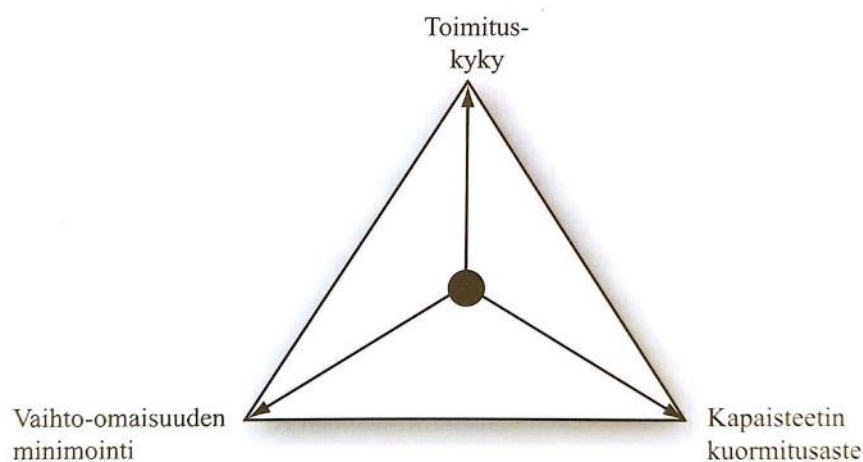
2.2.3 Tuotannonohjauksen tavoitteet

Tuotannonohjauksen tärkeimmät tavoitteet ovat kapasiteetin korkea hyötysuhde, toimitusvarmuus, tuotannon läpäisy aika ja vaihto-omaisuuden minimointi. Tavoitteet perustuvat tuotannon yleisiin tavoitteisiin; laatuun, joustavuuteen, kustannusten minimointiin ja kilpailukykyisyyteen. Kapasiteetin korkeaan tuottavuuteen päästään, kun tuotanto pyritään maksimoimaan, jonka seurauksena koneisiin, tuotantotiloihin ja tuotantolaitteisiin sitoutunut pääoman tuottavuus kasvaa. Tuotannon tehokkuus paranee, kun tuotantoerät suunnitellaan niin, että keskeisimmät resurssit ovat tehokkaassa käytössä. (Haverila ym. 2009, 402-404.)

Tehokkaaseen tuotantoon päästään, kun tuotantoerien ja tilausten läpäisyajat ovat niin lyhyet kuin mahdollista. Lyhyillä läpäisyajoilla on vaikutusta yrityksen muihinkin ohjaustavoitteisiin, sillä läpäisy aika vaikuttaa toimitusaikaan, laatuun, kapasiteetin suunnitteluun ja keskeneräisen tuotannon sitoutuneeseen pääomaan. Ohjauksen ongelmana on tavoitteiden ristiriitaisuus, sillä hyvä toimitusvarmuus vaatii raaka-ainei-

den, puolivalmisteiden ja valmiiden tuotteiden varastointia. Lisäksi hyvä toimitusvarmuus edellyttää yritykseltä valmiutta valmistaa joustavasti pieniä tuotantoeriä. Koneita ja laitteita pyritään kuormittamaan tekemällä vakiotuotteita suurikokoisina sarjoina, sillä tuotantoa menetetään koneiden seisoessa uuden tuotteen valmistusasetuksia muutettaessa. Näin ollen tuotanto tehostuu ja tuottavuus paranee, kun samankaltaisia tuotteita valmistetaan pitkinä sarjoina, eikä asetusaikat hukkaa kapasiteettia. (mts. 402-404.)

Pitkien sarjojen valmistaminen edellyttää vakiotuotteiden tasaista menekkiä ja varastoja. Lyhyinä sarjoina valmistettavat asiakasräätälöidyt tuotteet laskevat kuormitusastetta monista asetuksista johtuen. Tuote- ja raaka-ainevarastojen pienet koot vähentävät vaihto-omaisuuden määrää. Keskeneneräiseen tuotantoon (KET) sitoutunut pääoman pienentäminen taas vaatii lyhyitä valmistussarjoja ja KET-varaston vähentämistä. Yrityksen tulee toiminnanohjauksen avulla mukauttaa ristiriidassa olevat tavoitteet yhteen niin hyvin kuin mahdollista. (mts. 403-404.)



Kuvio 3. Tuotannonohjauksen kilpailutekijöiden ristiriitaisuudet (Haverila ym. 2009, 404.)

Läpäisyajojen minimoinnilla on havaittu olevan tehokas vaikutus toiminnanohjauksen tavoitteiden saavuttamiseen. Hyvä toimituskyky ja sitoutuneen pääoman pienentäminen samanaikaisesti onnistuvat läpäisyajoja lyhentämällä. Läpäisyajan lyhentäminen asiakasohjautuvassa tuotantomallissa vaikuttaa suoraan toimitusaikaan, kun taas varasto-ohjautuvassa tuotannossa läpäisyajojen minimointi tekee varastojen

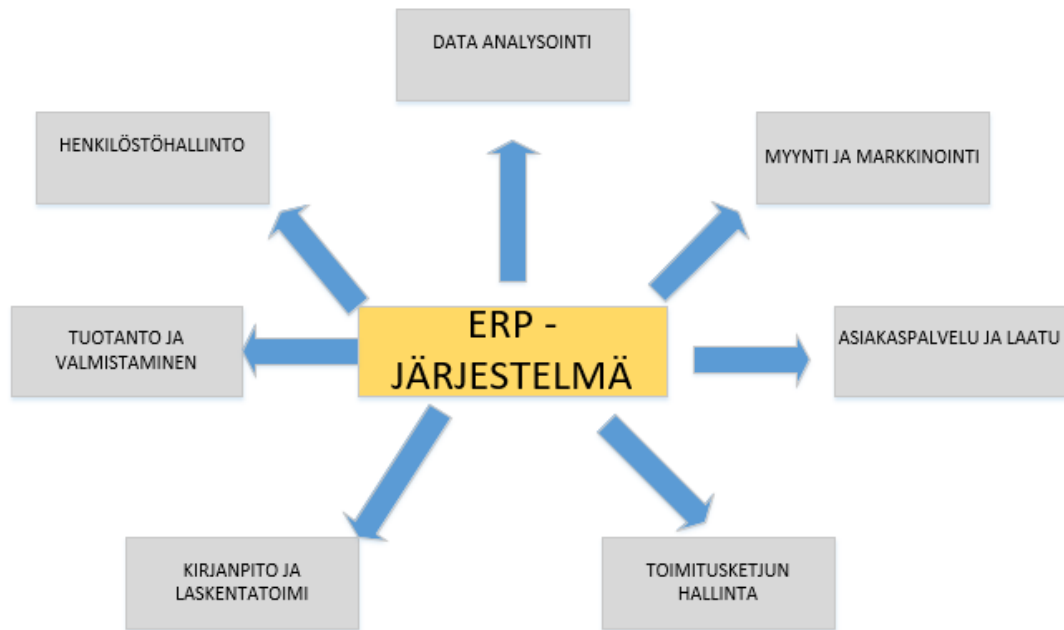
nopean täydentämisen mahdolliseksi. Tämän avulla yritys pystyy toimimaan halutulla palvelutasolla pienemmillä varastotasoilla. (mts. 404.)

Toiminnanohjauksen tavoitteisiin vaikuttaa yrityksen valitsemat kilpailutekijät (ks. kuvio 3). Jos pienet kustannukset ovat yrityksen tärkein tavoite, yrityksen täytyy pyrkiä pieniin varastoihin ja korkeaan kapasiteetin kuormitusasteeseen. Asiakaskohtaisten tuotteiden valmistaminen ja niillä kilpaileminen vaatii yrityksen toimintojen muokkaamista siten, että asiakkaan kaikkiin toiveisiin voidaan vastata. Mahdollisimman hyvää toimitusaikaa ja -varmuutta tavoitteleva yritys varmistaa tavoitteisiin pääsyn nopeilla läpäisyajoilla ja riittävällä materiaalivarastolla. (mts. 404.)

Tavoitteiden ristiriitaisuuksien lisäksi ongelmatekijä tuotannonohjauksessa on yritysten toimintojen eriävät käsitykset eri tavoitteiden merkittävydestä. Esimerkiksi markkinoinnin kannalta toimituskyky ja asiakastoiveiden toteuttaminen ovat tärkeimpiä, mutta tuotannossa puolestaan pyritään kapasiteetin maksimointiin. (mts. 404.)

2.3 Toiminnanohjausjärjestelmä

Toiminnanohjausjärjestelmä, Enterprise Resource Planning, eli ERP, tarkoitus on tukea yrityksen toimintaa ja tuotannonohjausta ylläpitämällä ja välittämällä tietoa eri toiminnoista. Teollisuuden alalla toiminnanohjausjärjestelmä pitää usein sisällään hankintaa, myyntiä, taloushallintaa, tuotannonsuunnittelua, -ohjausta, jakelua ja kustannuslaskentaa. Lisäksi järjestelmään on mahdollista lisätä muitakin osia, jotka ovat teollisuudessa harvemmin käytössä. Järjestelmä on apuna myös suunnittelussa, sillä se auttaa niin strategisissa kuin operatiivisissakin toiminnoissa. Toiminnanohjausjärjestelmän tulee sopia organisaation käyttöön, sillä se yhdistää yrityksen toiminnot, toimintatavat ja prosessit, mutta ilman oikeita järjestelmäosia toiminnanohjausjärjestelmästä ei saada oikeaa tietoa parantamaan yrityksen toimintaa. (Ritvanen ym. 2011, 56-57.) Kuviossa 4 on esitelty toiminnanohjausjärjestelmän osia.



Kuvio 4. Toiminnanohjausjärjestelmän osia (Muokattu lähteestä Krajewski, Ritzman & Malhotra 2013, 565.)

Toiminnanohjausjärjestelmän tarkoituksena on, että järjestelmään viedään yrityksen perustiedot kerran ja ne ovat kaikkien saatavilla, eikä näitä tietoja tarvitse luoda uudelleen. Lisäksi järjestelmä mahdollistaa yrityksen tapahtumiin liittyvän tiedon seuraamisen, kuten tuotetietojen, tilausten-, valmistamisen seurannan ja tietojen analysoinnin. Järjestelmän avulla yritys kykenee hallitsemaan kaikkia resursseja ja tuotantolaitoksia, mikä mahdollistaa keskitetyn tuotannon ja liiketoiminnan toteutumista. Tietojärjestelmien avulla pystytään myös luomaan asiakirjoja, tilastoja ja raportteja, joiden avulla yritystä voidaan johtaa. (Haverila ym. 2009, 430-431.)

Järjestelmä tehostaa tietojen käsittelyä ja keräämistä, joka parantaa toimintojen ja resurssien käytön suunnittelua. Kun kaikki tarvittava tieto on nopeasti saatavilla, yrityksen on mahdollista reagoida nopeasti organisaation sisällä tapahtuviin tilanteisiin. Lisäksi liiketoiminnan johtaminen tehostuu kokonaisuudessaan, sillä tunnuslukujen, tilausten, toimitusten ja hankintojen seuranta ja ohjaus tehostuvat tietojärjestelmän myötä. Paljon tietoa ja ominaisuuksia sisältävän järjestelmän käyttöönotto on usein kallista, monimutkaista ja vaatii paljon aikaa. (Haverila ym. 2009, 430-431.)

2.4 Tuotantomuodot

Materiaalivirroista riippuen tuotantomuodot voidaan jaotella jatkuvaan, usean tai yhden tuotteen tuotantoon. Lisäksi tuotanto voidaan jakaa kiinteän aseman tuotantoon, erä- ja työpajatuotantoon. Jatkuvassa tuotannossa tuotantolinja valmistaa yhtä tuotetta taukoamatta. Usean tuotteen jatkuva tuotanto vaatii tasaista komponenttien hankintaa, jotta sen toiminta jatkuu pysähtymättä, kun taas yhden tuotteen tuotanto vaatii suuria myyntimääriä kannattaakseen. Kiinteän aseman tuotanto on projektivalmistamista, kuten laivan valmistaminen. Erätuotantoa käytetään massa- ja kappaletavaroissa, jolloin myynti ei ole riittävän suurta tuotekohtaisiin linjastoihin. Työpajatuotanto on pienerä- tai yksittäistuotantoa, jossa tilauskoko määrää tuotettavan määrän. (Ritvanen, Inkiläinen, Von Bell & Santala 2011, 47.)

Varasto – ohjautuva tuotanto

Varasto-ohjautuvaa tuotantomuotoa, eli MTS-tuotantoa (make-to-stock), käytetään kun tuotteen elinkaari on pitkä ja tuotevalikoima suppea. Tässä mallissa yritys valmistaa tuotteita varastoon, johon sitoutuu pääomaa. Tuotantomuoto vaatii tarkat ja uskottavat kysyntäennusteet, joiden nojalla tuotetta pyritään valmistamaan oikea määrä. Varasto-ohjautuvan tuotantomallin toimitusajat ovat lyhyitä ja toimitusketjua hallitaan työntöohjausmenetelmällä, eli push-menetelmällä. Ohjausta käytetään myös, jos yritys haluaa tuotannolle korkean käyttöasteen. (Ritvanen ym. 2011, 48.)

Tilausohjautuva tuotanto

Tilausohjautuvaa, eli MTO-menetelmää (make-to-order) käytetään, kun kysyntä on vähäistä, mutta yrityksellä on laaja tuotevalikoima. Tästä johtuen yksittäisen tuotteen hinta on korkea ja toimitusajat ovat pitkiä. Tilausohjautuvassa tuotantosuunnittelussa toimitusketjun hallintaan käytetään imuohjaus (pull) menetelmää, jossa tuotantomääriä ohjaa kysyntä. (Ritvanen ym. 2011, 49.)

Asiakasohjautuva kokoonpano

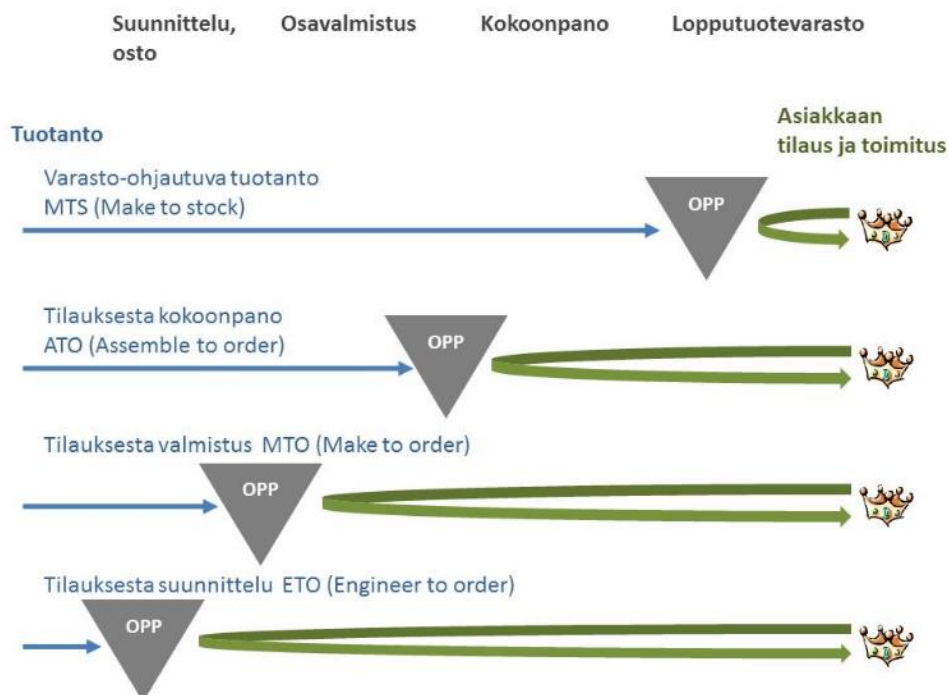
Asiakasohjautuvassa kokoonpanossa, eli ATO-tuotannossa (assembly-to-order), yritys valmistaa standardikomponenteista asiakkaan toiveen mukaisia tuotevariaatioita. Asiakkaan toiveet pyritään huomioimaan tarkasti, jotta asiakas saa juuri tarpeeseensa vaadittavan tuotteen. Asiakasohjautuvassa kokoonpanossa pääomaa sitoutuu

varastoon, standardikomponenttien laajan käytön seurauksena. (Ritvanen ym. 2011, 49.)

Asiakasohjautuva tuotesuunnittelu

ETO (engineer –to –order), eli asiakasohjautuvan tuotesuunnittelun lähtökohtana on vaihtelevan kysynnän ja pitkän toimitusajan omaavat asiakaskohtaiset tuotteet. Ohjausmuotoa käytetään materiaalien ollessa helposti pilaantuvia. Lisäksi tässä mallissa keskeistä ei ole tuotannon käyttöaste, kuten varasto-ohjautuvassa tuotantomuodossa. (Ritvanen ym. 2011, 49.)

Tuotantoa organisoidessa tulee myös tarkastella asiakkaan tilausohjauspistettä (Order Penetration Point, OPP). Tilausohjauspiste on materiaalivirrankohta, jossa tuote sidotaan asiakkaan tilaukseen. Kuviossa 5 esitellään tyypillisimmät tilausohjauspisteiden paikat ja paikkoja vastaavat tuotantomallit. Piste määrittelee tilauksen läpäisyai-
kaa. Mitä lähempänä asiakasta piste sijaitsee, sitä lyhyempi on tilauksen toimitus-
aika. Ennen ohjauspistettä tuotanto on epävarmaa, eli tuotanto toteutuu suunnitel-
mien ja ennusteiden pohjalta. Tilausohjauspisteessä on yleensä välivarasto. (Tilauk-
sen kohdennuspiste (OPP) N.d.)



Kuvio 5. Tilauspiste eri tuotantomuodoissa (Tilauksen kohdennuspiste (OPP) N.d.)

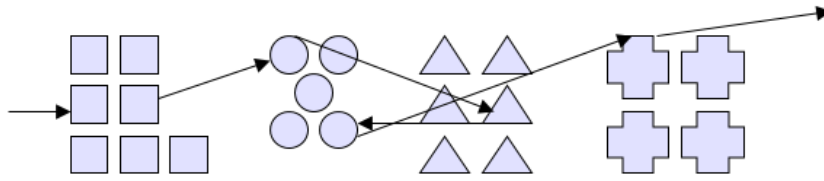
Ennen tilauspistettä sarjatuotantoa voidaan käyttää valmistustapana. Asiakastilauksen saapuessa, toimintamalli muuttuu asiakaskohtaiseksi. Ennen tilauspistettä yritys voi käyttää sarjatuotantoa valmistuksessaan. Toimintamalli kuitenkin muuttuu asiakkaan mukaiseksi, kun asiakastilaus saapuu yritykselle. Tämä tarkoittaa, että tilanteesta riippuen tuote voidaan koota moduuleista ja näin viivästyttää valmistaminen mahdollisimman myöhäiseksi lähelle asiakasta. (Tilauksen kohdennuspiste (OPP) N.d.)

