Metropolia Ammattikorkeakoulu
Tuotantotalouden koulutusohjelma

Markku Piiroinen

Tuotannon tehostaminen ABB:n System AC -tulosyksikön Durra-linjalla

Insinöörityö 4.5.2009

Ohjaaja: valmistuslinjapäällikkö Mika Erkkilä
Ohjaava opettaja: yliopettaja Antero Putkiranta

Metropolia Ammattikorkeakoulu **Insinöörityön tiivistelmä**

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Markku Piiroinen Tuotannon tehostaminen ABB Oy:n System AC -tulosyksikön Durra-linjalla 49 sivua 4.5.2009
Koulutusohjelma	tuotantotalous
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja Ohjaava opettaja	valmistuslinjapäällikkö Mika Erkkilä yliopettaja Antero Putkiranta

Tämän insinöörityön aiheena oli tutkia ABB Oy:n automaatiodivisioonaan kuuluvan, taajuusmuuttajia valmistavan, System AC -tulosyksikön Durra-tuotantolinjan tuotantoprosessia. Tutkimuksessa tavoitteena oli selvittää tuotannon ongelmakohdat ja antaa näihin kehitysehdotukset. Ongelmakohtien löytämisellä ja kehitysehdotuksilla tavoiteltiin mahdollisuutta tuotannon tehostamiseen ja läpimenoaikojen lyhentämiseen. Tämän lisäksi työssä oli tarkoitus esitellä tuotannon tehostamiseen liittyviä tuotantotalouden perusteorioita. Työn tavoitteet asetettiin yhteistyössä työntilaajan kanssa.

Tutkimus tehtiin tutustumalla tuotantolinjan tuotantoprosessiin, haastattelemalla tuotannon työntekijöitä ja toimihenkilöitä. Tuotantotalouden perusteorioihin tutustuttiin alan kirjallisuuteen tutustumalla.

Tutkimuksessa löydettiin tuotannosta useampia kehityskohteita, joista merkittävimpiä olivat asentajien keräilemien komponenttien määrä ja siihen kulunut aika sekä keskeneräisentuotannon määrä. Näiden lisäksi tutkimuksessa löydettiin joitakin pienempiä ongelmakohtia, kuten työntekijöiden kehitysehdotusten systemaattinen kerääminen. Työssä kehityskohteet on jaettu merkittävyytensä ja resurssivaatimusten mukaan. Insinöörityössä tehdyt kehitysehdotukset annettiin asiakasyritykselle, ja yritys itse päättää, mitkä ehdotukset toteutetaan ja miten.

Hakusanat	tuotannon tehostaminen, lean-valmistus, just in time, 5S, 7 turhuutta, taajuusmuuttaja, teollinen tuotanto

Helsinki Metropolia University of Applied Sciences **Abstract**

Author	Markku Piiroinen
Title	Improving frequency converter production at ABB Oy Durra production line
Number of Pages	49 (total number of pages including appendices)
Date	4 May 2009
Degree Programme	Industrial Management and Engineering
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor	Mika Erkkilä, Production Line Manager
Supervisor	Antero Putkiranta, Principal Lecturer, Ph:D

The purpose of this thesis was to study the production process at ABB Oy and its Durra production line. The goal of this study was to find out the problems in the production and then give suggestions how to improve these problems. The goal of these findings was to give suggestions which could improve the lead through times and to increase the profitability. The basic theories of industrial production are introduced in this thesis. The goals for this thesis were set in collaboration with the company who ordered this study.

The study was made by learning the production process and interviewing the workers and office personnel. The basic theories of industrial production were studied from the literature and the studies of this industry.

There were many targets for development found in the production. The most remarkable ones were the amount of components picked by the workers and the time wasted when doing the picking, and the amount of unfinished goods. There were also smaller targets for development found, such as how to systematically collect the development ideas from the workers. The development ideas are arranged by the significance and by the amount of resources needed to complete the ideas. The suggestions from this thesis were given to the company, and they will decide which ideas will be executed and how they will be executed.

Keywords	improving production, lean-manufacturing, just in time, 5S, 7 wastes, frequency converter, industrial production

Sisällys

Tiivistelmä

1 Johdanto 6

2 ABB:n yritysesittely 8

2.1 ABB-yhtymä 8
2.2 ABB Oy 10
2.3 ABB Oy:n Drives-yksikkö 11

3 Taajuusmuuttajat 13

3.1 Taajuusmuuttajan historiaa 13
3.2 Taajuusmuuttaja 13
3.3 Taajuusmuuttajan toiminta 15
3.4 Taajuusmuuttajalla saavutettavat hyödyt 16

4 Tuotantoteollisuus 17

4.1 Tuotannon tavoitteet 17
4.2 Tuotantoprosessit 19
4.3 Tuotantojärjestelmän ohjattavuus 20

5 Lean-valmistus 23

5.1 Seitsemän turhuutta 26
5.1.1 Kuljetukset 27
5.1.2 Ylituotanto 27
5.1.3 Varastointi 28
5.1.4 Liikkuminen 28
5.1.5 Odottaminen 29
5.1.6 Yliprosessointi 29
5.1.7 Virheelliset tuotteet ja osat 30

6 Tuotanto Durra-linjalla 31

6.1 Tuotannon nykytila 31
6.2 Tuotantoon vaikuttavat ohjattavuustekijät 31
6.3 Tuotantoprosessi 34
6.4 Tuotannon ongelmat 37

7 Kehitysehdotukset 39

7.1 Keräily 40
7.2 Jatkuva parantaminen 41
7.3 Läpimenoaikojen laskenta 42
7.4 Tuotannon jako pienempiin kokonaisuuksiin 43

8 Yhteenveto 44

Lähteet 46

Liitteet

Liite 1: Jatkuva parantamisen prosessikaavio 48
Liite 2: Jatkuva parantaminen -lomake 49

1 Johdanto

Työn tausta

Tämä insinöörityö tehtiin ABB Oy:n Drives-liiketoimintayksikön System AC -tulosyksikölle. Drives-yksikön tehdas sijaitsee Helsingin Pitäjänmäessä. Työssä tutustutaan System AC-tulosyksikön Durra-tuotantolinjan toimintaan. Durra-linjalla valmistetaan kahden eri tuoteperheen taajuusmuuttajia.

Työ tehtiin, koska Durra-linjan tuotantoa mitattaessa on havaittu, ettei merkittävää kehitystä ole tapahtunut tuottavuuden ja läpimenoajan mittareissa. ABB tilasi tutkimuksen, jossa tutustutaan kyseisen tuotantolinjan toimintaan ja tuotantomenetelmään. Tämän pohjalta lähdettiin etsimään kehityskohteita, jolla tuotantoa saadaan tehostettua.

Työn tavoite

Työn tavoitteena on tutustua Durra-linjan tuotantoprosessiin, löytää tuotantoprosessin ongelmakohdat ja pohtia näihin erilaisia kehitysehdotuksia, joilla tuotannosta saataisiin tehokkaampaa. Työssä on tarkoitus miettiä erilaisia kehitysmahdollisuuksia, jotka auttavat tuotannon läpimenoaikojen lyhentämisessä, pienentävät varastotasoja tehtaalla sekä parantavat tuotantolinjan tuottavuutta. Työssä on tarkoitus esitellä teollisen tuotannon perusteorioita, joiden pohjalta Durra-linjan tuotantoa voidaan tehostaa.

Työn rajaus

Työ rajataan toteutettavaksi ABB Oy:n Drives-liiketoimintayksikön System AC -tulosyksikön Durra-linjalle. Työssä esiteltävissä kehitysehdotuksissa ei tule käyttää teknisiä ratkaisuja kuten robotteja, kuljettimia tai muita vastaavia. Työn suorittamiseen ei sisälly kehitysehdotuksien toteuttamista, mutta osa esiin tulleista kehitysehdotuksista on toteutettu työn teon aikana.

Työn toteutus ja eteneminen

Työ tehtiin tutustumalla linjan eri toimintoihin. Tutustumiseen sisältyi haastatteluja asentajien, tuotannonsuunnittelijan ja linjan työnjohtajan kanssa. Ideoita kehitysehdotuksiin haettiin myös tutustumalla kahteen taajuusmuuttajia alihankintana valmistavaan yritykseen.

Työssä esitellään aluksi ABB-yhtymä ja työn tilannut ABB Oy. Tämän jälkeen tutustutaan ABB Oy:n liiketoimintayksiköihin ja erityisesti taajuusmuuttajia valmistavaan Drives-yksikköön. Yritysesittelyn jälkeen esitellään Drives-yksikössä valmistettava tuote eli taajuusmuuttaja.

Teoriaosuudessa tutustutaan aluksi tuotannon tavoitteisiin, eri tuotantoprosesseihin ja tuotantojärjestelmän ohjattavuuteen. Tämän jälkeen tutustutaan tarkemmin lean-valmistukseen ja tarkemmin ottaen menetelmiin kuten 5S, Just-in-Time ja seitsemän hukan poistamiseen. Työssä esitellään Durra-linjan tuotantoprosessi ja sen osat. Sen jälkeen työssä tuodaan esiin tuotannossa esiintyvät ongelmakohdat, joihin lähdetään etsimään kehitysehdotuksia.

2 ABB:n yritysesittely

2.1 ABB-yhtymä

ABB on yksi alansa johtavista sähkövoima- ja automaatio-teknologiayhtymistä, jonka tuotteet, järjestelmät ja palvelut pyrkivät parantamaan teollisuus- ja energiayhtiöasiakkaiden kilpailukykyä ympäristömyönteisesti. ABB:n visiona on auttaa asiakkaitaan hyödyntämään sähköä tehokkaasti, tuottavasti ja ympäristöystävällisesti. (ABB Oy Intranet 2009.)