Viivästyttämisessä tuotteen kokoonpano viivästytetään pisteeseen, jossa tiedetään, että asiakastilaus on varma. Tämä on mahdollista vain silloin, kun tuote kootaan vakio-osista. Viivästyttämällä kokoonpanoa parannetaan toimitusketjun tehokkuutta. Tätä tapaa käytetään yleisesti silloin, kun kysynnästä ei ole tarkkaa tietoa, materiaalien toimitusaika on pitkä ja tuotteita on paljon. Lisäksi viivästyttäminen tukee massaräätälöintiä. Massaräätälöinti on Lean-periaate, jossa yksilöllistä lopputuotetta valmistetaan massatuotannon etuja hyväksi käyttäen. Massaräätälöinnin etuna on nopea ja edullinen sarjatuotanto, sekä joustava ja räätälöity tilaustuotanto. Tuote suunnitellaan modulaariseksi, eli tuote pyritään kokoamaan vakio-osista. Asiakkaan toiveet huomioidaan, kun tuote räätälöidään tilauskohtaisesti ennalta määriteltyjen vaihtoehtojen perusteella. Massaräätälöinnin avulla toimitusvarmuus paranee ja toimitusaika lyhenee. Asiakasräätälöinti kasvattaa tuotteen arvoa. (Ritvanen ym. 2011, 49-50.)

2.5 Funktionaalinen layout

Funktionaalinen layout on malli, jossa työpisteet ja laitteet on organisoitu ryhmiin, joissa työtehtävä on sama tai samankaltainen (ks. kuvio 6). Koneet ovat tavallisesti yleistoiminnallisia, joita voi käyttää useiden eri tuotteiden valmistamiseen joustavasti. Funktionaalinen layout valitaan, kun tuotevalikoima on laaja, tuotantomäärät vaihtelevat paljon ja tavoitteena on joustava tuotanto. Siksi usein funktionaalisisessa layoutissa valmistetaan yksittäis- tai piensarjatuotantoa. Mallin tuotannonohjaus perustuu jonottavien töiden, eli keskeneräisen tuotannon aikatauluttamiseen. (Martinsuo ym. 2016, 157-158.)

Funktionaalinen layout

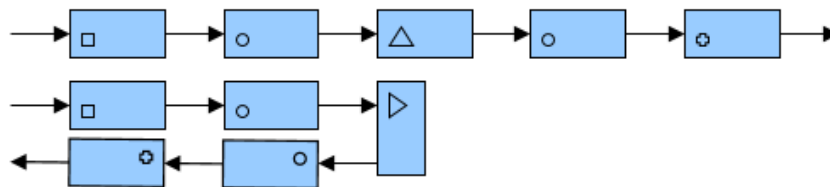


Kuvio 6. Funktionaalinen layout (Tuotannon Layout N.d.)

2.6 Tuotantolinja layout

Tuotantolinja layoutissa koneet ja työpisteet organisoidaan tuotteen oikean työjärjestyksen mukaan (ks. kuvio 7). Layoutissa koneet ja laitteet ovat tarkoitettu aina tiettyyn työtehtävään, joten tuotevalikoima on suppea, mutta mahdollistaa suuret tuotantovolyymit. Tuotantolinjan pyrkimyksenä on saavuttaa suuri käyttöaste. (Martinsuo ym. 2016, 159-160.)

Tuotantolinja



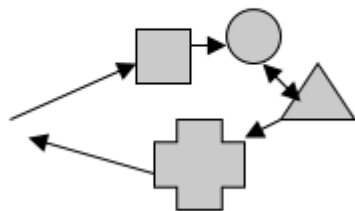
Kuvio 7. Tuotantolinja layout (Tuotannon Layout N.d.)

Suuret tuotantomäärät pienentävät tuotteen yksikkökustannuksia, vaikka linjan investointikustannukset olisivatkin suuret. Mallia on kuitenkin vaikea muuttaa jälkikäteen johonkin toiseen tarpeeseen, jonka takia yrityksellä tulee olla selkeä valmistussuunnitelma. Layout mallin häiriöt ja käyttökatkot vaikuttavat koko linjan tuottavuuteen ja laatuun. Linja tulee tasapainottaa siten, että jokaisesta työvaiheesta saavutetaan maksimaalinen tuottavuus ja hukka-ajat saadaan minimoitua. (Martinsuo ym. 2016, 160-161.)

2.7 Solulayout

Solumallissa konekanta ja työpisteet ryhmitellään niin, että jokainen solu vastaa jonkun tietyn valmistamisen osan tai tietyn kokonaisuuden suorittamisesta (ks. kuvio 8). Solutuotannossa työntekijät ovat koulutettuja tehtävään ja ovat osaavia tekemään määrätyn kokonaisuuden alusta loppuun. Malli soveltuu joustavaan valmistukseen, kun valmistaminen on toistuvaa, mutta volyyymi ei ole riittävä tuotantolinjan valintaan. Tuotteiden volyymit ja eräkoot voivat vaihdella ja materiaalivirta on selkeytetty niin, että välivarastoille ei ole tarvetta. Työnsuorittaja pystyy siirtymään eri tuotteen valmistamiseen lyhyellä asetusajalla. Solun tuotannonohjaus perustuu yhden solun ja sen tuotannon ohjaamiseen. (Martinsuo ym. 2016, 161-162.)

Solulayout



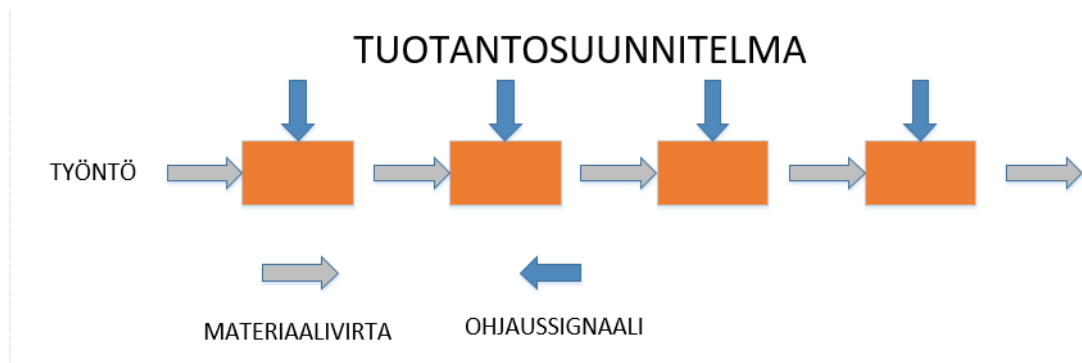
Kuvio 8. Solulayout (Tuotannon Layout N.d.)

Tuotantosolussa vaaditaan, että jokaisessa solussa on kaikki tarvittavat laitteet ja työvälineet joiden kuormitusasteet voivat vaihdella paljon yksittäis- ja pienerätuotannosta johtuen. Kun yhden tuotteen tai tuotteen osan valmistaa yksi henkilö, laadunhallinta paranee. (Martinsuo ym. 2016, 162.)

2.7.1 Työntöohjaus

Työntöohjaus on periaate, jossa jokaisen työvaiheen toiminnot perustuvat ennakkoon tehtyyn suunnitelmaan ja asiakkaan kysyntä pyritään tyydyttämään kysynnän ennustusta ja tuotantosuunnitelmaa hyväksi käyttäen (ks. kuvio 9). Näin ollen voidaan todeta, että asiakkaan tarpeet eivät suoraan määrittele käytännön materiaali-

virtojen kulkua, vaan tuotantomäärät on suunniteltu etukäteen. Etukäteen suunnitellut tuotantomäärät työnnetään markkinoille. Työntöohjaus käyttää materiaaltarvelaskentaa keskeneräiselle tuotannolle ja varastolla ei ole maksimirajoja. (Työntöohjaus N.d.)

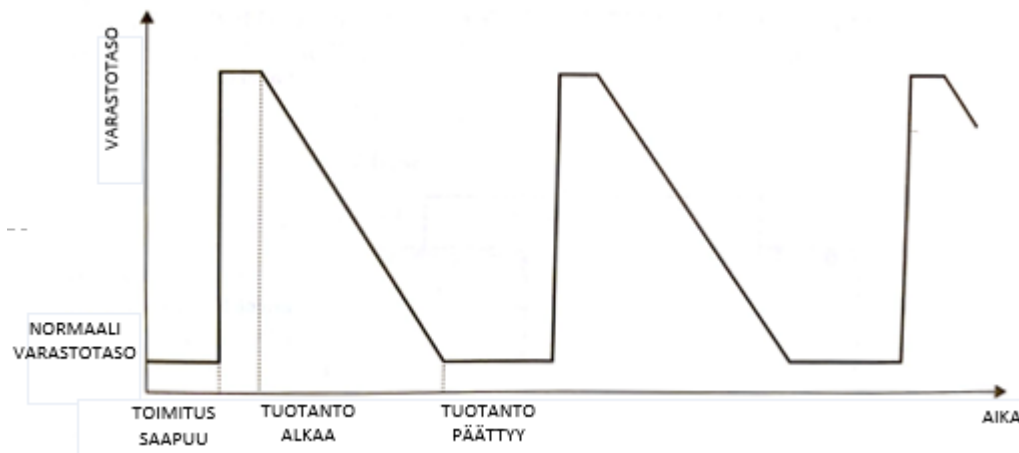


Kuvio 9. Työntöohjaus (Muokattu lähteestä Työntöohjaus N.d.)

Työntöohjauksessa tieto tulee siis järjestelmän ulkopuolelta perustuen laadittuun tuotantosuunnitelmaan, mutta käytännössä harva materiaaltarvelaskentaa käyttävä uskoo täysin tuotantosuunnitelmaan, vaan valmistamista säädellään järjestelmän valitsevan tilan mukaan. Siksi joskus materiaaltarvelaskentaa kutsutaan työntö- ja imuohjauksen hybridimalliksi. (Hopp & Spearman 2008, 358.)

Materiaaltarvelaskenta

Materiaaltarvelaskenta eli MRP (Material Resource Planning) on klassinen työntöohjauksen periaate. MRP-järjestelmä määrittelee tilauksen valmistamisen käyttämällä läpimenoaikaa ja kysynnän ennustusta. Materiaaltarvelaskenta lähtee liikkeelle aikataulusta ja käyttää hyväkseen materiaaliluetteloa, jonka perusteella luodaan tilausaikataulu vaadituille materiaaleille. (Waters 2004, 308-311.)



Kuvio 10. Tuotannon käyttäytyminen työntöohjauksessa (Muokattu lähteestä Waters 2004, 311.)

Aikataulu on tyypillisesti luotu viikkotasolle. Laskennan avulla luodaan aikataulu, joka näyttää, mitä materiaaleja tarvitaan ja kuinka paljon. Lisäksi laskenta tuottaa tilausaikataulun, jonka avulla osataan tilata halutut materiaalit ja valmistaa tuotteet oikea-aikaisesti. Lähestymistapa sopii täysin tiedettyyn kysyntään ja näin ollen varastossa on juuri asiakkaan vaatima tarve. Tyypillisesti materiaalarvelaskentaa käyttävän yrityksen varastotasot ovat matalat, mutta juuri ennen kuin tuotannon on tarkoitus alkaa, saapuva tavara nostaa varastotasot hetkellisesti (ks. kuvio 10). (mts. 308-311.)

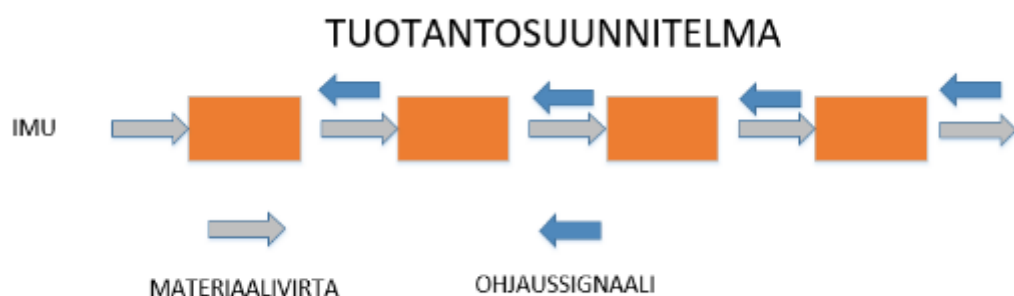
Materiaalarvelaskennan hyötynä on sen avulla tuotettu suuri datan määrä. Laskennan avulla saadaan tietoa yrityksen omaan käyttöön, kuten aikataulutietoja tuotannolle ja tietoja mahdollisista poikkeustiedoista, kuten peruutetuista tilauksista. Lisäksi menetelmällä on mahdollista seurata prosessia ja varastotasoja. Tuotetun datan lisäksi laskennan ansiosta varaston kierto on nopeampi ja yritys saavuttaa säästöjä varastointi- ja tilakustannuksissa. Huonona puolena materiaalarvelaskennassa on sen vaatima suuri määrä tietoa ja laskemista, jonka seurauksena järjestelmästä voi tulla liian monimutkainen. Ilman riittävää tietoa ja aikataulun suunnittelua materiaalarvelaskenta ei ole riittävän tarkka. Niin ikään tilausten jatkuva vaihtelu tuottaa ongelmia. Usein organisaation tiedoissa on virheitä, jotka vääristävät laskentaa. Voi jopa olla, että joitakin tietoja ei yksinkertaisesti ole tallennettu yrityksen järjestelmiin. Lisäksi laskennan ongelmana pidetään järjestelmän joustamattomuutta, jonka seurauksena yritykset pyrkivät joustavuuteen pitämällä varmuusvarastoa. Laskenta-

malli ei välttämättä ota riittävästi huomioon rajoitteita, kuten tilakapasiteettia. Järjestelmän ehdottomat eräkoot voivat olla kustannustehottomia. Ongelmista huolimatta materiaaliarvelaskenta on laajalti käytetty järjestelmä, mutta toimiakseen se vaatii jatkuvaa tiedonkäsittelyä. (Waters 2004, 320-327.)

2.7.2 Imuohjaus

Imuohjauksen tarkoitus on minimoida varastot, sillä ne ajatellaan lisäkustannuksena. Imuohjaus-periaate on peräisin Lean-ajattelusta, jossa prosesseja ja toimintaa järjestellään asiakkaan kysynnän mukaan. Ohjausmallissa varastot ja keskeneräinen tuotanto rajoitetaan, jolloin raaka-aineita, puolivalmisteita ja lopputuotteita siirretään seuraavaan työvaiheeseen ainoastaan seuraavan työvaiheen sitä pyytäessä. Tuotannossa tapahtuu asioita silloin, kun sille on oikea tarve. Imuohjaus suunnitellaan usein käyttäen Kanban-ohjauskortteja. Imuohjaus voidaan myös toteuttaa kaksilaatikkojärjestelmän avulla, jossa nimikettä käytetään yhdestä laatikosta. Tyhjä laatikko ilmaisee täydennystarpeesta. (Imuohjaus N.d.)

Imuperiaatteessa tarveimpulssi etenee lopusta alkuun (ks. kuvio 11). Imuohjaus sopii standardiosille, joilla on tasainen kysyntä, mutta periaate vaatii myös lyhyttä tuotannon läpäisyaikaa, sekä virheetöntä laatua. Tehtaat, jotka käyttävät työntöohjausperiaatetta, voivat käyttää imuohjausperiaatetta vakio-osista koostuvan kokoonpanon ohjauksen toteuttamiseen. (Haverila ym. 2009, 422-423.)



Kuvio 11. Imuohjauksen käyttäytyminen (Muokattu lähteestä Imuohjaus N.d.)

Joskus imutuotantoa kutsutaan järjestelmäksi, jossa ei ole varastoa, sillä imuohjauksen päämääränä on vähentää varastointia. Imuohjausta kutsutaan usein myös JIT

(Just-In-Time) tuotannoksi, sillä jokainen tuotannon prosessi pyrkii tuottamaan vain kysytyn määrän tuotteita juuri oikeassa ajassa. Imuohjauksella on mahdollista toimia hyvin pienillä varastomäärillä, mutta oikea –aikainen valmistaminen vaatii kuitenkin puskurivarastoja. (Nicholas 1998, 258-259.)

Imuohjausta käyttävän tuotannon konerikon tai laatuongelmasta johtuvan tuotannon pysähtyminen tai hidastuminen ei kasvata työvaiheen keskeneräistä varastoa, sillä kortit rajaavat keskeneräisen tuotannon määrää. Puhtaassa työntöohjauksessa vastaava tilanne voi kasvattaa keskeneräisen tuotannon loputtomiin. Imuohjauksen rajoitettu keskeneräinen tuotanto lisää myös järjestelmän joustavuutta, sillä työvaihetta, jota ei ole ehditty aloittaa, on vielä mahdollista muokata. Keskeneräisen tuotannon rajoittaminen rajaa myös valmistuskustannuksia. (Hopp ym. 2008, 360-361.)

Valmistustuotannossa on tärkeää pitää asiakaspalvelutasot korkealla, mikä on mahdollista lyhyillä läpäisyajan vaihteluilla. Lyhyen läpäisyajan vaihtelun ansiosta on helpompi tietää, kuinka nopeasti työ on täysin valmis toimitettavaksi. Keskeneräisen tuotannon kasvaessa myös läpimenoaika kasvaa, mutta imuohjauksen rajoittaessa keskeneräistä tuotantoa läpimenoajan vaihtelut pysyvät kurissa. Vähäinen keskeneräinen tuotanto myös pakottaa puuttumaan epäkohtiin, kun taas suurempi keskeneräinen tuotanto voi piilottaa virheet, eikä pakota yrityksen johtoa kehittämään tuotannon toimintaa yhtä tehokkaasti. (Hopp ym. 2008, 360-361.)


2.8 Valmistuksenohjaus



Valmistuksenohjaus suunnittelee työn yksityiskohdat; työnhjauksen, valvonnan, raportoinnin. Yrityksen layout ja tehtävien toistuvuus vaikuttavat ohjauksen sisältöön ja vaikeuteen. Tuotteet, jotka valmistetaan tilauksesta yksittäin, ovat vaikeampia hallita ja vaativat laajempaa suunnittelua. Vakiotuotteiden jatkuva valmistus on helppointa, sillä tehtävä toistetaan samanlaisena, mutta kustannusten minimoimiseksi vakiotuotteiden valmistaminen edellyttää ohjaukselta tarkkuutta. (Haverila ym. 2009, 425.)

Ohjaus toteutetaan useimmiten erilaisia työmääräimiä käyttäen. Työmääräimet ovat joko saattokortteja, työ- tai materiaalmääräimiä. Suoritettava työvaihe tai valmistettava tuote on määritelty työmääräimessä. Lisäksi määräin voi pitää sisällään tietoja


tuotteen piirustusnumerosta, työkalutietoja, koneistustietoja sekä työohjeita. Materiaalimääräin antaa tiedon tarvittavista raaka-aineista ja komponenteista, kun taas saattokortti kertoo työnkulun työpisteiden välillä. Yritykset, joissa valmistusprosessi on selkeä, käytetään vain työmääräimiä, joissa on yhdistelty tietoa mainituista kortteista (ks. kuvio 12). (Haverila ym. 2009, 425-426.)



TYÖMÄÄRÄIN



MET Työnumero 

Tuote RST10723 		Piirustusnumero B
<input type="text"/>		Määrä 0,00 
Valmiina <input type="text"/>	Toimitusaika	Asiakas
Tilausnumero 0	Asiakkaan tilaus	Varastopaikka / Hyllä EI VARASTOIDA PUOLIVALMISTEET C1

Vaihe	Kone	Std.aika	Kapazit.
Aloita 1 Levynytys TYÖSTÖ "Työvaiheen komponentit ja materiaalit: <input type="text"/>	30.5.2017 <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Materiaali	Koodi	Nimike	Hyllä	Tarve per yksi	Tarve
	RST150.2B	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<small>30.5.2017 Lopeta</small>  30.5.2017					

Aloita 2 Tälvitus TÄIVUTUS <input type="text"/>		<input type="text"/>
<small>31.5.2017 Lopeta</small>  31.5.2017		

Aloita 3 Hitsaus HITSAUS <input type="text"/>		<input type="text"/>
<small>1.6.2017 Lopeta</small>  1.6.2017		

Materiaali	Koodi	Nimike	Hyllä	Tarve per yksi	Tarve
	VPRJ6.12	<input type="text"/>	EURO-KONS	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<small>1.6.2017 Lopeta</small>  1.6.2017					

Kuvio 12. Työmääräin

Solu- ja linjatuotannossa työnohjaus on yksinkertainen, sillä tuote tai osa kulkeutuu itsenäisesti työn aloituksen jälkeen koko solun tai linjan läpi. Valmistuksen ohjauspiteitä on vähän, sillä ohjaus perustuu työmääräimiin. Solu- ja linjatuotannossa ohjausperiaate voi toimia joko työntö- tai imuperiaatteella. Funktionaalisessa layoutissa valmistuksen ohjaus toteutetaan sen sijaan tuotantoerien ohjaamisella eri työpisteissä. Työpisteiden paljous tekee valmistuksen tehokkaasta ohjauksesta ja tietojen ylläpidosta vaikeaa. Tämän takia työtä ei ohjata aktiivisesti aloituksen jälkeen, vaan vasta työvaiheen myöhästymisen aloittaa työn ohjauksen. (Haverila ym. 2009, 425-426.)

2.9 Lean-ajattelu

Lean on prosessi, jonka tarkoitus on taata jatkuvan oppimisen ja kehittymisen ympäristö. Lean-ajattelua on mahdollista käyttää organisaation kaikkien liiketoimintaprosessien kehittämiseen ja kun riittävä määrä toimintoja toimii Lean-periaatteiden mukaisesti, yrityksen on mahdollista saavuttaa merkittäviä tuloksia. Tässä tilanteessa yritys on luonut ympärilleen toistaan tukevien toimintojen verkon, jota johdetaan Lean-ajattelun mukaisesti. (Tuominen 2010a. 6.)

Lean-ajattelun ensimmäinen perusajatus on, että kaikkiin yrityksen prosesseihin luodaan jatkuva virtaus. Materiaalin, informaation ja tuotteiden on tarkoitus kulkea keskeytymättöminä virtauksina. Virtaus pyritään aikaansaamaan käyttämällä Lean-ajattelun mukaisia tuotannon niin sanottuja aputyökaluja; nopeat tuotelinjojen vaihdot, nopea työkalujen vaihto, imuohjaus, siisteys, järjestys, laadun ohjaus ja standardisointu työskentely. Tämän lisäksi yrityksen johdon on sitouduttava investoimaan jatkuvan toiminnan parantamiseen. (mts. 6.)

Yrityksen tulee kehittää toimintaa ja prosesseja niin, että se sopii organisaation omiin tarpeisiin. Lean-työkalujen kopiointi sellaisenaan ei tuota yritykselle eikä sen asiakkaille lisäarvoa. (Tuominen 2010a. 6.)

2.9.1 5S

5S on Lean-työkalu, jonka avulla tarpeeton poistetaan ja kaikki koneet ja tavarat organisoidaan siististi omille paikoilleen. Järjestys luo perustan tuottavalle yritykselle. Lisäksi järjestys pienentää tapaturmariskiä ja parantaa työilmapiiriä. Tapaturmamäärien pienenemisen lisäksi hukka, tuotantoseisokit, virheet ja ohjausongelmat vähenevät. Hyvin organisoidussa yrityksessä ei myöskään tuhleta. 5S-ohjelman tarkoituksena on kehittää käytäntöjä ja periaatteita järjestykselle, siisteydelle ja niiden kehittämiseksi. Jokainen yrityksessä työskentelevä on mukana järjestelmässä työnkuvastaan riippumatta. Lisäksi kaikille työkaluille, materiaaleille ja koneille suunnitellaan omat paikat. 5S-ohjelmassa jokaiselle on jaettu oma alue, josta huolehtimalla ohjelman tavoitteet saavutetaan. Toimenpiteillä saavutetaan pysyviä tuloksia lisäämällä yrityksen kilpailuetua ja parantamalla kannattavuutta (ks. taulukko 1.). (Tuominen 2010b, 7-8.)

Taulukko 1. 5S-järjestelmällä saavutettavat hyödyt

Vähentää hukkaa ja virheitä
Pienentää tapaturmariskiä
Parantaa kannattavuutta ja työilmapiiriä
Vähentää tuotantoseisokkeja ja tuotannonohjausongelmia
Tehostaa tuottavuutta
Poistaa turhan materiaalin

5S on yritykselle edullinen menetelmä parantaa viihtyvyyttä, laatua ja tehostaa tuottavuutta pienillä päivittäisillä toimenpiteillä. Tämän lisäksi ohjelmalla pyritään ennaltaehkäisemään uusien ongelmien syntymistä. Ennakoimalla on mahdollista minimoida tuotantopysähdykset, jotka johtuvat esimerkiksi koneen kunnossapidosta. 5S tarjoaa edellytykset JIT-ohjaukselle, eli oikea-aikaisuudelle. Tuotannossa turhat materiaalit, tavarat ja työkalut eivät hidasta toimintaa, jolloin tilojen käyttö tehostuu. Turhien tavaroiden ja materiaalien käytön minimointi estää myös jätteiden ja päästöjen muodostumista. (Tuominen 2010b, 8.) 5S-järjestelmän osat ovat erottelu, järjestely, puhdistus, vakiointi ja yläpito.

Erottele (Seiri)

5S-ohjelma edellyttää järjestelmällistä etenemistä vaihe kerrallaan oikeassa järjestyksessä. Erottelu on ensimmäinen vaihe järjestelmässä. Erotteluvaiheessa kaikki turhat ja äärimmäisen vähällä käytöllä olevat esineet, välineet, työkalut ja fyysinen varasto kyseenalaistetaan ja pyritään määrittelemään niiden käyttötarve. Punaista lippua käyttämällä merkitään kaikki turha, jota ei käytetä tuotantoprosessissa. Erottelun tavoite on selvittää mitä yrityksen nykytilassa tarvitaan tietyn alueen prosessin suorittamiseen. Työvaiheessa tarkastellaan myös työturvallisuutta ja pyritään löytämään mahdollisia riskitekijöitä. Punaisella lipulla merkityt turhat esineet ja tavarat siirretään erottelualueelle, jossa jokainen eroteltu esine arvioidaan vielä kerran. Lopulta turhat ja haitalliset esineet ja tavarat poistetaan prosessista. (Plenert 2006, 249-253.)

Järjestele (Seiton)

Järjestelyvaiheessa alueen jokaiselle tavaralle määritellään paikka. Työvaihe edellyttää päätöksentekoa ja organisointia, jotta jokainen esine tai tavara pysyy sille kuuluvalla paikalla. Paikan määrittämisen lisäksi yritys määrittelee, kuinka kyseistä esinettä käytetään tehokkaasti määritellyllä paikalla ja arvioida mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja. Järjestelyvaiheessa tuotantotiloihin merkitään käytäväleveydet, kulkuväylät, laitteiden paikat, varastotila, keskeneräinen varasto, lopputuotevarasto, työkalupaikat ja toimintasäteet, kuten kuinka paljon tilaa esimerkiksi avautuva ovi vaatii. (Plenert 2006, 253-256.)

Puhdista (Seiso)

Puhdistamisen tarkoitus on estää lian, pölyn ja muiden saasteiden esiintyminen valitussa tilassa. Pyrkimyksenä on parantaa tuotteen laatua, luoda turvallisempi työympäristö, pidentää laitteiden käyttöikää ja parantaa työskentelyolosuhteita. Tämäkin vaihe aloitetaan määrittelemällä nykyinen tilanne, jonka pohjalta luodaan siivoussuunnitelma, jossa määritellään siivottavat alueet. Suunnitelmassa on myös lista puhdistettavista kohteista, jonka avulla seurataan, onko puhdistamisesta seurannut konkreettista hyötyä. (Plenert 2006, 256-257.)

Vakioi (Seiketsu)

Neljännessä vaiheessa dokumentoidaan kaikki 5S-ohjelman standardit ja tehdään niistä näkyvät kaikille prosessissa mukana oleville. Lisäksi järjestelmää ylläpidetään ja seurataan järjestelmän toteutumista. Seurannalla valvotaan, että 5S-ohjelma on käytössä koko ajan. Monitoroimalla erittelyn, järjestelyn ja puhdistuksen suorituksia on mahdollista luoda standardeja, joiden avulla tilan siisteyttä arvioidaan. 5S-mallissa käytetään usein valokuvia verrokkina, kuinka tilojen tulisi olla työpäivän päätteeksi. (Plenert 2006, 257.)

Ylläpito ja kehittäminen (Shitsuke)

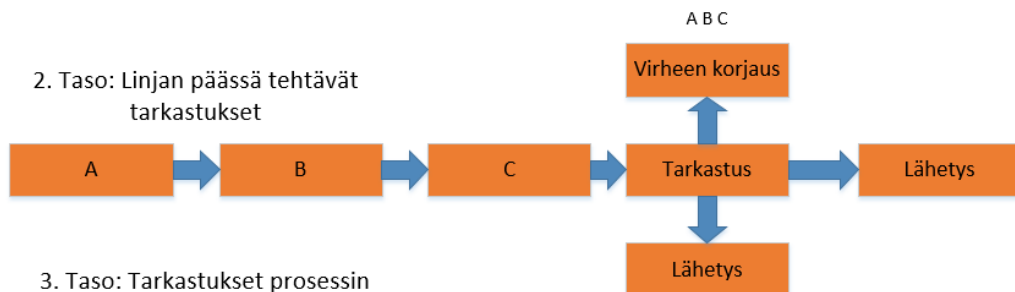
Ylläpito- ja kehittämisvaiheen tarkoituksena on varmistaa, että koko henkilöstö toteuttaa 5S-ohjelman määrittelemiä standardeja. Standardeilla 5S-ohjelmasta luodaan tapa. 5S-ohjelman ylläpitäminen ja käyttöönotto edellyttävät harjoittelua ja kommunikointia. (Plenert 2006, 258.)

2.9.2 Poka-yoke

Lean-ajattelun yksi keskeisimmistä ajatuksista on ehkäistä virheiden syntyminen. Poka-yoke-metodin tarkoitus on tehdä virheen syntyminen vaikeaksi työskentelyyn tai prosessiin. Toisin sanoen prosessi luodaan sellaiseksi, että virheen esiintyminen on mahdotonta. Poka-yoken tarkoitus on parantaa laatua missä tahansa Lean-prosessissa. (Plenert 2006, 259-260.)

Plenertin (2006, 260.) mukaan laatu ja laadunvalvonta voidaan jakaa neljään eri tasoon (ks. kuvio 13).

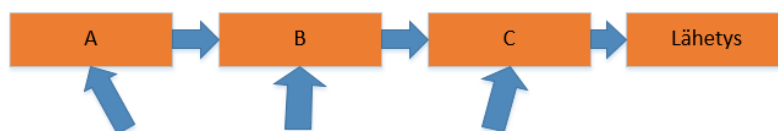
1. Taso: Asiakkaan tarkastukset



3. Taso: Tarkastukset prosessin päätteeksi



4. Taso: Prosessiin rakennettu täydellinen laatu



Työvaiheeseen rakennettu valvonta jokaisessa työvaiheessa

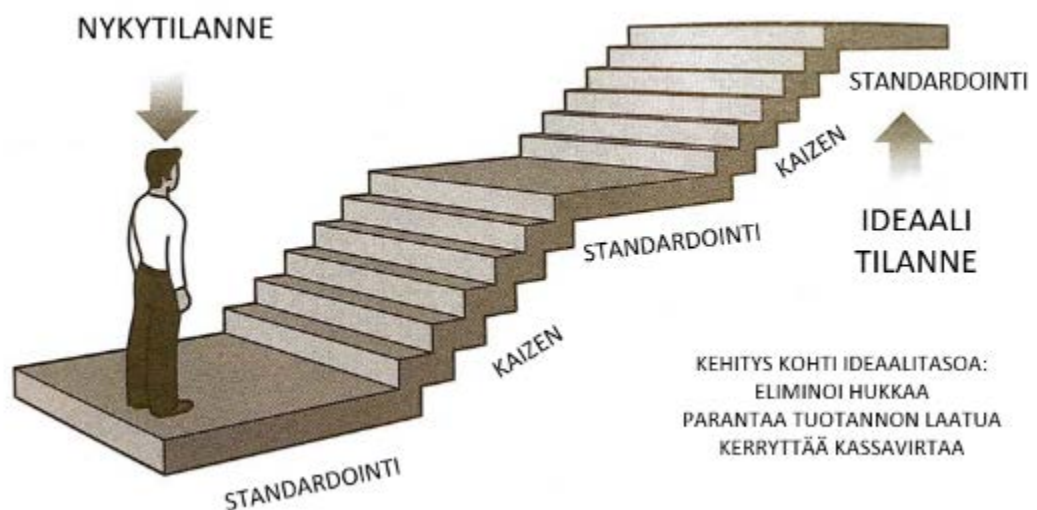
Kuvio 13. Laadunvalvonnan tasot (Muokattu lähteestä Plenert 2006, 260.)

Ensimmäisellä laadun valvontatasolla ovat asiakkaan tarkastukset, ja toisella tasolla ovat linjan päässä olevat tarkastukset, joka tarkoittaa esimerkiksi kokoonpanolinjan päässä olevaa tarkastusta ennen lähettämistä. Tässä vaiheessa kokoonpanotyö on suoritettu loppuun. Kahdella ensimmäisellä tasolla virheen takia joudutaan näkemään paljon ylimääräistä vaivaa. Virhe olisi saatu korjattua useassa tapauksessa heti,

jos se olisi huomattu prosessin aikaisemmassa vaiheessa. Myöhään huomattu virhe on usein myös kalliimpaa korjata. Kolmannella tasolla on JIT-ympäristön mukainen tavallinen laadunvalvontataso, jossa tarkastukset ovat normaali osa tuotantoprosessia. Tällöin tarkastuksia tehdään jokaisen tuotantovaiheen lopuksi. Neljännellä laadunvalvontatasolla tarkastukset ovat turha työvaihe, sillä tuotanto on suunniteltu uudelleen siten, että laatuvirheen esiintyminen tehdään mahdottomaksi. (Plenert 2006, 260.)

2.9.3 Kaizen

Kaizen-termillä tarkoitetaan jatkuvaa kehittämistä, jonka tarkoituksena on kehittää prosessia lähemmäs ideaalista tilaa poistamalla hukkaa ja parantamalla laatua. Yrityksen selvitettyä nykyisen tilan ja halutun kehityssuunnan, yrityksen tulee standardoida nykyinen tila. Standardoinnin jälkeen aloitetaan jatkuva kehittyminen ja haluttujen kehitystoimenpiteiden jälkeen saavutettu tila standardoidaan (ks. kuvio 14) Standardoinnin jälkeen pystytään ymmärtämään, mitä seuraavaksi tulisi kehittää. Tätä kutsutaan jatkuvan kehittymisen sykliksi, jota toistamalla teoriassa saavutetaan ideaali taso. Kuitenkin mitä lähemmäs ideaali tilaa päästään, sitä vaikeammaksi sen saavuttaminen tulee. (Stewart 2012, 9-10.)



Kuvio 14. Kaizen ja standardointi (Muokattu lähteestä Stewart 2012, 10.)

Jatkuvaa kehittymistä ei ole mahdollista saavuttaa ilman standardointia, sillä standardoinnin puuttuminen johtaa siihen, että parannusehdotukset palaavat vanhalle, huomommalle tasolle. (Stewart 2012, 29.)

2.10 JIT-periaate

Just-in-time eli JIT-periaate on jo ennen Lean-ajattelua tunnetuksi tullut japanilainen tuotantofilosofia, joka Suomessa tunnetaan myös nimellä JOT eli Juuri Oikeaan Tarpeeseen. JIT-periaatteen mukaisesti materiaalia valmistetaan ja siirretään vain todellisen tarpeen mukaan. Periaatteen mukaisen todellisen tarpeen luo asiakkaan kysyntä. Useasti JIT mielletään samaksi asiaksi kuin imuohjaus. (Just-In-Time ja Imuohjaus N.d.)

Tavoitteena on saavuttaa täydellinen laatu, jolla täytetään asiakkaan haluama kysyntä ilman minkäänlaista hukkaa. Lisäksi periaatteessa tavoitellaan selväpiirteistä, joustavaa tuotantoa ja nopeaa läpäisyä. Samaan aikaan pyritään minimoimaan kaikki tuhlaaminen ja tavoitellaan tuotantoa, jolla ei ole varastoa. Periaatteen tavoittelemat vaikutukset näkyvät yrityksen jokaisella toiminnan osa-alueella. Periaate pyrkii tuotesuunnittelullaan luomaan tuotteen, jonka valmistus onnistuu soluissa tai tuotantolinjoilla standardiosia ja modulaarista tuoterakennetta käyttämällä. Tuotannon prosesseja taas suunnitellaan niin, että asetajat vähentyisivät, keskeneräinen tuotanto minimoitaisiin ja eräkoot olisivat pieniä. JIT-periaatteessa ihmiset ja työvoima ovat moniosaajia, jotka työskentelevät joustavasti. (Just-In-Time ja Imuohjaus N.d.)

JIT-tuotannossa ei ole keskeistä pelkästään tuotteen valmistaminen, vaan jatkuva toiminnan kehittäminen on yhtä tärkeässä roolissa. Jatkuvan kehittämisen tarkoitus on yllämainittujen tuotantoprosessien kehittämisen lisäksi kustannusten vähentäminen, laadun parantaminen, hukan tunnistaminen ja sen poistaminen. (Miltenburg 2005, 383.)

Tuotanto vaatii korkeaa laatua, sillä virheet ja huono laatu saattavat pahimmassa tapauksessa pysäyttää koko tuotannon. JIT-tuotannon hyötynä kuitenkin on, että nopean ja selkeän valmistamisen ansiosta virheet ja niiden syyt havaitaan nopeasti. Nopean ja selkeän tuotannon ansiosta myös laadun parantaminen on yksinkertaisempaa ja henkilöstö pystyy osallistumaan kehitystyöhön. Lisäksi tuotantoperiaatteen

nopea tuotanto mahdollistaa pienet valmistuotevarastot, sillä tuotetta voidaan valmistaa nopeasti tilanteen niin vaatiessa. Joustava tuotanto helpottaa myös tuotteen saatavuutta. Varastojen pienen koon ja keskeneräisen tuotannon minimoinnin ansiosta yrityksen toimintaan sitoutuu vähemmän pääomaa, mikä luo kilpailuetua muihin toimijoihin nähden. (Haverila ym. 2009, 428-429.)