ABB, Asea Brown Boveri Ltd. syntyi vuoden 1988 tammikuun 5. päivä, kun ruotsalainen Asea sekä sveitsiläinen BBC Brown Boveri päättivät yhdistyä yhdeksi yritykseksi. Nykyään yrityksestä käytetään nimeä ABB. Yrityksen pääjohtajana toimii amerikkalainen Joseph Hogan. Hänet nimettiin tehtävään 17. heinäkuuta 2008. ABB:n pääkonttori sijaitsee Sveitsissä, Zürichissä. Henkilöstöä ABB:llä on noin 120 000 henkilöä ja toimintaa noin sadassa maassa. (ABB Oy Intranet 2009.)

ABB:n toiminta jakautuu viiteen eri divisioonaan seuraavasti: sähkövoimatuotteet, sähkövoimajärjestelmät, automaatiotuotteet, prosessiautomaatio ja robotit. Sähkövoimatuotedivisioona tuottaa muuntajia, suur- ja keskijännitekojeistoja, katkaisijoita sekä releitä. Sähkövoimajärjestelmä-divisioona tekee muun muassa sähköasemia, sekä voimalaitos- ja verkostoautomaatioita. Automaatiotuotedivisioonan tuotteisiin kuuluvat pienjännitetuotteet, taajuusmuuttajat, moottorit, tehoelektroniikka sekä instrumentointi. Prosessiautomaatiodivisioona tuottaa prosessiteollisuuden sähkö- ja automaatiojärjestelmiä sekä laivojen sähkö- ja propulsiojärjestelmiä. Robotit-divisioona valmistaa robotteja ja niiden oheislaitteita sekä teollisuuden moduulituotantoratkaisuja. (ABB Oy Intranet 2009.)

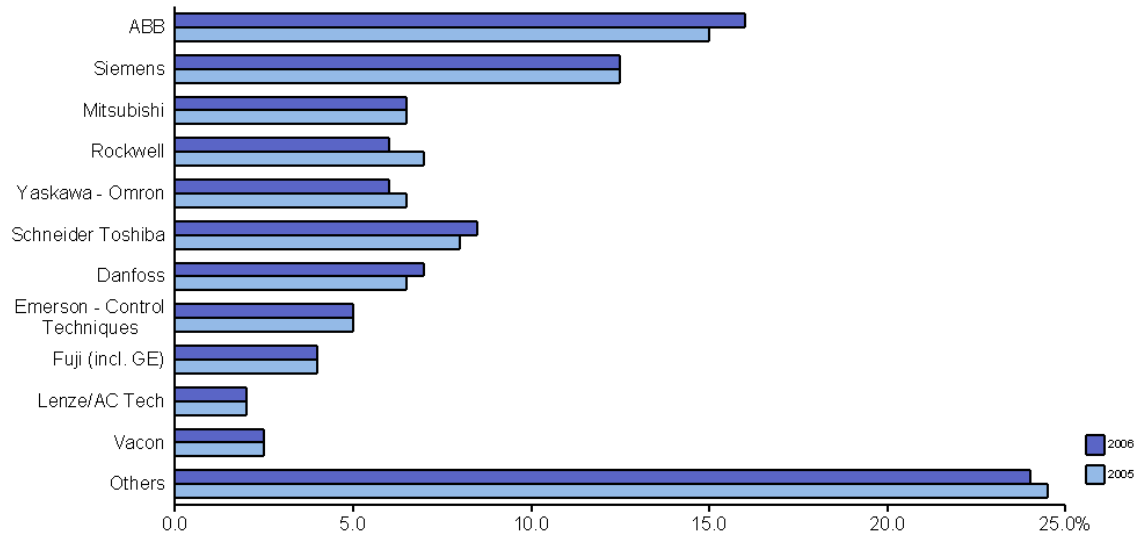
ABB-yhtymä jatkoi viime vuonna kasvuaan huomattavasti. Yhtymän liikevaihto oli 34,9 miljardia USA:n dollaria ja kasvua viime vuoteen liikevaihdon osalta noin 20 prosenttia. Nettotulos pieneni hieman edellisvuoteen verrattuna (taulukko 1).

Taulukko 1. ABB yhtymän avainluvut 2008. (ABB Oy Intranet 2009.)

(MUSD)	2008	2007
Saadut tilaukset	38282	34348
Liikevaihto	34912	29183
EBIT	4552	4023
EBIT-marginaali (%)	13,0%	13,8 %
Nettotulos	3118	3757
Operatiivinen kassavirta	3958	3054
Pääoman tuottoprosentti	30,8%	35,3%

ABB on markkinaosuuksien valossa maailman suurin taajuusmuuttajien valmistaja. ABB:n markkinaosuus oli vuonna 2006 noin 16 prosenttia, kasvua edellisvuoteen verrattuna noin 1 prosentti. ABB:n kovimmat kilpailijat taajuusmuuttajavalmistuksessa ovat Siemens ja Schneider Toshiba sekä kotimaisilla markkinoilla vaasalainen Vacon (taulukko 2).