2.11 Kanban

Kaikista lähimpänä JIT-periaatteen mukaista valmistamista on Toyotan kehittämä imuohjausperiaate Kanban, jossa kanbanit, eli kortit hallitsevat materiaalin virtaamista tuotantolaitoksessa (ks. kuvio 15). Kanban-järjestelmässä tuotannon käynnistää asiakkaan todellinen kysyntä. Tämä tarkoittaa, että jokin osa tai komponentti siirtyy varastosta seuraavaan prosessiin, kun työvaihe ilmoittaa varastoon tyhjältä varastopaikasta, jonka voi täyttää. Tieto siis kulkee tuotannon loppupäästä kohti alkutuotantoa. (Hopp ym. 2008, 168-169)



Kuvio 15. Kanban-kortti

Kanban-aikatauluttamisessa suorittaja käyttää visuaalista signaalia toiminnan laajuuden määrittämiseen, eli siihen, kuinka paljon valmistetaan, milloin valmistaminen lopetetaan tai vaihdetaan valmistettavaa tuotetta. Kanban-järjestelmän ajoitus korvaa perinteisen viikoittaisen tai päivittäisen valmistusaikataulun. Järjestelmä ei kuitenkaan korvaa materiaalisuunnittelua, vaan pikemminkin käyttää sitä luodakseen kanban-ympäristön. (Gross & McInnis 2003, 2-3.)

2.11.1 Kanban-kortit

Kanban-kortteja on kahdenlaisia; kuljetus- ja valmistuskortteja. Kuljetuskortti on kiinni komponenttilaatikossa kokoonpanopisteelle saakka. Kokoonpanijan ottaessa laatikon käyttöön, siirtyy kuljetuskortti keräilypisteeseen, josta se siirretään komponentin valmistajalle. Kanban ilmoittaa, kuinka paljon yksikköön pakataan komponentteja valmistajan toimesta. Yksiköt siirretään kokoonpanopisteisiin ja samalla kerätään keräilypisteisiin siirretyt kuljetuskortit. Jokaisesta osasta on käytössä useampi kanban, jotta komponentit riittävät kokoonpanossa koko toimitussyklin ajan. Komponenttivalmistajalla on käytössään puolestaan tuotantokortit. Tuotantokortit ovat varastossa komponenttilaatikossa kiinni. Kun tuotantokortit siirtyvät kokoonpanoon, vapautuu sama määrä kortteja varastoon. Vapautuneet tuotantokortit siirretään tuotannon alkuun, jossa tuotantoerä valmistetaan kanbanin määrittelemällä tavalla. Tuotantoerän valmistumisen jälkeen laatikko siirretään varastoon kanban-kortin kanssa odottamaan käyttöä. Myöskin tuotantokortteja on käytössä useita, jotta välivarastot riittävät tuotannon käytön vaihdellessa. (Haverila ym. 2009, 423-425.)



Kuvio 16. Kanban-kortti ja komponenttilaatikko

Kanban-järjestelmä sisältää standardoidun laatikon, joka sisältää ennalta määritellyn määrän komponentteja. Lisäksi komponenttilaatikon mukana on dokumentti, yleensä kortti, joka ohjaa laatikon käyttöä ja sen sisältöä (ks. kuvio 16). Kortissa on tiedot komponentista ja osien lukumäärästä. Lisäksi kortissa on mukana toimittajan tiedot, laatikon nykyinen ja tuleva osoite. (Miltenburg 2005, 397.)

Kokoonpanossa kokoonpanija käyttää laatikon komponentit loppuun, minkä jälkeen kortti siirretään kanban-tauluun. Materiaalipalvelu käy jokaisella kanban-taululla keräämässä kanban-kortit ja tyhjät laatikot ja toimittaa ne täyttöpisteeseen. Täytön jälkeen täysi laatikko ja kortti siirretään takaisin sille paikalle, mistä se on alun perin haettu. (Miltenburg 2003, 398.)

Kun Kanban-järjestelmä on otettu käyttöön ja sen soveltuminen yrityksen käyttöön on osoitettu, yritys voi aloittaa kanban-järjestelmän optimoinnin. Järjestelmää optimoidaan muuttamalla laatikoiden kokoa ja kanban-korttien määrää. Vähentämällä laatikoita ja kortteja yritys pienentää varaston kokoa, jonka seurauksena täydennyseriä vaaditaan useammin pienemmissä erissä. Optimointia toistetaan niin monta kertaa, että yritys on tunnistanut ja poistanut kaiken hukkan prosesseistaan. Optimoinnin tarkoitus on vähentää kustannuksia, parantaa laatua ja nopeuttaa toimituksia. (Miltenburg 2003, 401-402.)

Korttien laskentakaava on seuraavanlainen;

$$N = \frac{DT (1 + X)}{C}$$

N = Laatikoiden kokonaismäärä (Yksi kortti laatikkoa kohti)

D = Nimikkeen kulutus määritellyssä aikayksikössä

T = Nimikkeen odotusajan, täyttökierron ja valmistusajan keskiarvo nimikettä kohti

X = Yrityksen määrittelemä muuttuja, joka heijastuu tuotannon tehottomuuteen (mitä lähempänä lukuarvo on nollaa, sitä tehokkaampi järjestelmä on)

C = laatikon kapasiteetti (ei tulisi olla enempää kuin kymmenen prosenttia päivittäisestä nimikkeen kulutuksesta)

(Stevenson 2012, 636.)

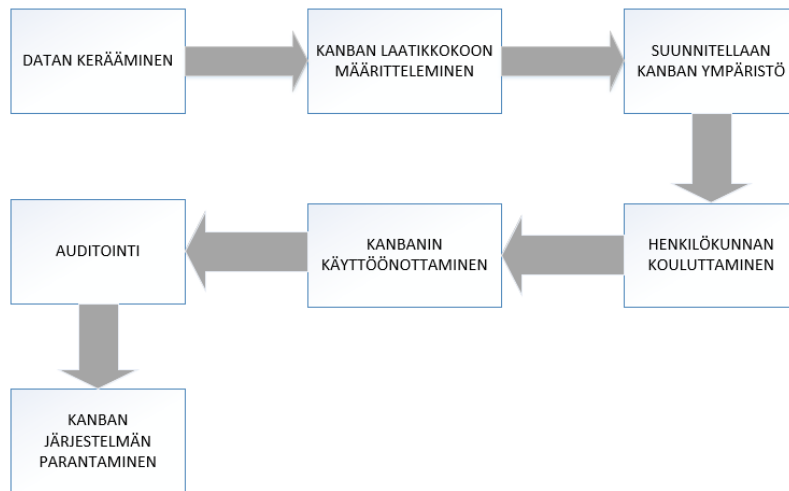
2.11.2 Kanban-järjestelmän hyödyt

Kanban-eräkokojen suunnittelu pienentää varastotasoja, sillä suunnittelussa huomioidaan hävikki, häiriöajat ja asetusajat. Suunnittelu pakottaa tunnistamaan nykytilan. Taloudellisesti katsottuna pienentämällä varastosaldoja vähennetään suoraan varastointikustannuksia ja optimoidaan käytetty varastointitila. Visuaalisella signaalilla kanban-järjestelmä estää lisäksi ylituotannon kustannustehokkaasti, eikä yritys tarvitse kallista seurantajärjestelmää. Järjestelmän avulla parannetaan myös materiaali-
virtojen sujuvuutta ja ehkäistään ylituotannon syntymistä määrittämällä käytetyt laatikkokoot ja komponenttien maksimimäärä laatikossa. Jo kortit itsessään määrittävät sen, milloin aloittaa ja lopettaa tuotanto. (Gross ym. 2003, 4-6.)

2.12 Kanban käyttöönottoprosessi

Kanban-järjestelmän käyttöönottoprosessi on seitsemän vaiheinen (ks. kuvio 17), jossa määritellään yrityksen nykytila ja tulevaisuuden tavoitteet. Ensimmäisessä vaiheessa kerätään kaikki tarvittava data, jotta voidaan määritellä tuotantoprosessi. Tämän vaiheen avulla voidaan tehdä päätöksiä perustuen faktoihin, eikä arvauksiin. Kerätyn tiedon perusteella määritellään kanban-volyymit, jotka tukevat asiakkaan kysyntää. (Gross ym. 2003. 8.)

Ensimmäisen vaiheen jälkeen lasketaan kanban-laatikoiden koot, perustuen nykyisiin olosuhteisiin, eikä tulevaisuuteen. Korttien laskenta perustuu tuotannon vaatimukseen, kuten tuotannon tehokkuuteen, asetusaikoihin ja komponenttien täydennyskiertoon pohjautuen. Yleensä kanban-laskentaan otetaan mukaan myös varmuusvarasto, eli kanban-laatikkoon on lisätty hieman ylimääräistä kierron turvaamiseksi. (mts. 8.)



Kuvio 17. Kanban-järjestelmän käyttöönoton prosessikaavio

Kolmannessa vaiheessa suunnitellaan ympäristö kanbanille. Keskeiset kysymykset ovat, kuinka materiaalia kontrolloidaan ja mitkä ovat visuaaliset signaalit. Lisäksi yritys määrittelee järjestelmälle säännöt; kuka tekee aikataulupäätökset ja kuka ratkaisee ongelmat. Ennen käyttöönottoa laaditaan aikataulusuunnitelma. (mts. 10.)

Ennen lopullista käyttöönottoa henkilöstö tulee valmistaa järjestelmän käyttöönottoon. Henkilöstö koulutetaan käyttämään järjestelmää ja heille määritellään roolit prosessin sisälle. Tämän jälkeen järjestelmä voidaan ottaa käyttöön. On kuitenkin muistettava, että yleensä järjestelmästä löytyy heti virheitä ja ongelmakohtia, joihin puututaan kuudennessa vaiheessa, joka on järjestelmän ylläpitäminen ja auditointi. Auditoinnin tehtävä on korjata ja parantaa järjestelmässä havaittuja ongelmia. Lisäksi auditoinnin tehtäviin kuuluu varmistaa, että tulevaisuuden vaatimukset kohtaavat nykyisten laatikkokokojen ja komponenttimäärien kanssa. (mts. 10-11.)

Viimeinen vaihe on järjestelmän kehittäminen. Tarkoituksena on, että kanban-järjestelmää parannetaan niin, että varastotasot tippuisivat. Tällöin puututaan laatikko- ja komponenttimääriin, eli ylimitoitettujen komponenttimäärien pienennetään sopivan kokoisiksi. (mts. 11-12.)

3 Tuotantotilojen kehittäminen

3.1 Tuotantoprosessi

Tuotantoprosessi koostuu tuotannon resurssien järjestelemisestä, eli siitä, kuinka valmistusprosessit, laitteisto ja työntekijät sijoitetaan tuotantoon toteuttamaan yrityksen tavoitteita materiaalivirtojen kanssa parhaalla mahdollisella tavalla. Teollisuudessa tavaratuotanto ja sen prosessit vaativat suurta ja kiinteää laitekantaa, jonka seurauksena tuotantoprosessi suunnitellaan toistuvaa ja suurta materiaalivirtaa ajatellen. Tuotannon layout vaihtoehto, eli tuotannon konekannan, kulkureittien, varastoinnin ja prosessien sijoittelu tuotantolaitoksessa, valitaan käytössä olevan tilan, tuotevalikoiman ja valmistusmäärän mukaan. (Martinsuo ym. 2016, 154-155.)

3.2 Layoutsuunnittelu

Layoutsuunnittelu on prosessi, johon vaikuttaa useampi jo edellä mainittu tekijä. Layout on aina kompromissi, sillä kaikkien vaikuttavien tekijöiden osalta ei ole mahdollista löytää tai ottaa käyttöön parasta mahdollista ratkaisua. Layoutsuunnittelun lähtökohtina ovat tuotteiden rakennetiedot, jotka kertovat käytetyt puolivalmisteet, komponentit ja muut raaka-aineet. Tieto tuotantomäärästä antaa perustiedon tarvittavista tuotantokoneista, joka toimii perustana tuotantomuodon ja -tekniikan valinnassa. Tuotantomuodon valintaan vaikuttaa lisäksi työnvaiheistus. Näiden lisäksi suunnittelussa tulee ottaa huomioon tukitoiminnot, joita on esimerkiksi sosiaalililat ja jätehuolto. Tehtaiden layoutit muodostuvat useista erilaisista layoutmalleista. Malli voi vaihdella esimerkiksi prosessin vaiheiden mukaan. (Haverila ym. 2009, 475-480.)

	Painoarvo	Vaihtoehtojen arviointi ja punnitut pisteet				
		A	B	C	D	E
1. Materiaalin kulun tehokkuus	8	E 24	I 16	E 24	E 24	
2. Pinta-alan hyväksikäyttö	6	A 24	A 24	I 12	I 12	
3. Investointitarve	10	I 20	O 10	I 20	A 40	
4. Valmistuksen ohjaus	3	A 12	U 0	A 12	A 12	
5. Joustavuus laajennuksille	7	E 12	A 28	E 12	A 28	
6. Työkaluhuolto	6	A 24	O 6	I 12	I 12	
7.						
SUMMA		116	84	92	128	

A = melkein täydellinen (4) E = erittäin hyvä (3) I = hyvä (2)
 O = välttävä (1) U = huono (0) X = ei toivottava (-)

Kuvio 18. Hyötyarvomatriisi (Haverila ym. 2009, 481.)

Layoutvaihtoehtojen arviointiin voidaan käyttää hyötyarvomatriisia, jossa jokaiselle arvioitavalle tekijälle annetaan eräänlainen painoarvo (ks. kuvio 18). Vaihtoehdot pisteytetään ja arviointikohtaan määritellyn painoarvon avulla pisteet kerrotaan. Parhaat pisteet saanut vaihtoehto valitaan käyttöön. (Haverila ym. 2009, 481.)

3.2.1 Layoutsuunnittelun tavoitteet

Layoutsuunnittelun tavoitteena on saavuttaa materiaalivirtojen tehokas käyttö, jolloin materiaalien siirtäminen ja siirtomatkat minimoidaan työpisteiden ja osaston suunnittelussa. Layoutin tulisi olla myös helposti muutettavissa, jolloin mahdolliset muutostarpeet ja toiminnan laajentaminen olisi mahdollista. Tuotannonohjauksen näkökulmasta suunnittelussa tavoitteena tulisi olla selkeät materiaalivirrat. Lisäksi layout tulisi tehdä niin, että samanlainen valmistaminen ja erityisosaamiset tulisi järjestää kukin omaan paikkaan keskitetysti. Yrityksen omat toiminnot tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle niiden oikeaa käyttöpistettä. Tilaa suunnitellessa työturvallisuus ja mielekkäisyys tulee myös huomioida. Lisäksi kommunikointi tulisi tehdä mahdollisimman helpoksi. (Haverila ym. 479-482.)

3.2.2 Simulointi

Ennen layoutin käyttöönottoa voidaan sen toimivuutta tarkastella simulointitutkimuksella, jossa tutkittavaa ilmiötä tutkitaan matemaattisesti mallintamalla. Simuloinnin avulla pystytään analysoimaan järjestelmän käyttäytymistä ja tutkia, kuinka järjestelmä reagoi asetuksia muutettaessa. Tutkimusmenetelmää käytetään usein, kun tutkittava ongelma on niin laaja, että siitä ei voi rakentaa yhtälöä. Suuressa tuotantolaitoksessa on paljon muuttujia ja tapahtumaketjujen välille syntyy paljon vaikeita syy-seuraussuhteita. (Haverila ym. 2009, 486.)

Simulointi suoritetaan tuotantolaitosten mallintamiseen käytettävällä ohjelmistolla.

Tuotantoprosessien ja automaatiojärjestelmien suunniteluun ja liikeratatarkasteluun voidaan käyttää myös tuotannon simulointia. Simuloinnista saatavia tutkimustuloksia lukiessa täytyy huomioida, että tulokset pohjautuvat mallilla tehtyihin kokeiluajoihin. Saatuihin tutkimustuloksiin vaikuttaa suuresti se, että kuinka hyvin malli on saatu vastaamaan todellisuutta. Simulointiajajojen suunnittelu ja tulosten lukeminen vaikuttavat merkittävästi johtopäätösten luotettavuuteen. (mts. 486-487.)

3.3 Varasto

Varasto jaetaan raakamateriaaleihin, valmistustuotteisiin ja keskeneräisen tuotannon varastoon. Varastoinnista syntyy kustannuksia esimerkiksi tiloista, vahingoittuneista tuotteista, hävikistä, varkauksista ja varastossa tapahtuvasta työstä kuten, hyllyttämisestä, lähettämisestä ja laadunvalvonnasta. Varastointikustannukset jakautuvat tilaus- ja ylläpitokustannuksiin. Tilaukustannukset muodostuvat pääasiallisesti tilatun tuotteen hinnasta ja hankintojen tekijän palkasta. Ylläpitokustannukset pitävät sisällään varastonarvon, sitoutuneen pääoman määrän, eli rahasumman, joka on kiinni varastossa olevissa materiaaleissa ja muissa tarvikkeissa. Lisäksi ylläpitokustannuksiin kuuluvat vuokrat, käsittelykustannukset, koneet, tarvikkeet, varastohenkilökunnan palkat ja hävikki. (Muller 2011, 2.)

Saavuttaakseen suunnitellun tuotannonaikataulun yrityksen on kontrolloitava raakamateriaalien, tarvikkeiden ja osien tilausta varastossa. Varastoa käytetään myös tur-

vana, kun täyttä varmuutta ja tietoa kysynnästä ei ole olemassa. Varaston avulla pystytään vastaamaan asiakkaan kysyntään ja pysytään toimitusaikataulussa. Mitä tarkempi tieto asiakkaan kysynnästä on, sitä pienempi tarve on puskurivarastolle. Toimittajan huono toimitusvarmuus ja epävarmuus toimitusajasta voivat johtaa varastoinnin lisäämiseen. Pitkässä juoksussa tällaiset toimittajat tulisi vaihtaa luotettavampiin kumppaneihin tai sopia mahdollisista sanktioista, kun toimittaja ei saavuta haluttua suoritustasoa. Kommunikoinnin lisääminen osapuolten välillä parantaa mahdollisuutta reagoida vallitseviin olosuhteisiin. (mts. 2-4.)

Yritykset saattavat ostaa materiaaleja varastoon myös tuotteen muuttuvan hinnan takia. Suurempien määrien tilaaminen voi tulla halvemmaksi, tai tieto tulevaisuudessa nousevasta hinnasta voi johtaa varastoon hankkimiseen. Lisäksi tilauskustannukset laskevat, kun tilataan suurempia eriä harvemmin. (mts. 5.)

3.4 Varastonohjaus

Varaston päämääränä on, että materiaaleja on oikea määrä, oikeassa paikassa ja oikealla hinnalla. Varastointintä vaatii tuekseen varastonohjausta päämäärien saavuttamiseen. Varastonohjaus on prosessi, jossa ohjataan ja hallinnoidaan esimerkiksi raakamateriaalin siirtoja prosessien läpi, minkä jälkeen lopullinen valmistuote kuljetetaan asiakkaalle. Tehokas ohjaus on tärkeää jokaiselle yritykselle. Yksinkertaisuudessaan varastonohjaus on toimenpidejoukko, joilla kontrolloidaan varastotasoja. Varastonohjauksella määritellään, kuinka paljon mitäkin tuotetta aiotaan ylläpitää varastossa. Lisäksi ohjaus määrittelee, kuinka suuria tilauksia tulisi tehdä ja milloin varastoa tulisi täydentää. (Milner & Relph 2015, 7-9.)

Yrityksen liian pienen varaston ylläpito johtaa usein siihen, että asiakkaan vaatimuksia ei pystytä täyttämään. Tilanne on yrityksen toiminnan kannalta riskialtis, sillä huono saatavuus voi johtaa asiakkuussuhteen päättymiseen. Lisäksi liian pieni varasto ja tuotepuutteiden täyttäminen vie paljon aikaa ja energiaa. Liian suuren varaston ylläpitäminen on myös ongelmallista, sillä rahaa sitoutuu tarpeettomaan varastoon ja sen ylläpitoon. Lisäksi ylituotanto vaikuttaa varastoon, sillä ylituotetut tuotteet vievät fyysistä varastotilaa eikä tilaa voida käyttää tuotteisiin, joilla olisi normaali kierto. Ylituotannon takia myös ääritilanteisiin reagointi vaikeutuu, jonka

seurauksena yritys voi joutua ostamaan lisää varastotilaa. Nopea reagointi vallitsevaan markkinatilanteeseen on myös vaikeaa ja tilojen uudelleensuunnittelu on erittäin työlästä, sillä ylituotannon takia materiaaleja ja tavaroita, joita tulee siirtää, on paljon. Lisäksi niiden muuttaminen yrityksen järjestelmiin lisää ylimääräistä työtä. Yllä esiteltyjen syiden takia jokaista osaa tulisi olla ideaalinen määrä varastossa. Ideaalitalanteeseen pääsy edellyttää varastoinnin koon määrittelyä muuttujajoukosta. Kysyntää, yksikkökustannuksia ja valmistusaikaa käyttämällä selvitetään varastointitarvetta. (Milner & Relph 2015, 9.)

3.4.1 EOQ

Yksi vanhimmista matemaattisista malleista varastonohjaukseen on Ford W. Harrisin vuonna 1913 kehittämä taloudellisen tilauserän malli EOQ (Economic Order Quantity), jonka tarkoituksena on ratkaista valmistamisen eräkoot. Harris huomasi, että tehtaassa valmistettaessa useita eri tuotteita, valmistustuotetta vaihdettaessa syntyy asetuskustannuksia. Tämän lisäksi se vie aikaa ja syntyy hukkaa. Valmistettaessa suuria eriä asetuskustannukset pienenevät, sillä asetuksia ei vaihdeta niin useasti, kun taas pienillä eräkoilla vähennetään varastointia paremmalla varaston synkronoinnilla. Taloudellisen tilauserän kaavan tarkoitus on löytää paras ratkaisu näiden kahden tyylin välillä. (Hopp & Spearman 2008, 50-51.)

Jotta kaavaa voitaisiin käyttää, täytyy tehdä oletuksia. Tuotanto toimii välittömästi, eikä tuotannolle ole tilarajoitetta. Eräkoosta riippumatta asetuskustannukset ovat samat. Toimitukset toimitetaan myös heti kysynnän ollessa varma ja vakaa. Kysyntä on tasaista ja se voidaan esittää suorana viivana ja vuositasolle kysyntä voidaan jakaa 365 päivälle. (Hopp ym. 2008, 51.)

Hopp ja Spearman (2008, 53) esittelevät kaavan seuraavasti;

$$Q (EOQ) = \sqrt{\frac{2AD}{h}}$$

jossa,

Q Optimaalinen eräko (kpl)

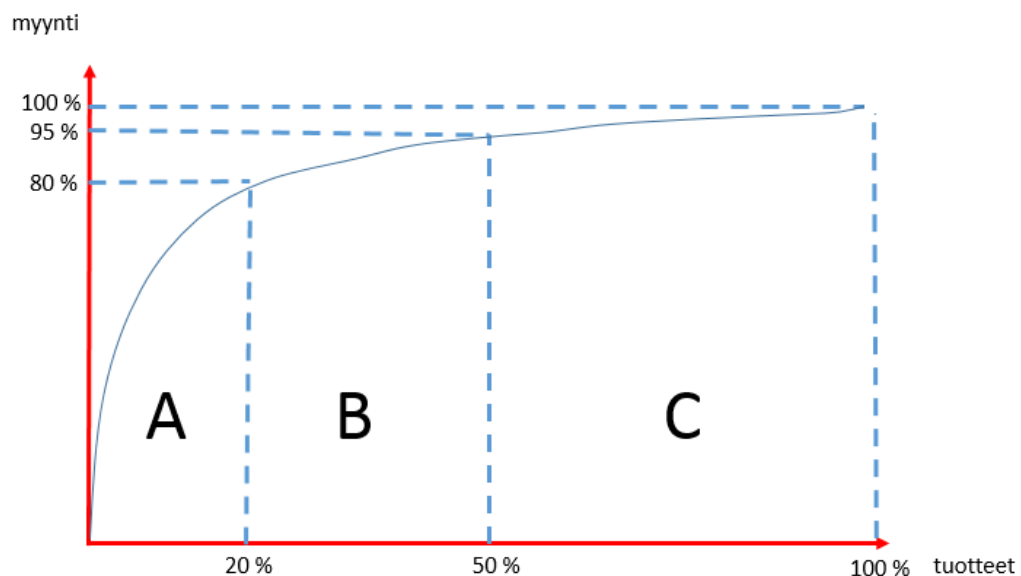
A Tilaus-asetuskustannukset €/erä

D	Vuosikulutus (kpl/vuosi)
h	Varastokustannukset €/kpl/vuosi

3.4.2 ABC-analyysi

Varastonhallinnan keskeisimpiä arviointimenetelmiä on ABC-analyysi, jota käyttämällä yritys tekee päätöksiä eri nimikkeiden tärkeydestä. ABC-analyysi lajittelee nimikkeet tärkeysjärjestykseen esimerkiksi vuosittaisten kustannusten mukaan. Nimikkeet jaetaan A-, B- ja C-nimikkeisiin. (Grealey 2013, 280.)

Analyysi perustuu Pareton 80/20 lakiin, jonka perusajatuksena on, että 20% nimikkeistä muodostaa 80% nimikkeiden kokonaiskäytöstä. Jos taas kriteerinä on raha, niin 20% nimikkeistä muodostaa 80% nimikkeiden kokonaisarvosta. (Muller 2011, 70.) Kuviossa 19 esitellään nimikkeiden jakautuminen Pareton lain mukaan, jossa A-nimikkeet muodostavat 80% nimikkeiden kokonaiskäytöstä, B-nimikkeet 80-95% ja C-nimikkeet loput 5%.



Kuvio 19. ABC-analyysi (Varastonohjaus N.d.)

Yritys käyttää A-nimikkeiden valvontaan ja strategiseen suunnitteluun enemmän aikaa, kuin esimerkiksi C-nimikkeisiin. A nimikkeiden kysynnänennustustekniikoiden kehittäminen on tärkeää, jotta turha rahan käyttö minimoidaan nimikkeiden osalta. Lisäksi A-nimikkeiden saatavuus ja hallinta voi johtaa läheisempään toimittaja-asiakas

suhteeseen, jotta tärkeiden nimikkeiden saatavuus taataan. Kulutuksen ja rahan käytön lisäksi analyysin perustana voidaan käyttää esimerkiksi toimitusajan vaihtelevuutta. (Grealey 2013, 281.)

4 Casemetin nykytila-analyysi

Nykytila-analyysissä kartoitetaan kohdeyrityksen tämänhetkistä tilannetta tutkimukseen kokoonpano-osastolla. Lisäksi analyysissä kuvataan osaston suhdetta työn kannalta keskeisiin toimintoihin. Analyysissä esitellään kehitettäviä kohteita.

4.1 Asiakasräätälöityjen sähkökeskusten kokoonpano-osasto

Asiakasräätälöityjen sähkökaappien kokoonpano –osasto, eli ak-osasto on jaettu kolmeen ryhmään; kotimaan markkinoille valmistettuihin keskuksiin, ulkomaan vientiin valmistettaviin keskuksiin ja monimittauskeskuksiin. Kuviossa 20 on esiteltyä tyypillisimpiä kotimaan ja viennin lopputuotteita.



Kuvio 20. Tyypillisiä sähkökeskuksia (Yritysesittely 2017.)

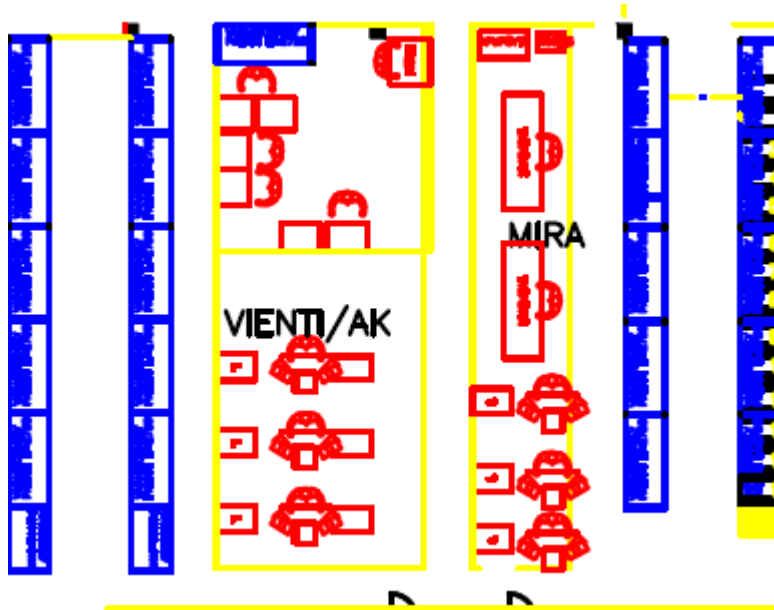
Nämä ryhmät muodostavat kukin oman tiimin ja ne toimivat kukin itsenäisesti samassa tilassa. Kotimaan- ja vientitiimin kokoonpanemat sähkökeskukset ovat rivi- ja kerrostalojen huoneistoihin asennettavia keskuksia. Monimittauskeskukset ovat puolestaan kerrostalojen pääkeskuksia, joista tapahtuu kiinteistön sähkönsyöttö (ks. kuvio 21).



Kuvio 21. Monimittauskeskus

Nykyinen työpisteiden asemointi ei sovi imuohjaukseen, sillä suurin osa pöydistä on peräkkäin, eikä materiaalijuna pysty palvelemaan osastoa. Työn aloituspalaverissa valittiin tuotantomuodoksi solulayout, sillä asiakasräätelöityjen sähkökeskusten koonpaneminen linjassa ei ole mahdollista vaihtelevan kysynnän ja sähkökeskusten varioinnin takia. Lisäksi laaja lopputuotevalikoima ja linjan joustamattomuus tekevät linjatyöskentelystä mahdotonta. Kuviossa 22 työpisteet ovat kuvattu punaisella värillä ja raskaat hyllyt sinisellä värillä. Keltaiset viivat kuvaavat 5S-järjestelmän määrittelemiä tila- ja käytävärajoja.

Työn kannalta keskeisimmät toiminnot ja laajempi layoutpiirros ovat esiteltynä liitteessä 1.



Kuvio 22. Nykyinen layout

Kokoonpano -osaston suunnittelutyön haasteena on muiden toimintojen kasvava tilantarve, joka vie tilaa tulevan osaston käytöstä. Jos tila on liian ahdas koko osastolle, työpisteitä on mahdollista vähentää niin, että osasto siirtyy yhden vuoron sijasta työskentelemään kahdessa vuorossa. Puolivalmisteet eli yrityksen itse valmistamat peltiosat ja joitakin ostettavia komponentteja on varastoituna osaston ympärille kuormalavahyllyihin. Loput nimikkeet noudetaan varastosta. Uuden layoutin suunnittelun rajoittavina tekijöinä on osaston tilaan jäävä alikokoonpanopiste ja kattorakenteiden pystypalkit, jotka vähentävät layout vaihtoehtojen määrää. Yrityksen toiveena on, että ainakin osa kokoonpano-osaston kuormalavahyllyistä olisi mahdollista mahdollistaa tulevaan layoutiin.

4.2 Työpisteet

Asiakasräätälöityjen sähkökeskusten kotimaatiimin työpisteet ovat jokaisen työntekijän yksilöimiä, joka näkyy työtapojen eroina, lisäksi työkalujen sijoittelussa on eroavaisuuksia. Tiimissä työskentelee yhdestä viiteen henkeä, mutta osaston käytössä on kuitenkin kuusi työpöytää. Yksi työpisteistä on esivalmistelupöytä, jossa keskusten ovet ja kannet valmistellaan muulle henkilöstölle. Muilla työpisteillä tehdään kaikki muut työvaiheet alusta loppuun saakka. Kuviossa 23 on esiteltyä kotimaantiimin työpöytä.



Kuvio 23. Kotimaatiimin työpiste

Työpöytien takana on komponenttien läpivirtaushylly, mutta se on kooltaan pieni eikä sillä pystytä kattamaan kovin suurta komponenttivalikoimaa. Lisäksi materiaali-palvelun käytön lisäys vaatii pöydän taakse käytävän tai muun tilan, jota kautta logis-tiikka-osasto täydentää pöytien läpivirtaushyllyjä. Työtehokkuuden ja työturvallisuuden kannalta pöytien asemointi jonoon ei tule kysymykseen.

Vientitiimi toimii omana yksikkönään. Eri työpisteissä tehdään kokoonpanon eri vaiheet, joita ovat kalustus, johdotus ja pakkaus. Työvaiheiden välille syntyy keskeneräisen tuotannon puskurivarastoa, sillä työvaiheiden määrä ja läpimenoaika vaihtelevat eri lopputuotteiden välillä. Lisäksi tiimin henkilöstömäärien vaihtuvuus sulkevat kokoonpanolinjavaihtoehdon. Puskurivaraston avulla vientiosaston työntekijöillä on aina tehtävää, eikä kukaan joudu odottamaan toisen työvaiheen valmistumista. Työvaiheiden välinen puskuri varastoidaan renkailla varustetulla kuormalavalla, jolloin sitä on helpompi siirtää työvaiheista toiseen. Henkilöstömäärät vaihtelevat yhden ja kolmen henkilön välillä.



Kuvio 24. Vientitiimin kokoonpanotila

Vientitiimin käyttämät kuormalavahyllyt ovat sijoitettu kokoonpanosolun ulkopuolelle, jonka seurauksena solusta joudutaan poistumaan hyllykäytävälle hakemaan tarvittavia nimikkeitä. Vientiosastolla on käytössä useita työpöytiä, joista osaa työpöydistä käytetään vain yhden mallin valmistamiseen tai tietyn lopputuotteen tietyn työvaiheen tekemiseen. Nykyiset työpöydät ovat huteria ja pöytälevyt ovat kooltaan pieniä, joten niillä on hankala koota isompia malleja. Kuviossa 24 on esiteltyä viennin kokoonpanotilaa.

Monimittauskeskuksia kokoonpanee pääsääntöisesti yksi henkilö, mutta osastolla on kuitenkin kaksi pöytää keskusten kokoonpanoa varten. Monimittauskeskukset ovat isoja, joten työergonomia on otettava huomioon ja mittauskeskusten käsittelyyn on varattava tilaa.



Kuvio 25. Monimittauskeskusten kokoonpanotila

Monimittauskeskuksen kokoonpanopisteellä kokoonpanija työskentelee hyllyn ja pöydän välissä (ks. kuvio 25). Nykyinen pöytä on mitoitettu juuri monimittauskeskuksen kokoiseksi, minkä seurauksena kokoonpanija joutuu kääntämään noin kaksimetrisiä mittareita, jotta mittareiden yhdistäminen ja keskuksen päätyjen tekeminen onnistuisi. Kokoonpanijan käyttämät työkalut ovat hänen selkänsä takana niille suunnitelluissa telineissä. Näiden ottaminen synnyttää ajoittaista kiertoliikettä. Lisäksi ahtaassa välissä työskenteleminen lisää tapaturmariskiä.

Monimittauskeskusten puolivalmisteet ja osa ostokomponenteista on hänen selkänsä takana. Ostokomponentteja on myös varastoituna kokoonpanopisteestä katsottuna osaston toisessa päässä. Valmiit monimittarikeskukset pakataan kuormalavalle pystyyn työpöydän eteen, minkä takia työpöydän eteen ja sivulle on jätettävä tilaa, siksi pöydän eteen ei ole mahdollista rakentaa läpivirtaushyllyä nimikkeille.

4.3 Komponenttien ja puolivalmisteiden keräily

Asiakasräätälöityjen sähkökeskusten kokoonpano-osaston henkilökunta keräilee itse tarvitsemansa osat varastosta ja osaston ympäriltä. Yrityksen muut kokoonpano - osastot ovat puolestaan täysin imuohjattuja ja niiden komponenttitarvettaan täydentää logistiikka-osaston materiaalijuna (ks. kuvio 26). Materiaalijuna on trukki, joka on varustettu yhdellä tai useammalla vaunulla, jonka avulla komponentteja toimitetaan kokoonpanoon varastosta.



Kuvio 26. Materiaalijuna

Ak-osaston henkilökunta käyttää keräilyyn ostoskärryjä (ks. kuvio 27) ja hydraulisia lavansiirtovaunuja. Keräily perustuu työmääräimiin, joiden perusteella haetaan työssä käytettävät osat. Työmääräin myös kertoo komponentin tai puolivalmisteiden varastopaikan. Lopputuotteesta riippuen työmääräimessä voi olla noin 5-100 eri keräiltävää nimikettä eikä työmääräimessä ole määritelty minkäänlaista loogista keräilyjärjestystä. Nimikkeet kerätään keräilijän parhaaksi näkemällään tavalla. Keräilijä hakee tilanteesta riippuen osia esimerkiksi yhden sarjan verran. Näin ollen keräilyaika voi vaihdella kokoonpanossa olevan mallin ja keräilyperusteen mukaan. Vienti- ja kotimaantiimien tiiminvetäjät ovat päätoimiset keräilijät. Kotimaantiimin tiiminvetäjä vastaa myös monimittauskeskusten nimikkeiden keräilystä.



Kuvio 27. Ostoskärryt

Läsnäolohavainnoinnissa keräilijä käytti yhden sarjan ostokomponenttien keräilyyn 30 minuuttia. Keräilyn jälkeen kokoonpanohenkilö palaa työpisteelleen, minkä jälkeen hän asettaa osat säilytyspaikoilleen. Ostokomponenttien keräilyn jälkeen kokoonpanija keräilee tarvitsemansa peltiosat osaston ympärillä olevista raskaista hyllyistä ja vasta tämän jälkeen kokoonpanotyö pääsee alkamaan.