Taulukko 2. Taajuusmuuttaja-alan markkinaosuudet vuonna 2006. (ABB Oy Intranet 2009.)



2.2 ABB Oy

Suomessa toimivan ABB Oy:n merkittävä asema perustuu Gottfrid Strömbergin Helsinkiin 1889 perustamaan sähköteknisen alan yhtiöön. Oy Strömberg Ab siirtyi Asean omistukseen vuonna 1987. Suomessa on siis sähkövoima- ja automaatioteknologioiden erityisosaamista jo 120 vuoden ajalta. ABB Oy:n toimitusjohtajana toimii Mikko Niinivaara. (ABB Oy Intranet 2009.)

Suomessa ABB toimii yli 40 paikkakunnalla. Merkittävimmät tehdaskeskittymät sijaitsevat Helsingissä ja Vaasassa. Henkilöstöä yrityksessä on noin 6650 henkilöä. Näistä Helsingissä työskentelee noin 2800 henkilöä ja Vaasassa 2350 henkilöä. Helsingin Pitäjänmäellä sijaitsevalla tehdasalueella sijaitsee sähkömoottoreita ja generaattoreita valmistava konetehdas sekä taajuusmuuttajia valmistava elektroniikkatehdas. Myös Service-yksikön tilat sijaitsevat Helsingissä. Vaasan Strömberg Parkissa valmistetaan muun muassa pienjännitekojeita, oikosulkumoottoreita ja muuntajia. (ABB Oy Intranet 2009.)

ABB Oy:n liikevaihto vuonna 2007 oli hieman yli 2 miljardia euroa. Kasvua edelliseen vuoden liikevaihtoon verrattaessa tuli 19 prosenttia. ABB Oy:n tilauskanta kasvoi valtaisasti vuoteen 2006 verrattuna 35 prosenttia (taulukko 3).

Taulukko 3. ABB Oy:n avainluvut 2007. (ABB Oy Intranet 2009.)

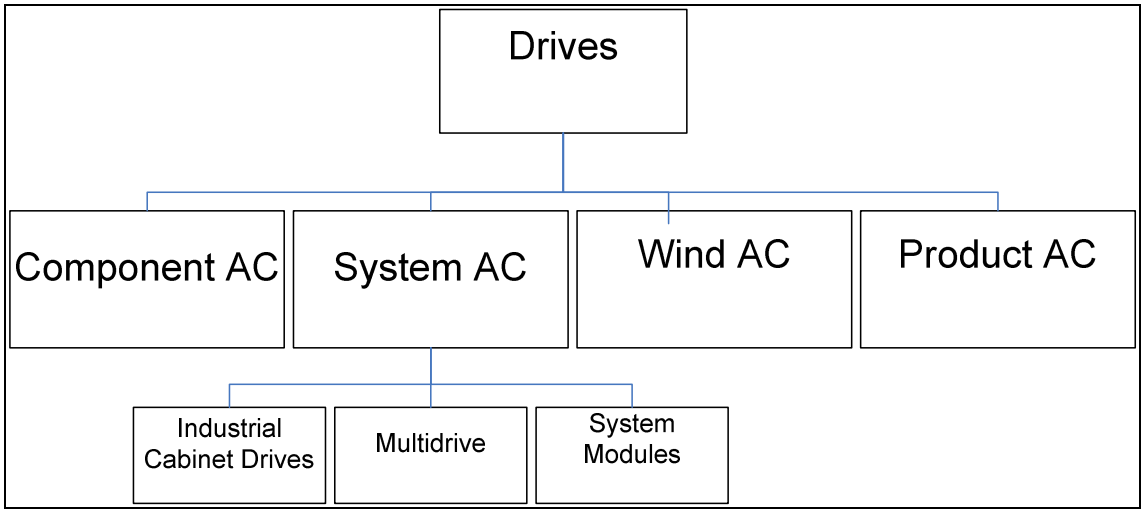
(MEUR)	2007	2006
Saadut tilaukset	2297	2005
Vienti	1813	1574
Liikevaihto	2002	1682
T&K	117	112
Tilauskanta	1220	907
Henkilöstö	6651	6131

Liiketoiminnoittain katsottaessa ABB Oy:n liikevaihdollisesti suurin liiketoiminto on automaatiotuotteet. Muut merkittävät liiketoiminnot Suomessa ovat prosessiautomaatio, sähkövoimatuotteet ja service, joka tuottaa huolto- ja kunnossapitopalveluita asiakkailleen. (ABB Oy Intranet 2009.)

2.3 ABB Oy:n Drives-yksikkö

ABB Oy:n Drives-liiketoimintayksikkö, jolle tämä työ tehdään, sijaitsee Helsingin Pitäjänmäen elektroniikkatehtaalla. Drives-yksikössä valmistetaan pienjännitetaajuusmuuttajia teholuokille 0,12 kW – 5600 kW. Drivesissä työskentelee noin 930 henkilöä, joista noin 280 henkilöä työskentelee tuotekehityksen tehtävissä. Helsingin tehdas on maailman suurin taajuusmuuttajia valmistava tehdas. (ABB Oy Intranet 2009.)