Piilohavainnointikerroilla keräilyajat ja keräilytehokkuus vaihtelivat. Keräilijän vaihtuessa keräilytahti vaihteli ja joidenkin komponenttien löytämiseen tarvittiin jopa varastohenkilöstön apua. Layout muutoksen myötä suunniteltavan kokoonpano-osaston paikka siirtyy kauemmas varastosta, minkä seurauksena siirtomatka niin varastoon kuin lähettämöön tuplaantuu. Tämä vaikuttaa keräilyajan pitenemiseen, jos osaston keräilyvaihetta ei tehosteta.

Varaston yhteydessä työskentelee logistiikka-osasto, joka vastaa saapuvan ja lähtevän tavaran käsittelystä. Lisäksi osasto täydentää varastoa ja vastaa yrityksen sisäisistä siirroista.



Kuvio 28. Esimerkki uudelleenpakkaamisesta

Täydennyserien saapuessa varastoon osa komponenteista joudutaan pakkaamaan uudelleen oikeanlaiseen laatikkoon (ks. kuvio 28). Joidenkin komponenttien kohdalla pystytään hyödyntämään toimituspakkausta yksikkökokona, jolloin komponentti toimituspakkausineen siirtyy sellaisenaan osaston käyttöön.

Sähkökeskusten johtimet tilataan johtimienkatkaisuosastolta, ja henkilökunta toimittaa tilatut johtimet kokoonpano-osastolle. Monimittauskeskusten johtimet tulevat metritavarana johdinvyyhdeissä, joista kokoonpanija katkaisee ja kuorii itse tarvitsemansa johtimet.

5 Toteutussuunnitelma

5.1 Nimikeanalyysi

Asiaksräätälöityjen sähkökaappien kokoonpano-osastolla koottavien lopputuotteiden valinta suoritetaan yhteistyössä asiakkaan kanssa. Näin saadaan tietoa siitä, mitkä tuotteet ovat aktiivisia eikä osastoa suunnitella tuotteille ja nimikkeille, joita tulevaisuudessa ei valmisteta. Lisäksi yritykselle vapautuu varastotilaa, sillä hyllyissä on osia, joita ei enää käytetä ja niiden käyttämä tila vapautuu aktiivisille nimikkeille. Lisäksi

valmistettavien lopputuotteiden listauksen avulla pystytään selvittämään, mitä komponentteja jokainen lopputuote pitää sisällään. On kuitenkin muistettava, että lopputuotteet ovat vain perusrakenteita, joita asiakas voi räätälöidä haluamakseen.

Nimikkeistä tehdään ABC-analyysi tiimikohtaisesti, sillä tiimit käyttävät suurimmaksi osaksi täysin eri komponentteja ja peltiosia. Analyysin pohjatietona käytetään yrityksen historiatietoa jokaisen nimikkeen kokonaiskulutuksesta. ABC-analyysin lisäksi jokaisesta nimikkeestä tehdään esiintyvyyssanalyysi, joka kertoo, kuinka monessa loppurakenteessa tietty nimike esiintyy. Analyysien tueksi kokoonpano-osaston tiiminvetäjiä haastatellaan, jonka perusteella komponentit luokitellaan. Jos luokitteluun käytetään pelkästään historiatietoja, yksi tilauserä harvemmin valmistettua keskusta vääristäisi analyysitulosta. Analyysista saatua tietoa käytetään sijoitettaessa nimikkeitä osaston pöytiin ja hyllyihin. A-nimikkeet pyritään sijoittamaan työpöytiin ja jäljelle jäävät nimikkeet sijoitetaan osaston yhteyteen läpivirtaushyllyyn tai kuormalavahyllyyn. Pakkauspahvit, johtimet ja tarrat jätetään analyysin ulkopuolella ja niitä tarkastellaan omina kokonaisuuksinaan.

5.2 Yksikkökokojen määrittäminen

Junapalvelun käytön lisääntyminen edellyttää, että komponentteja toimitetaan kokoonpano-osastolle erilaisissa kanban-yksiköissä. Osalle käytettävistä nimikkeistä on jo määritelty yksikkökoot, joita yrityksen muut kokoonpano-osastot käyttävät. Valmiiksi määritellyt yksikkökoot pysyvät samana. Lisäksi nimikkeet, joita voi ohjata kokoonpanoon niiden toimituspakkauksella (ks. kuvio 29.), tullaan hyödyntämään. Tällöin logistiikka-osaston uudelleen pakkaamistyövaihe ei kasva. Komponentit joiden toimituspakkausta ei voida käyttää imuohjauksessa, yksikkökoko pyritään määrittämään toimituspakkauksen kokoiseksi, uudelleen pakkaamisen nopeuttamiseksi.



Kuvio 29. Esimerkki ohjaukseen soveltuvasta toimituspakkauksesta

Nimikkeet joille täytyy määrittellä yksikkökoko, valitaan yrityksen yksikkövaihtoehdoista (ks. liite 2). Ostokomponenttien yksikköön tulisi pääsääntöisesti mahtua noin kahden ja puolen tunnin tarve. Peltiosien yksikkökoon määrittelyn apuna käytetään yleisintä valmistuseräkokoja sekä päivän- ja viikon tarvetta. Lopputuotteiden kokoonpanemiseen käytettävää keskiarvoaika (kpl / h) käytetään nimikkeen päivittäisen kulutuksen selvittämiseen. Metalliosien määrittelyssä käytetään apuna teknisiä piirustuksia ja havainnointia, sillä kappaleen muoto ja paino ovat suuria vaikuttavia tekijöitä yksikkökoon valinnassa ergonomian takia. Ostokomponenttien osalta voidaan käyttää vain havainnointia, sillä niistä ei ole olemassa minkäänlaisia piirustuskuvia. Tämä tarkoittaa, että jokainen ostokomponentti täytyy etsiä varastosta ja valita sopiva yksikkökoko nähdyn perusteella. Tarkoituksena on, että muutettavan kokoonpano-osaston kaikki komponentit ja puolivalmisteet käydään läpi, jotta jokaiselle osalle on tutkimuksen jälkeen olemassa laatikko tai muu tapa, jolla nimike ohjataan kokoonpanoon. Näin on mahdollista, että kaikkia osaston käyttämiä nimikkeitä ohjataan kanban-korttien avulla. Yrityksellä on käytössään sähköinen kanban-järjestelmä, jolla määritellään tarvittavat ohjauskortit.

5.3 Työpisteiden suunnittelu

Kokoonpanotiimien työpisteet pyritään suunnittelemaan ergonomisiksi ja tehokkaiksi. Työpisteiden ergonomisessa suunnittelussa haasteena on työntekijöiden väliset pituuserot. Yrityksen kaikkien kokoonpano-osastojen henkilöstöä ja tuotannonesimiehiä haastatellaan työskentelytapojen ja ergonomian selvittämiseksi. Ennakotietona on, että tutkimuskohteen henkilökunta on erittäin muutosvastarintaista, joten pelkän ak-osaston haastattelemisen työn luotettavuuden kannalta ei ole riittävä. Tästä syystä muidenkin osastojen henkilöstöä haastatellaan. Haastattelujen lisäksi kokoonpano -osastojen työpisteitä ja työskentelymenetelmiä havainnoidaan. Työpisteiden suunnittelussa mitoitetaan myös työpisteiden vaatima tilatarve, jota käytetään apuna layout-suunnittelussa.

Yrityksessä on käytössä 5S-järjestelmä, joten työpisteet ja uusittava kokoonpano – osasto tulee kokonaisuudessaan suunnitella niin, että 5S-järjestelmä on mahdollista toteuttaa osastolle. Työpisteistä piirretään mitoituskuvat ja yksinkertaiset kokoamisohjeet yrityksen kunnossapito-osastolle, joka rakentaa ne. Työpisteiden piirtämiseen käytetään Microsoft Excel-ohjelmistoa, jolla saadaan riittävät työpisteiden kuvat aikaiseksi.

5.4 Hyllyratkaisut ja layoutsuunnittelu

Työpisteiden tilankäytön lisäksi osaston muita hyllyratkaisuja tulee suunnitella layoutiin. Osaston käyttämiä nimikkeitä on noin 600 erilaista. Imuohjaus ja materiaali-palvelu vaativat toimiakseen jokaiselle nimikkeelle paikan kokoonpano-osastolla tai sen läheisyydessä. Laatikoissa ohjattujen nimikkeiden vaatimaa tilantarvetta tutkitaan yksinkertaisella tilan kartoituksella, jossa kaikkien laatikoiden yhteenlaskettu juoksumetrimäärä jaetaan läpivirtaushyllyihin useaan kerrokseen. Kartoitus antaa kuvan siitä, että mahtuuko osaston laatikkonimikkeet osastoon sisälle. Lisäksi kuormalavoilla olevia nimikkeitä pyritään sijoittamaan osastolle mahdollisimman paljon. Tämän pohjalta yrityksellä luodaan yksinkertaiset hyllykartat käyttäen Microsoft Excel-ohjelmistoa.

Layoutista piirretään yksi karkea suunnitelma käyttäen Microsoft Visio-ohjelmistoa. Layout suunnittelun edetessä piirrosta tarkastellaan esimiesten kanssa palavereissa,

joissa esimiehillä on oikeus tehdä pieniä muutoksia piirroksen tilanteen niin vaatiessa.

6 Tulokset

6.1 Layout

Lopulliseksi layoutiksi muokkautui kuvion 30 mukainen layout. Materiaalipalvelun käyttö vaatii, että pöytien takana on käytävä, jota käyttäen pöytien komponenttitarvetta täytetään. Kaikki pöydät on sijoitettu käytävien yhteyteen, jolloin materiaalipalvelu on tehokkainta. Materiaalipalvelun hidastuminen heijastuisi yrityksen muiden kokoonpano-osastojen toiminnan tehokkuuteen. Muut hyllyt on sijoitettu leveämpien käytävien yhteyteen, jolloin käytäväleveys on trukkien toiminnan kannalta riittävä. Layout suunnittelun pääpaino oli työvaiheiden välisen siirtelyn minimoimisessa ja työturvallisuudessa materiaalipalvelun ehdoilla.



Kuvio 30. Uusi layout

Tiimien jakaminen selkeisiin omiin soluihin selkeyttää materiaalivirtoja, sillä tiimin käyttämät nimikkeet ovat selkeästi omissa soluissaan, eikä työntekijän tarvitse poistua sieltä. Lisäksi turhien siirtojen vähentäminen lyhentää läpäisyaikaa. Tämä parantaa myös työturvallisuutta, sillä ylimääräinen käytävillä kulkeminen lisää riskiä törmätä trukkiin. Työpisteet ja hyllyratkaisut ovat investointikustannuksiltaan edullisia. Alikokoonpanopisteen sijainti ja materiaalipalvelun lisääminen toiminnan tehostamiseksi vähentävät käytettävää lattiapinta-alaa. Seikat rajaavat ratkaisuvaihtoehtojen määrää merkittävästi. Layout soveltuu osaston nykyiseen toimintaan, mutta osaston toiminnan laajentaminen edellyttää siirtymistä työskentelemään yhden vuoron sijasta kahdessa vuorossa. Suurempi layout-piirros on liitteessä 3.

6.2 Imuohjaukseen liitettävät nimikkeet

Tutkimuksen tuloksena kaikki komponentit ja puolivalmisteet voidaan liittää kanbanjärjestelmään, pois lukien pahvit. Suurin hyöty osaston toiminnan tehostamiseksi saavutetaan, kun materiaalipalvelu palvelee osastoa täysin. Suurta hyötyä ei saavutettaisi, jos osasto joutuisi hakemaan osan komponenteista edelleen varastosta. Jos junapalvelu toimittaisi osastolle esimerkiksi vain kolmeakymmentä eri nimikettä osaston keräillessä loput itse, olisi mahdollista, että esimerkiksi vain viisi materiaalipalvelun toimittamaa nimikettä soveltuisi juuri sillä hetkellä valmistuksessa olevan malliin. Tämä aiheuttaisi sen, että keräilyaika pysyisi samana eikä läpimenoaika lyhentyisi. Läpäisyajan lyhentäminen vaikuttaa asiakasohjautuvassa kokoonpanossa suoraan toimitusaikaan. Laaja lopputuotevalikoima ja suuri määrä komponentteja vaatii laajemman junapalvelun käytön ja tuotannon ohjaaminen kanban-korteilla yksinkertaistaa informaation kulkua. Lisäksi laaja lopputuote - ja nimikevalikoima pakottavat rakentamaan osaston yhteyteen läpivirtaushyllyjä laatikkokomponenteille, sillä kaikkia nimikkeitä ei ole mahdollista sijoittaa työpöytien yhteyteen. Standardiosia käyttävän osaston varastosaldot rajoitetaan imuohjauksen avulla, jolloin varastointikustannukset pysyvät maltillisina. Lisäksi rajoitettu keskeneräinen tuotanto pitää läpäisyajan vaihtelut kurissa.

Logistiikka-osasto täydentää kokoonpano-osaston tarvitsemaa pakkauspahvia. Tilan ahtauden takia jokaista pahvimallia ei voida varastoida osaston sisälle kanban-kortissa määriteltyä määrää, vaan osastolle toimitetaan sillä hetkellä kokoonpanossa

olevien lopputuotteiden pakkauspahveja vain päivän tarve. Lisäksi vaihtelevat kokoonpanomäärät aiheuttaisivat sen, että pahveja jäisi helposti osastolle lojumaan. Esimerkiksi tietyllä pakkauspahvilla olisi määritelty yksikkökooksi viisitoista ja osasto kokoonpanisi vain neljä, jonka jälkeen pakkauspahvimalli vaihtuisi. Ylimääräiset pahvit jäisivät osastolle viemään tilaa tai ylimääräisiä pahveja tulisi palauttaa takaisin pahvivarastoon; tällöin syntyisi turha työvaihe. Lisäksi 5S-järjestelmä vaatii, että jokaiselle esineelle ja tavaralle tulee olla merkitty paikka ja tässä tapauksessa jokaiselle pahville ei ole tilaa järjestää omaa merkittyä paikkaa. Tällöin 5S-järjestelmä ei soveltuisi kokoonpano-osastolle. Suuriin monimittauskeskuksiin ei käytetä pakkauspahveja, vaan ne suojataan kelmulla lähettämässä.

6.2.1 Johtimet

Kokoonpanotiimien tiiminvetäjät tilaavat vain tarvittavat johtimet johtimienkatkonasta. Virheet minimoidaan ja laadun varmistus tehostuu, kun osastolla on käytössä vain tarvittava määrä johtimia. Esimerkiksi kokoonpanotyön päätyttyä yhden johtimen jääminen pöydälle on signaali mahdollisesta virheestä. Tämä helpottaa virheen havainnointia ja se huomataan aikaisessa vaiheessa. Aikaisessa vaiheessa havaitun virheen korjaaminen on halvempaa. Toimintamallin tarkoitus on päästä mahdollisimman lähelle poka-yoke-ajattelua, jonka tarkoituksena on ehkäistä virheen syntyminen.

6.2.2 Ostokomponentit ja puolivalmisteet

Komponentit, joita vain tutkimukseen liittyvä kokoonpano-osasto käyttää, siirretään varastoitavaksi pelkästään kokoonpano-osaston yhteyteen. Tämän seurauksena yrityksen päävarastoon vapautuu tilaa eikä nimikkeitä varastoida turhaan useassa paikassa. Osaston käyttämät tarrat ovat tarrarullia, jotka voidaan toimittaa sellaisenaan osaston käyttöön eikä niille näin ollen tarvitse suunnitella erillistä toimitusyksikköä.

Suurin osa puolivalmisteista olivat kappalemitoiltaan tai valmistuseräkooltaan niin suuria, että ne vaativat imuohjaukseen kuormalavan. Puolivalmisteiden joukossa oli myös ei-varastoitavia nimikkeitä, joilla ei ollut kiinteitä varastopaikkoja. Tällaisten nimikkeiden varastointi siirtyy yrityksen päävarastoon. Aikaisemmin osaston yhtey-

dessä oli hylly ei-varastoitaville nimikkeille. Tehokkaan tilan käytön kannalta varastopaikan siirto oli välttämätöntä. Lisäksi osa ei-varastoitavista nimikkeistä muutettiin varastoitaviksi niiden toistuvan käytön takia. Logistiikkaosaston ja kokoonpano-osaston tulee kommunikoida ajoissa, jotta harvemmin käytössä olevat isot peltiosat toimitetaan kokoonpanoon oikea-aikaisesti.

6.2.3 Yksikkömäärät ja yksikkökoot

Nimikkeiden yksikkökokoja määriteltessä monen puolivalmisteen kohdalla päivän tarve oli todella pieni; yhden ja kymmenen välillä. Yrityksen itse valmistamille puolivalmisteille määritellyt valmistuseräkoot vaihtelivat 1-5000 välillä. Peltiosa, jonka valmistuserä koko on esimerkiksi 5000, olisi ollut tehotonta jakaa pieneen yksikkököön. Lisäksi yhden kappaleen mitat määrittivät laatikkokoon usein sellaiseksi, että päivän tarve täytti laatikosta vain murto-osan. Eli yhden kappaleen mitta vaati laatikkokoon, johon samaa nimikettä olisi mahdollista mahduttaa esimerkiksi 50 kappaletta päivän tarpeen ollessa kolme. Joidenkin peltiosien kohdalla oli järkevämpää valita yksikkökoko, johon mahtuu yleisin valmistuserä koko. Lisäksi yrityksen käyttämien valmistuseräkojen liiallinen pienentäminen nostaisi valmistuskustannuksia. Useimmiten peltiosien kohdalla kappaleen paino määritteli yksikkököön, sillä liian suuri määrä puolivalmistetta teki laatikosta usein niin painavan, että sitä ei ollut ergonomista siirtää. Taulukossa 2 on lueteltu yksikkököön valintaperusteet.