ABB:n automaatiotuotedivisioonaan kuuluva Drives-yksikön organisaatio jakaantuu neljään eri tulosyksikköön (kuva 1). Tulosyksiköt jakautuvat osittain taajuusmuuttajien koon ja käyttötarkoituksen mukaan, mutta myös liiketoimintojen eroavaisuuksien vuoksi. Helsingissä toimiva tehdas vastaa taajuusmuuttajien tutkimuksesta, kehityksestä ja markkinoinnista. (ABB Oy Intranet 2009.)



Kuva 1. ABB Oy:n Drives-yksikön organisaatiokaavio (ABB Oy Intranet2009).

Tulosyksiköt jakautuvat seuraavasti:

- Component AC (CAC): Tuotantoprosessi on tyypiltään varastoon ohjautuvaa tuotantoa (MTS). Tuotteet varastoidaan keskusvarastoissa, joista jakelu tapahtuu ympäri maailmaa.
- System AC (SAC): Kaapitettujen taajuusmuuttajien tuotantoprosesseina ovat tilauksesta suunniteltu (ETO) sekä tilauksesta kokoonpantu (ATO). Moduulit valmistetaan aina tilauksesta kokoonpantuina. Erilliskäyttöjen valmistuksessa tuotteet tehdään joko tilauksesta suunniteltuina tai tilauksesta kokoonpantuina. Linjakäyttöön tulevat taajuusmuuttajat aina suunnitellaan tilauksesta.
- Product AC (PAC): Tuotantoprosessina on pääasiallisesti tilauksesta kokoonpantu, mutta joitain tuotteita tehdään myös varastoon ohjautuvasti. Tuotteet ovat suurempi tehoisia ja fyysiseltä kooltaan isompia kuin Component AC:n tuotteet.
- Wind AC (WAC): Tuotteet valmistetaan tuulivoimalakäyttöön, ja ne ovat nestejäähdytettyjä. Tuotteiden valmistusprosesseina on varasto-ohjautuva, tilauksesta kokoonpantu sekä jotkut laitteet myös suunnitellaan tilauksesta.

(ABB Oy Intranet 2009.)

Tulosyksikkö, johon tämä työ tehdään, on System AC. Kyseinen tulosyksikkö jakautuu vielä kolmeen eri osaan, jotka ovat Industrial Cabinet Drives, Multidrive ja System Modules. System Modules on vastaa tulosyksikön moduulituotannosta. Moduuleja valmistetaan sekä suoraan asiakkaalle että tehtaan sisälle kaapituspuolelle. Multidrive valmistaa linjakäyttöjä, joilla ohjataan yleensä useampia moottoreita, kun Industrial Cabinet Drives taas valmistaa erilliskäyttöjä, joilla ohjataan yhtä moottoria. (ABB Oy Intranet 2009.)

3 Taajuusmuuttajat

3.1 Taajuusmuuttajan historiaa

Suomessa taajuusmuuttajien kehittely on aloitettu jo 1960-luvulla. Vuonna 1976 Oy Strömberg Ab valmisti nykymuotoisen taajuusmuuttajan ensimmäisen version, nimeltään SAMI. Ensimmäinen merkittävä kehitysaskel saavutettiin vuonna 1981, jolloin valmistui ensimmäinen mikroprosessoreita hyödyntävä SAMI B. Mikroprosessorien ansiosta asetusten vaihtaminen muuttui kolvaamisesta parametrien vaihtamiseksi. (Ojanperä 2000.)

Toinen merkittävä kehitysaskel taajuusmuuttajavalmistuksessa koettiin vuonna 1995, jolloin nimensä Oy Strömberg Ab:sta ABB Oy:ksi muuttanut yritys toi markkinoille Direct Torque Control -tekniikan (DTC). DTC-tekniikka mahdollisti sen, että taajuusmuuttajia voitiin ottaa käyttöön tasavirta-, vaihtovirta- sekä servokäyttöihin. Suurin DTC-tekniikan tuoma hyöty saatiin siinä, että se mahdollisti viiveettömän momentin säädön tehopuolijohteiden alhaisilla kytkentätaajuuksilla. Tällä saavutettiin yhtä aikaa erinomainen säätökäyttäytyminen sekä hyvä taajuusmuuttajan hyötysuhde. (Ojanperä 2000.)

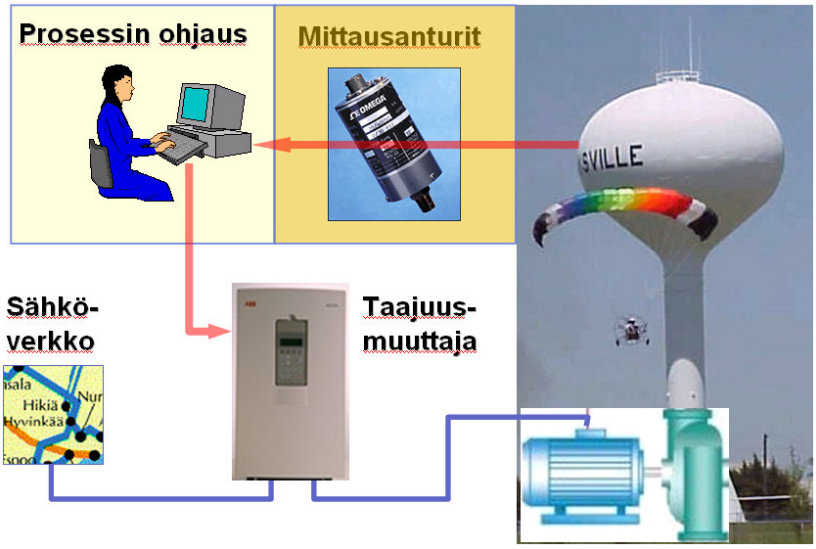
3.2 Taajuusmuuttaja

Helsingin Pitäjänmäen elektroniikkatehtaalla valmistettavista taajuusmuuttajista on tullut sähkön käyttötekniikan yksi merkittävimmistä kehityshankkeista. Se on sähkölaite, joka kytketään kahden erillisen sähköverkon välille. Yleisin taajuusmuuttajan käyttökohde on sähkömoottorin tai -generaattorin ja valtakunnallisen sähköverkon väliin kytketty taajuusmuuttaja. Tässä tapauksessa taajuusmuuttaja vastaa moottorin tai generaattorin ohjauksesta. (Taajuusmuuttaja 2008.)

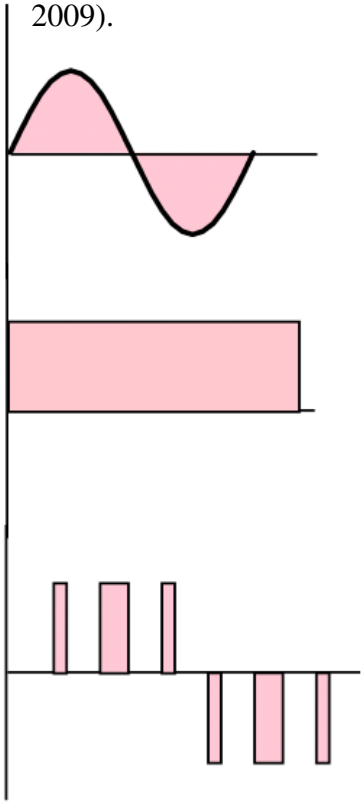
Taajuusmuuttajaa käyttämällä sähkömoottori saadaan pyörimään prosessin vaatimusten mukaisella nopeudella. Tämän ansiosta moottorilla suoritettava prosessi usein tehostuu merkittävästi. Jos sähkömoottori kytkettäisiin suoraan valtakunnalliseen sähköverkkoon, niin se pyörisi verkon taajuuden määräämällä nopeudella. Taajuusmuuttajan puuttuessa prosessin säätämiseen on käytettävä muita keinoja, esimerkiksi vaihteistoja. Taajuusmuuttaja mahdollistaa moottorin pyörimisnopeuden portaattoman säädön muuttamalla moottorille syötettävää taajuutta. (Taajuusmuuttaja 2008.)

3.3 Taajuusmuuttajan toiminta

Taajuusmuuttajaa käytetään ohjaamaan sähkömoottoria. Moottorin ohjaus suoritetaan mittausanturien arvojen perusteella (kuva 2). Taajuusmuuttajan tekemä taajuuden muutos esitetään kuvassa 3.



Kuva 2. Taajuusmuuttajan toimintaperiaate (ABB Oy Intranet 2009).



- Verkon vaihtojännite, (esim. 400 V , 50 Hz) tasasuunnataan
- Tasajännite (noin 550V) suodatetaan mahdollisimman tasaiseksi
- Tasajännite muutetaan säädettäväksi vaihtuvataajuiseksi jännitteeksi, joka liitetään vaihtovirtamoottoriin
- Moottorin nopeutta voidaan nyt muuttaa muuttamalla taajuusmuuttajan lähtötaajuutta

Kuva 3. Taajuusmuuttajan tekemä tajuuden muutos(ABB Oy Intranet 2009).

3.4 Taajuusmuuttajalla saavutettavat hyödyt

Taajuusmuuttajan käytöllä saavutetaan muun muassa seuraavat neljä merkittävää etua, jotka ovat:

- Energian säästö
- Prosessin tarkka ja helposti toteutettava säätö
- Pehmeä käynnistys ja pysäytys moottorille
- Kapasiteetin nosto mahdollista ilman lisäinvestointeja

(ABB Oy Intranet 2009.)