Taulukko 2. Yksikkököön valintaperusteet

Nimikkeen mitat
Yksikön paino ja ergonomia
Tarve
Valmistuserä koko
Varastointiratkaisu ja varastonkapasiteetti

Menettelytapa ei täysin toteuta Lean-periaatteiden mukaista imuohjausta, mutta asiakkaan mahdollisuus räätälöidä lopputuotetta ja kysynnän vaihtelu pakottavat ylläpitämään puskurivarastoa kilpailukyvyyn säilyttämisen takia. Osastojen yhteiset nimik-

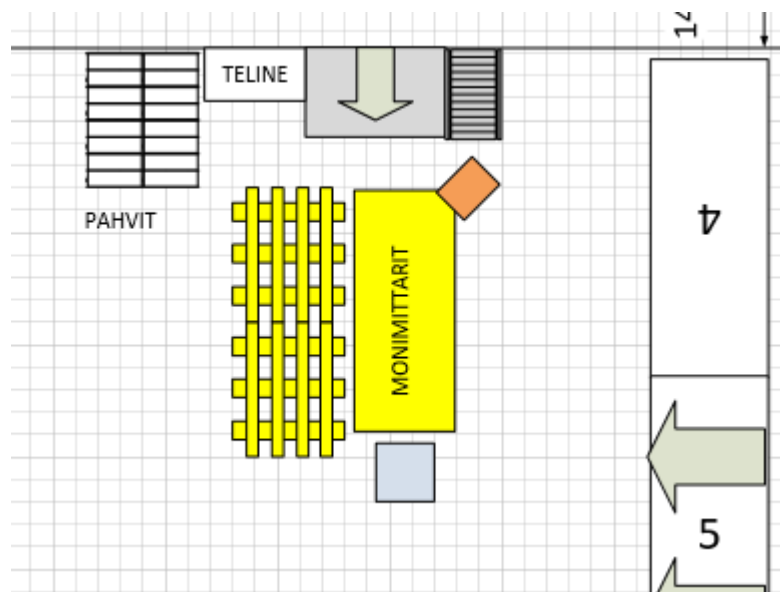
keet ohjataan yrityksen tuotannosta päävarastoon, josta nimikkeitä ohjataan kokoonpanoon pienemmässä kanban-laatikossa. Kaikkien nimikkeiden ohjaaminen samalla tavalla ei ole mahdollista, sillä se vaatisi lisää varastointikapasiteettia. Tämä tapa lisää myös työvaiheita ja monimutkaistaa nimikkeiden ohjausta. Yrityskaupan myötä kasvavien toimintojen tarkasta varastointitarpeesta ei ollut tutkimushetkellä olemassa tarkkaa tietoa, minkä takia joidenkin komponenttien kohdalla ohjaustapa jätettiin yrityksen päätettäväksi myöhäisempään ajankohtaan.

Osaston käyttöönoton jälkeen olosuhteet tulee standardoida, minkä avulla uusia kehityskohteita on mahdollista havaita. Lisäksi kanban-järjestelmän käyttöönoton jälkeen on tärkeää, että yksikkökokoihin kiinnitetään huomiota, jolloin järjestelmää tulee pyrkiä tehostamaan optimoimalla yksikkökokoja.

6.3 Monimittauskeskusten kokoonpano

6.3.1 Hyllyratkaisut

Monimittauskeskusten tekemiseen jätettiin yksi työtaso. Kahden ja puolen kuukauden observoinnin tuloksena huomioitiin, että pääasiallisesti yksi henkilö kokosi monimittauskeskuksia, toisen pöydän ja sille varatun tilan ollessa tyhjillään. Kuviossa 31 on esiteltyä monimittauskeskusten kokoonpanoalue.



Kuvio 31. Monimittauskeskusten kokoonpanoalue

Monimittauskeskuksen kokoonpanopöydän viereen on sijoitettu kevyt läpivirtaus-hylly kaikille monimittareiden kokoonpanossa käytettäville laatikkokomponenteille (ks. kuvio 32). Läpivirtaushyllyn tarkoitus on toimia niin, että junakuski täyttää hyllyä käytävän puolelta ja kokoonpanija käyttää sitä osaston sisältä. Hyllyn viereen on sijoitettu rullakuljetin tyhjille kanban -yksiköille, jotka junakuljettaja vie mukanaan (ks. kuvio 32). Kokoonpanijan kaikki käyttämät nimikkeet ovat nyt lähellä hänen työpistettä eikä ulkopuolista keräilyapua enää tarvita.



Kuvio 32. Läpivirtaushylly ja rullakuljetin

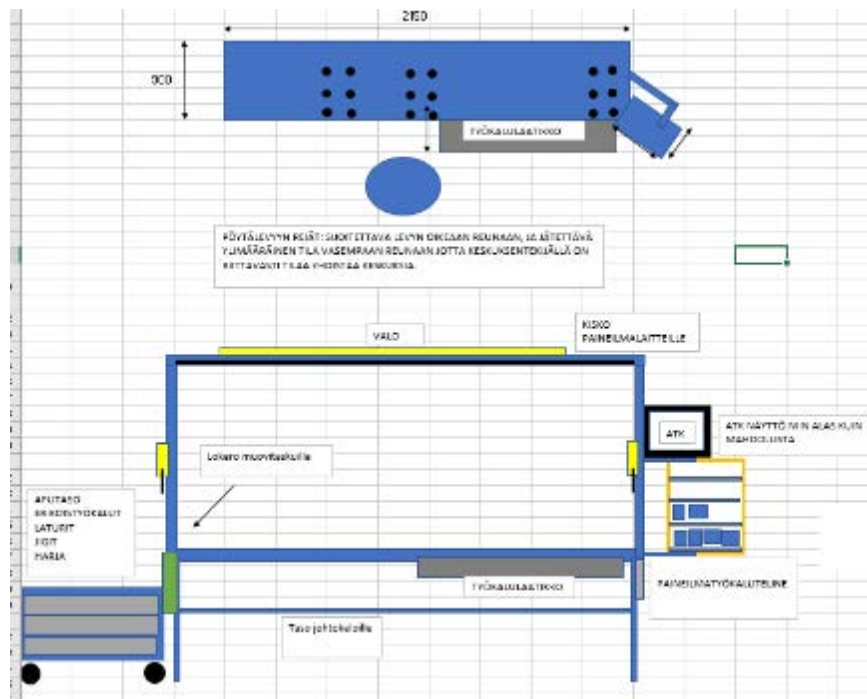
Hyllyä käytetään sen molemmilta puolilta, mutta läpivirtaushyllyn kallistuksen takia hyllyn korkeus käytävän puolelta on korkeampi. Läpivirtaushyllyjen ylimmän hyllyn korkeus määriteltiin kokoonpanohenkilöstön ja junakuljettajan haastattelujen perusteella.

Suuren tarravalikoiman seurauksena ei olisi mahdollista varustaa jokaista pöytää tarratelineillä, vaan tuhannen tarran rullat ovat järkevää sijoittaa yhteen telineeseen, josta kokoonpanijat voivat ottaa sopivaksi katsomansa palan rullasta ja kiinnittää tarranauhan esimerkiksi magneetilla työpisteen metallirunkoon. Tällä toimintatavalla päästään myös lähemmäksi imuajattelua, jolloin rullia on vain todelliseen tarpeeseen, eikä monien kuukausien tarratarve seiso kokoonpano-osaston työpisteillä.

6.3.2 Työpiste

Mittauskeskusten kokoonpanopöytä on korkeussäädettävä ja työkalut on siirretty pöytälevyn alle laatikkoon, jolloin vanha iso työkaluteline poistuu kokoonpanijan selän takaa. Muille erikoistyökaluille on suunniteltu myös paikat, jotta 5S-ohjelma pystytään toteuttamaan osastoon. Työn sujuvuuden kannalta pöytälevy varataan täysin keskuksen kokoonpanemiselle eikä pöydällä säilytetä mitään tavaroita. Pöydän oikeaan reunaan oli mahdollista rakentaa siiveke yleisimmille ruuveille, joita käytetään monessa lopputuotteessa. Siivekkeen yläpuolella on atk-pääte kanban-korttien viivakoodin lukemiseen, jolloin informaatiovirta komponenttitarpeesta välittyy edelliseen työvaiheeseen.

Pöytätason pituutta kasvatettiin, jotta kokoonpanija pystyy yhdistämään kaksi keskusta yhdeksi. Aikaisemmin työvaihe vaati keskusten kääntämistä poikittain, sillä pöytälevy oli niin kapea, että ruuvinvääntimen kanssa ei ollut mahdollista työskennellä. Pöydän pituuden lisääminen paransi ergonomiaa ja yksi turha työvaihe poistettiin kokoonpanotyöstä. Kuviossa 33 on esiteltyä monimittauskeskuksille suunniteltu kokoonpanopöytä.



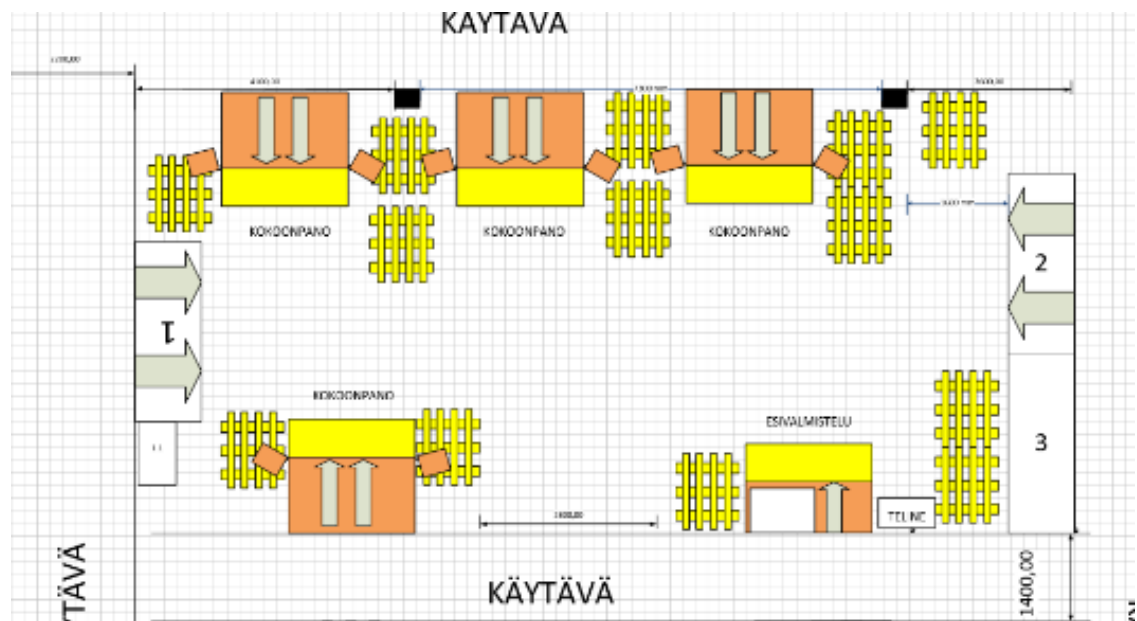
Kuvio 33. Monimittauskeskusten kokoonpanopöytä

Mittauskeskusten kuormalavoilla ohjatut peltiosat ovat kokoonpanijan selän takana olevassa kuormalavahyllyssä numero neljä (ks. kuvio 31). Osa peltiosista on yhdistetty käyttämään samaa kuormalavaa, jolloin pienen menekin monimittauskeskusten peltiosat eivät veisi suurinta hyllytilaa kokoonpano-osastolla. Hylly on suunniteltu niin, että käytetyimmät peltiosat ovat sellaisilla ottokorkeuksilla, että trukkia ei vaadita.

6.4 Kotimaantiimi

6.4.1 Hyllyratkaisut

Kokoonpano-osaston yhteyteen sijoitetaan kaksi läpivirtaushyllyä laatikkokomponenteille, yksi hylly kuormalavoille ja kevyt hylly, jolloin lähes kaikki ostokomponentit mahtuvat osastoon sisään (ks. kuvio 34). Muutama aktiivinen C-nimike täytyi sijoittaa osaston ulkopuolelle varastoitavaksi. Liitteessä 4 on esiteltyä esimerkki osaston hyllykartasta.



Kuvio 34. Kotimaantiimin kokoonpanotila

Kokoonpanopöytiin on sijoitettu yleisimmin käytetyt A-nimikkeet. Kotimaantiimin vetäjä kerää läpivirtaushyllyjen nimikkeitä pieniin tasokärryihin ja tuo ne kokoonpanijalle, jolloin kokoonpanopöytien nimikkeitä ei tarvitse vaihtaa mallin vaihtuessa.

Kokoonpanopöytien nimikkeiden vaihtaminen hidastaisi kokoonpanemista, tällöin läpimenoaika ei lyhentyisi. Lisäksi 5S-järjestelmän ylläpitäminen vaikeutuisi.

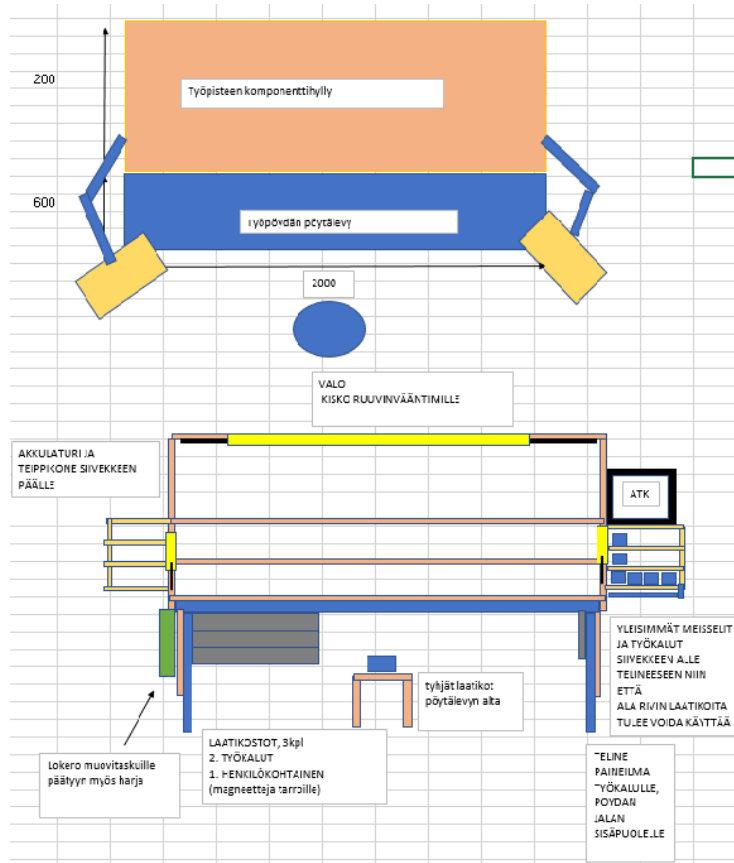


Kuvio 35. Läpivirtaushylly

Osastolle suunnitellut läpivirtaushyllyt vastaavat kuvion 35 mukaista hyllyratkaisua. Materiaalipalvelu täyttää hyllyä käytävän puolelta. Läpivirtaushyllyissä on myös lava-
paikkoja isommille peltiosille. Kaikki hyllyt suojataan takasuojaverkoilla, jotka suojaavat kuormalavojen putoamasta kokoonpanohenkilöstön päälle ja hyllyjen samanaikainen käyttäminen sen molemmilta puolilta on turvallista.

6.4.2 Työpiste

Kotimaan sähkökeskuksia kokoonpanevan tiimin työpisteet hyödyntävät vanhoja työtaseja. Työpisteen taakse rakennetaan uudet siivekkeelliset läpivirtaushyllyt, joihin yleisimmät ja suuren menekin komponentit sijoitetaan (ks. kuvio 36).

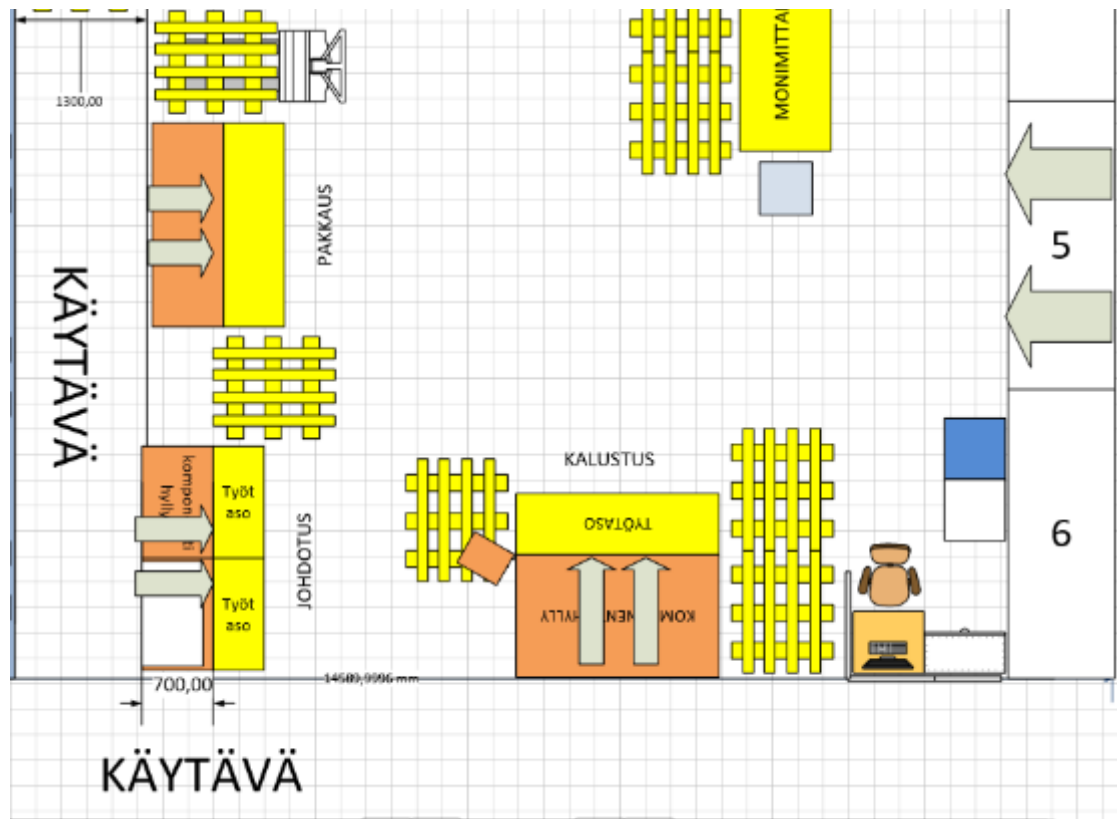


Kuvio 36. Kotimaantiimin kokoonpanopöytä

Tyhjiä yksiköjä varten pöydän alle sijoitetaan rullakuljetin, jonka avulla junakuljettaja saavat kerättyä tyhjiä yksiköt mukaansa käytävän puolelta. Kuljetin ei vie tilaa pisteiden viereen tulevilta lavapaikoilta. Työpisteet ovat korkeussäädettäviä, jolloin jokaisen kokoonpanijan työskentely on ergonomista. Pöytälevy tulee jättää vapaaksi, jotta valmis keskus pystytään liu'uttamaan kuormalavalle ilman nostamista. Kotimaan sähkökeskusten esivalmistelupöydän yhteyteen sijoitetaan myös teline tarroille. Lisäksi pöydän yhteyteen toimitetaan osaston tilaamat johtimet. Esivalmistelupöydän ainoat eroavaisuudet muihin kokoonpanopöytiin nähden ovat eri komponenttivalikoima ja siivekkeiden puuttuminen. Esivalmistelupöydän ympärille on varattu enemmän lavapaikkoja isoille peltiosille.

6.5 Vientitiimi

Vientiosasto toimii jatkossakin omassa solussa. Työvaiheet on jaettu kalustukseen, johdotukseen ja pakkaukseen. Työpisteitä karsittiin niiden tarpeettomuuden takia ja pöydät suunniteltiin siten, että kaikkia malleja on mahdollista kokoonpanna samoissa pöydissä.