Nykyisessä maailmantilanteessa energiankäytön tehokkuuden merkitystä ei voi korostaa liikaa. Yksi taajuusmuuttajan merkittävimmistä eduista on juuri energian säästö. Kun moottori voidaan taajuusmuuttajan avulla säätää toimimaan juuri prosessin tarpeen mukaisesti, vähenee sähkönkulutus huomattavasti. Merkittävimmät energian säästöt saavutetaan pumppu- ja puhallinkäytössä, koska näissä energian tarve pienenee suhteessa nopeuden kolmanteen potenssiin. Useissa pumpuissa saavutetaan jopa yli 50 prosentin energian säästö. Suurilla pumppaustehoilla tämä voi merkitä myös hyvin suurta rahan säästöä. (Taajuusmuuttaja 2008.)

Suomessa on laskettu, että jos kaikki soveliaat moottorit varustettaisiin taajuusmuuttajalla, voitaisiin säästää satoja megawatteja sähköä. Uusissa kiinteistöissä taajuusmuuttajia käytetään jo ohjaamaan ilmanvaihtoa juuri oikean tarpeen mukaisesti, mutta vanhoihin kiinteistöihin soveltuvia käyttökohteita löytyy valtavasti. (Taajuusmuuttaja 2009.)

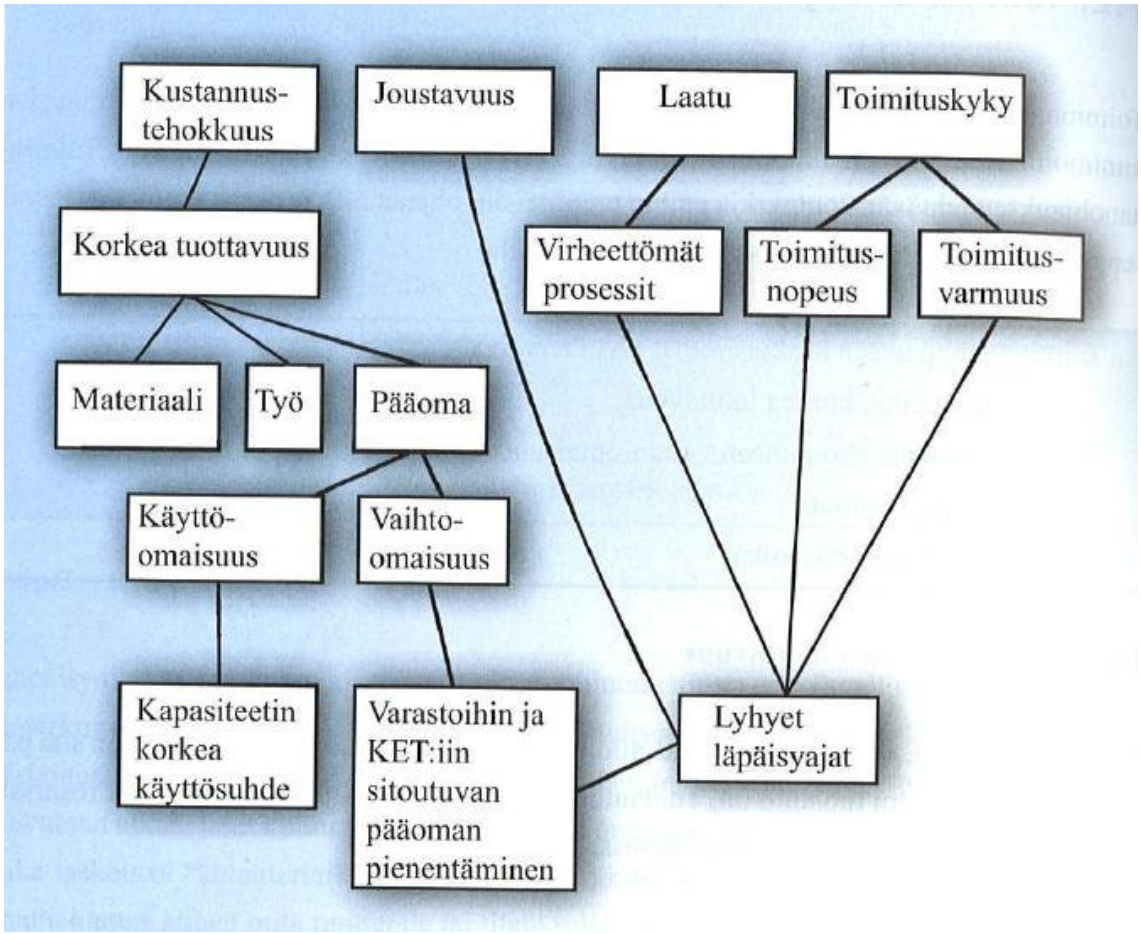
4 Tuotantoteollisuus

4.1 Tuotannon tavoitteet

Tehokkaan tuotannon tavoitteiksi yleisesti asetetaan seuraavat tavoitteet:

- tuotesuunnittelun mukainen laatu
- alhaiset valmistuskustannukset, eli kustannustehokkuus
- toimituskyky, joka tarkoittaa nopeaa toimitusaikaa, luvatun toimituspäivän toteutumista sekä lyhyttä läpäisyaikaa
- joustavuus eli kykyä vastata kysynnän vaihteluihin.