Kuvio 37. Vientitiimin kokoonpanoalue

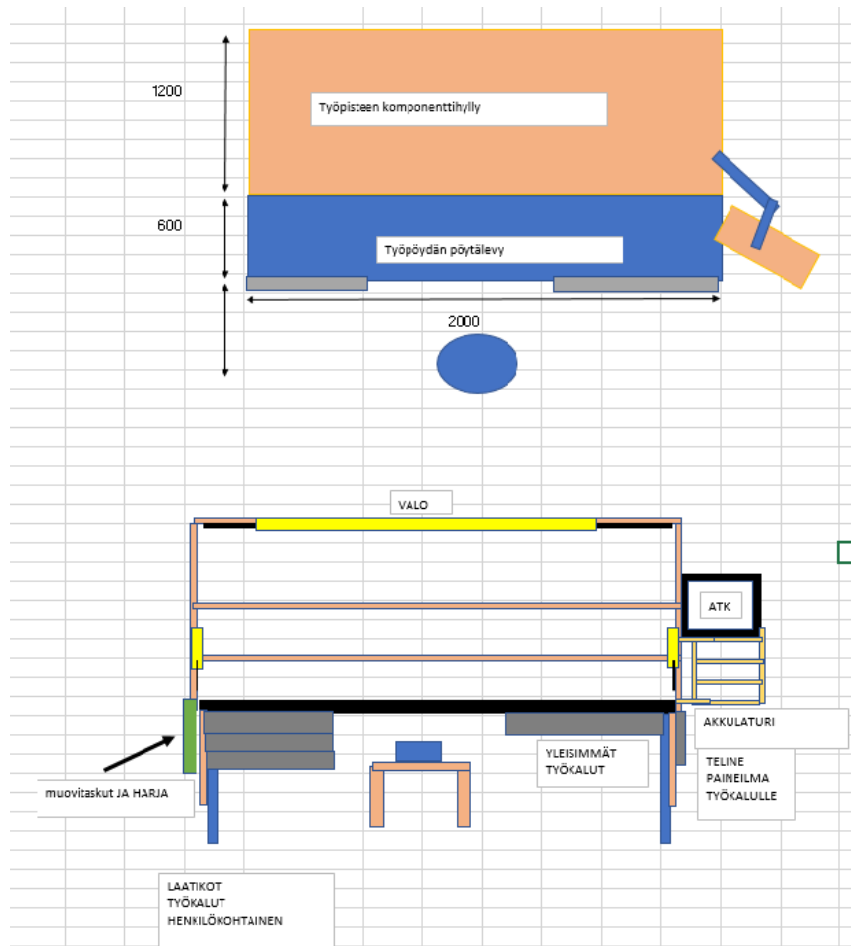
Osastolla sijaitsee myös molempien tiimien atk-piste. Vientitiimin vanhaa puskurivarastoa työvaiheiden välillä ei ole mahdollista poistaa, koska työvaiheiden väliset keskot vaihtelevat. Keskeneräinen tuotanto, eli puskurivarasto on rajoitettu imuohjauksen avulla. Puskurivarastoa siirretään renkailla varustetulla kuormalavalla, jolloin ylimääräinen liikkuminen ja nostaminen minimoidaan. Vaihteleva kysyntä, sähkökeskusten variointi ja laaja tuotevalikoima tekevät kokoonpanemisen linjassa mahdottomaksi. Kuviossa 37 on esiteltyä kokonaisuudessaan vientitiimin kokoonpanoalue.

6.5.1 Hyllyratkaisut

Vientitiimin tarpeisiin otettiin käyttöön myös läpivirtaushylly laatikkokomponenteille, sillä myös viennin laaja komponenttivalikoima ei mahdu pelkästään työpöytiin. Viennin käytössä on myös yksi kuormalavahylly suuremmille peltiosille. Läpivirtaushyllystä keräiltävät osat keräillään tasokärryihin, jotka mahtuvat työtason viereen. Ainoastaan kalustusvaihe tarvitsee tasokärryt, sillä muissa työvaiheissa komponentit ovat saatu mahtumaan pöytien yhteyteen.

6.5.2 Työpisteet

Kalustuspöytä vastaa kotimaan kokoonpanopöytää säädettävine työtasoineen ja läpivirtaushyllyratkaisuineen (ks. kuvio 38). Tiimin pakkauspöytä on myöskin samoja tekniikoita käyttävä, mutta siinä ei ole siiveikkeitä ja se on varustettu sen työvaiheen komponenteilla. Pakkauspöydän osalta on tärkeää jättää myös pöytälevy tyhjäksi ylimääräisiltä telineiltä, jolloin valmiin pakkauksen siirtäminen kuormalavalle onnistuu ilman nostamista. Kaikki pöydät ovat korkeussäädettäviä.



Kuvio 38. Vientitiimin kalustuspöytä

Vientitiimin käyttöön suunniteltiin kaksi johdotuspöytää, jotka ovat myös korkeussäädettäviä ja varusteltu läpivirtaushyllällä (ks. kuvio 39). Johdotuspöytien yhteyteen materiaalipalvelu toimittaa vientitiimin tilaamat johtimet.



Kuvio 39. Vientitiimin johdotuspöytä

Tutkimushaastatteluissa ilmeni, että johdotustyövaihe on hidasta, joten kaksi rinnakaista pöytää mahdollistaa kahden kokoonpanijan johdottamisen samanaikaisesti. Pöytiä pystytään käyttämään myös kalustusvaiheen tekemiseen.

7 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli uudistaa yksi Casemet Oy:n kokoonpano-osasto niin, että osasto käyttää yrityksen materiaalijunaa ja sitä ohjattaisiin imuohjautuvasti. Tutkimus tehtiin vuoden 2017 kesäkuusta elokuun puoleen väliin saakka. Tänä aikana suoritin havainnointia ja lukuisia haastatteluja, joiden pohjalta työ eteni. Tulokset on käyty läpi Casemetin tuotantoesimiesten kanssa. Muutokset astuvat voimaan, kun yrityskaupan myötä tiloihin siirtyvät uudet koneet, laitteet ja niiden muutostyöt ovat siinä pisteessä, että kokoonpano-osastolle varattu tila on tyhjä. Tarkoitus kuitenkin olisi, että osasto otettaisiin käyttöön tämän vuoden aikana.

Tuotannonohjauksen ja layoutin muuttaminen heijastuu moneen yrityksen osastoon, jonka seurauksena työn tiukka rajaaminen oli välttämätöntä, kuitenkin monia ulkopuolelle jätettyjä osia oli sivuttava prosessin ymmärtämisen takia. Työn

haasteina oli se, että en ollut työskennellyt yrityksessä, jonka seurauksena yritykseen ja sen prosesseihin tutustuminen vaati paljon aikaa. Lisäksi kesäajankohdasta johtuvat lomat hidastivat työn etenemistä ja tiedonsaantia. Suurin haaste työssä oli layoutin tekeminen. Äärimmäisen pieni tila, alikokoonpanopisteen sijainti ja kattorakenteen pystypalkit rajasivat toteutusvaihtoehdot todella vähiin. Liitteessä esitelty layout piirros oli ainoa toimiva vaihtoehto. Layout on aina kompromissi, sillä kaikkien yksityiskohtien osalta on mahdoton valita parasta tapaa. Yritykset ja niiden toiminnot ovat aina yrityskohtaisia, jonka seuraksena toimintasuunnitelma tulee laatia tilanteen mukaan. Suunniteluprosessin alkuvaiheessa tehtävien päätösten ja ratkaisujen tulee yhteensopia myös työn loppuvaiheen ratkaisuihin. Siksi työtä tulee myös miettiä kokonaisuutena eikä edetä pelkästään vaihe vaiheelta. Suuret nimikemäärät tekivät myös tiedon käsittelystä haasteellista. Tutkimuksen tuloksina yritys sai imuohjaukseen sopivat ja ergonomiset työpisteiden kokoamisohjeet, hyllykartat, layoutin ja yksikkökoot. Järjestelmän käyttöönoton jälkeen osaston toiminnan jatkuva kehittäminen ja auditointi ovat välttämättömiä, jotta sen toimintaa pystytään tehostamaan ja mahdollisiin ongelma-kohtiin pystytään tarttumaan. Lisäksi on tärkeää, että yritys standardisoi tehdyt muutokset. Kokoonpano-osaston läpäisyajan lyhentäminen voi heijastua muihin yrityksen toimintoihin negatiivisesti, siksi on tärkeää, että myös muita toimintoja pyritään kehittämään. Kanban-järjestelmän yksikkökokojen pienentäminen on tärkeää tulevaisuudessa. Asiakasräätelöityjen sähkökeskusten valmistamisen haasteena on se, että komponenttimäärät keskuksessa voivat vaihdella, minkä seurauksena kanban-yksikkökokojen pienentäminen on toiminnan kannalta riskialtista. Tarkempiin tuloksiin olisi ollut mahdollista päästä, jos minulla olisi ollut kokemusta keskusten kokoonpanotyöstä ja yrityksen oman tuotannon tutkiminen olisi sisällynyt tutkimukseen. Tämä tarkastelu olisi laajentanut opinnäytetyötä ja aikaa työhön olisi tullut varata paljon enemmän. Lisäksi kokoonpano –osaston henkilökunnan erittäin vahva muutosvastarinta teki ajoittain osaston kehittämisestä vaikeaa, sillä usein kaikki esitellyt kehitysideat tyrmättiin ilman minkäänlaisia perusteluja. Lisäksi henkilöstön oli vaikea ymmärtää uusia työvaiheistuksia tai imuohjauksesta johtuvia työtapojen muutoksia, sillä varsinkin kokeneemmilla kokoonpanijoilla oli todella vahvasti juurtuneet työskentelyrutiinit. Ryhmähaastattelutilanteissa saadut vastaukset vaihtelivat osallistujien mukaan, muutosvastarintaisimpien henkilöiden

mukana olo hiljensi yleensä koko ryhmän ja vastaukset olivat ympäröiväisiä. Avoimet haastattelut yhden henkilön kanssa antoivat tarkempia vastauksia ja sopivat työn laajuuden ja usean asian päällekkäisen tutkimisen kanalta tutkimukseen. Usein tutkimus koettiin uhkana, vaikka tavoitteena oli nimenomaan tehdä uusi kokoonpano-osasto hyödyntäen henkilöstön kokemusta. Yrityksen toiveena oli, että kokoonpanohenkilökuntaa kuunneltaisiin ja heidän asiantuntemustaan käytettäisiin osaston kehittämiseen. Muutosvastarinnan takia muidenkin osastojen tutkiminen ja haastattelemine oli välttämätöntä tutkimuksen luotettavuuden kannalta.

Kokonaisuudessaan työ antaa vahvan käsityksen siitä, kuinka tarkkoihin yksityiskohtiin suunnittelutyössä tulee mennä, kun muutokset tulevat aidosti voimaan eivätkä jää vain suunnitteluasteelle. Suunnittelutyö itsessään on helppoa, mutta käytäntöön vieminen vaatii yritykseltä uskallusta.

Lähteet

- Casemet Oy. 2017. Mikemet Oy:n tuotannollisten toimintojen sulautumissuunnitelmasta Casemet Oy:hyn. Tiedote Casemetin www-sivuilta. Viitattu 8.6.2017
- Casemet Oy. 2017. Tervetuloa taloon-opas. Viitattu 7.6.2017.
- Casemet Oy. 2017. Yritysesittely Power Point. Viitattu 5.9.2017.
- Davis, M., Aquilano, N., & Chase, R. 1999. Fundamentals of Operations Management. Viitattu 25.9.2017.
- Eskola, J. & Suoranta, J. 2008. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. p. Jyväskylä: Gummerrus. Viitattu 16.5.2017.
- Greasley, A. 2013. Operations Management. 24.9.2017.
- Gross, J.M. & McInnis, K.R. 2003. Kanban Made Simple. Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process. E-kirja. Viitattu 26.5.2017.
- Haverila, M., Uusi –Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. p. Tampere: Infacs Oy. Viitattu 2.6.2017.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2010. Tutki ja kirjoita. 15.-16. p. Helsinki: Tammi. Viitattu 25.5.2017
- Hopp. W.J. & Spearman, M.L. 2008. Factory Physics. Viitattu 22.5.2017.
- Imuohjaus N.d. Artikkelin Logistiikan maailman www-sivuilla. Viitattu 26.5.2017. <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>
- Just-In-Time ja Imuohjaus N.d. Artikkelin Logistiikan maailman www-sivuilta. Viitattu 22.5.2017. <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>
- Kananen, J. 2010. Opinnäytetyön kirjoittamisen käytännönopas. Tampere: Tampereen Yliopistopaino Oy. Viitattu 19.9.2017.
- Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. 2013. Operation Management. Processes and Supply Chains. Viitattu 21.9.2017.
- Martinsuo, M., Mäkinen, S., Suomala, P. & Lyly-Yrjänäinen, J. 2016. Teollisuustalous kehittyvässä liiketoiminnassa. p. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy. Viitattu 21.5.2017.
- Milner, C. & Relph, G. 2015. Inventory Management. Advanced Methods for Managing Inventory within Business Systems. Viitattu 8.9.2017.
- Miltenburg, J. 2005. Manufacturing Strategy. How to Formulate and Implement a Winning Plan. Second Edition. Viitattu 2.6.2017.
- Muller, M. 2011. Essentials of Inventory Management. Viitattu 15.9.2017.

- Nicholas, J. 1998. Competitive Manufacturing Management. Continuous Improvement, Lean Production and Customer-Focused Quality. Viitattu 27.5.2017.
- Plenert, G. 2006. Reinventing Lean: Introducing Lean Management into the Supply Chain. E-kirja. Viitattu 4.9.2017.
- Ritvanen, V., Inkiläinen, A., Von Bell, A. & Santala, J. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Saarijärvi: Offset. Viitattu 21.5.2017.
- Stevenson, W, J. 2012. Operations Management: Theory and Practice. Viitattu 27.9.2017.
- Stewart, J. 2012. The Toyota Kaizen Continuum. A Practical Guide to Implementing Lean. Viitattu 9.9.2017.
- Tilauksen kohdennuspiste (OPP) N.d. Artikkele Logistiikan maailman www-sivuilla. Viitattu 27.8.2017. <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tilauksen-kohdennuspiste-opp/>
- Tuominen, K. 2010a. Lean – Kohti täydellisyyttä. p. Juva: WS Bookwell Oy. Viitattu 4.9.2017.
- Tuominen, K. 2010b. Tehoa ja laatua siisteyden ja järjestyksen kehittämiseen – 5S. p. Jyväskylä: WS Bookwell Oy. Viitattu 4.9.2017.
- Tuotannon layout N.d. Artikkele Logistiikan maailman www-sivuilla. Viitattu 26.5.2017. <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tuotannon-layout/>
- Tuotantomuodot N.d. Artikkele Logistiikan maailman www-sivuilla. Viitattu 24.5.2017. <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/tuotantomuodot/>
- Työntöohjaus N.d. Artikkele Logistiikan maailman www-sivuilla. 1.6.2017. <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>
- Varastonohjaus N.d. Artikkele Logistiikan maailman www-sivuilla. Viitattu 2.6.2017. <http://www.logistiikanmaailma.fi/huolinta-terminaalit/varastointi/varastonohjaus/>
- Waters, D. 2003. Inventory Control and Management. Viitattu 5.9.2017.

Liitteet

Liite 1. Nykyinen layout



Liite 2. Yrityksen yksikkövaihtoehdot

Bin name	Description	Weight [K]	Leng	Wid	Heig
Blue trolley 12	Sininen kärry				
Bluebox (100x150)	Laatikko 100x150	0	150	100	0
Bluebox (300x390)	Laatikko 300x390	0	300	390	0
Bluebox (400x600)	Laatikko 400x600	0	400	600	0
Bluebox (L170 x W105 x H75)	Sininen laatikko (L170xW105xH75) Arca9075	0,087	170	105	75
Bluebox (L250 x W148 x H130)	Sininen laatikko (L250xW148xH130) Arca9074	0,26	250	148	130
Bluebox (L350 x W206 x H150)	Sininen laatikko (L350xW206xH150)Arca9073	0,56	350	206	150
Bluebox (L350 x W206 x H200)	Sininen laatikko (L350xW206xH200) Arca9063	0,62	350	206	200
Bluebox (L390 x W185)	Laatikko 390x185	0	390	185	0
Bluebox (L400 x W230 x H150)	Sininen laatikko(L400xW230xH150)Arca9068	0,62	400	230	150
Bluebox (L500 x W230 x H150)	Sininen laatikko (L500xW230xH150)Arca9069	0,67	500	230	150
Bluebox (L500 x W310 x H200)	Sininen laatikko (L500xW310xH200)Arca9071	1,116	500	310	200
Bluebox (L600 x W230 x H150)	Sininen laatikko (L600xW230xH150) Arca9070	0,86	600	230	150
Carton box	Pahvilaatikko	0	0	0	0
EF Greybox (L295 x W185 x H80)	EF Harmaalaatikko (L295xW185xH80)	0,2898	295	185	80
Europallet	Pallet 1200x800				
Framepallet	Kauluslava	0	0	0	0
Gouge	U-kouru	0			
Greenbox	Laatikko 400x300	0	400	300	
Grey trolley 11	Harmaa kärry	0	0	0	0
GreyBox	Harmaa laatikko 80*60*30	0	800	600	300
Greybox (100x150)	Harmaa laatikko 100x150	0	150	100	0
Greybox (300x230)	Harmaa laatikko (300x230)	0	300	230	
Greybox (300x390)	Harmaa laatikko 300x390	0	300	390	0
Greybox (L170 x W105 x H75)	Harmaa laatikko (L170xW105xH75) Arca9075	0,087	170	105	75
Greybox (L250 x W148 x H130)	Harmaa laatikko (L250xW148xH130) Arca9074	0,26	250	148	130
Greybox (L350 x W206 x H150)	Harmaa laatikko (L350xW206xH150) Arca9073	0,56	350	206	150
Greybox (L350 x W206 x H200)	Harmaa laatikko (L350xW206xH200) Arca9063	0,62	350	206	200
Greybox (L390 x W185)	Harmaa laatikko 390x185	0	390	185	0
Greybox (L400 x W230 x H150)	Harmaa laatikko(L400xW230xH150)Arca9068	0,62	400	230	150
Greybox (L500 x W230 x H150)	Harmaa laatikko (L500xW230xH150)Arca9069	0,67	500	230	150
Greybox (L500 x W310 x H200)	Harmaa laatikko (L500xW310xH200)		500	310	200
Greybox (L600 x W230 x H150)	Harmaa laatikko (L600xW230xH150) Arca9070	0,86	600	230	150
Greybox (L600 x W400 x H150)	Harmaa laatikko (L600xW400xH150)Arca5894	0	400	600	150
Greybox (L600 x W400 x H230)	Harmaa laatikko (L600xW400xH230)		600	400	230
Greybox (L600 x W400 x H300)	Harmaa laatikko (L600xW400xH300)		600	400	300
Halfpallet	Puoliilava				
Item specific case	Tuotekohtainen kuljetuslaatikko				
Kevytlava		0			
Nippu	Nippu				
Pigeonholes	Lokerikko	0			
Plastic Box	Muovilaatikko				
Roll	Rulla	0			
Toimituspakkaus	Tuotekohtainen toimituspakkaus				
Trolley	Kärry	11,5			
Tube	Putki	0			

Liite 3. Uusi layout