(Kuva 4.)



Kuva 4. Tuotannon tavoitteet. (Haverila ym. 2005: 403.)

Näitä tuotannon tavoitteita pidetään yleensä ristiriitaisina, minkä seurauksena käytännön tilanteissa joudutaan tekemään valintoja tavoitteita asetettaessa. Tuotannon tavoitteiden valinnan tulisi perustua yrityksen strategiaan ja asiakkaiden tarpeisiin. (Lehtonen 2004: 61; Haverila ym 2005: 357.)

Kustannustehokkuus on yksi yrityksen tärkeimmistä tavoitteista. Tuotannon kokonaiskustannukset tulee pyrkiä pitämään alhaalla hyödyntäen resurssit tehokkaasti ja pitämällä tuotantoon sitoutunut pääoma mahdollisimman pienenä. Kustannustehokkuudella saadaan pienennettyä yksikkökustannuksia, jolloin yritys on kannattavampi ja hintakilpailukyvyltään parempi. (Haverila ym. 2005: 357.)

Laadulla tarkoitetaan tuotteen vastaamista asiakkaan tarpeisiin. Tuotannossa laatu tarkoittaa tuotteen ja itse prosessin virheettömyyttä. Tuotannon tavoitteena on, että tuote vastaa laadultaan tuotteen määrittelyä sekä asiakkaan sille asettamia vaatimuksia. Tuotantoprosessista tulee olla poistettu kaikki virhelähteet, koska virheet aiheuttavat kustannuksia ja häiriötilanteita suunniteltuun tuotantoprosessiin. Toiminnassa ilmenevät virheet aiheuttavat usein ongelmia toimitusvarmuudessa. (Haverila ym. 2005: 357.)

Tuotannon aikavaatimukset jakaantuvat kahteen eri osaan, jotka ovat toimitusnopeus ja läpimenoaika. Toimitusnopeuden kehittäminen vaatii nopeasti toimivaa tilaus-toimitusprosessia. Erityisen merkityksellistä toimitusnopeus on asiakasohjautuvassa tuotannossa, jossa tuote valmistetaan asiakkaan tilauksen pohjalta. Tuotantoprosessin läpimenoaikaa pyritään lyhentämään, koska läpimenoajan lyhentämisen on havaittu tehostavan prosesseja, parantavan toiminnan laatua ja pienentävän tuotannon kustannuksia. (Haverila ym. 2005: 357.)

Joustavuudella tarkoitetaan sitä, kuinka nopeasti ja kustannustehokkaasti tuotantoprosessia voidaan muuttaa. Joustavuudella voidaan tarkoittaa volyymijoustavuutta, tuotemixin vaihtelun joustavuutta, uusien tuotteiden toteutuksen nopeutta sekä uusien teknologistenratkaisujen käyttöön oton nopeutta. Volyymijoustavuus tarkoittaa tuotannon kykyä mukautua menekin vaihteluun. Joustavuus tuotemixin muutoksille tarkoittaa tuotannon sopeutumiskykyä vastata eri tuotetyyppien menekin vaihteluun. Käytännössä tämä tarkoittaa nopeutta, jolla resurssit saadaan siirtää toisentyyppisen tuotteen valmistukseen. Toimialoilla, joilla tuotteiden muutosnopeus on suuri, on suuri merkitys sillä, kuinka nopeasti uudet tuotteet saadaan tuotantoon. Joustavuudella uuden teknologian käyttöönotossa tarkoitetaan yrityksen kykyä käyttöönottaa uusia laitteita, koneita ja järjestelmiä. Nopea käyttöönotto kehittää yrityksen kilpailukykyä tehokkaasti. (Haverila ym. 2005: 358.)

Tuotannon tavoitteet voidaan kiteyttää siten, että tuotannon tehtävänä on valmistaa ja toimittaa tuotteet haluttuna aikana, oikean määräisenä sekä laadultaan tarkoituksenmukaisina, mahdollisimman vähän kustannuksia aiheuttaen. (Haverila ym. 2005: 359.)

4.2 Tuotantoprosessit

Tuotantoprosessit voidaan jakaa yleisesti ottaen viiteen eri vaihtoehtoon. Nämä vaihtoehdot ovat projekti-, yksittäis-, erä-, valmistuslinja- ja prosessituotanto.

Projektituotannolla tarkoitetaan yksittäisten asiakkaan tarpeiden mukaan suunniteltavien projektien, kuten talojen tai tehtaiden rakentamista tai kokoamista. Nämä yleensä rakennetaan tai kootaan niiden lopullisella paikallaan. Yksittäistuotanto on hyvin lähellä projektituotantoa. Yksittäistuotannolla tarkoitetaan esimerkiksi asiakkaan tarpeiden mukaan räätälöityjen koneiden rakennusta. Sekä projektituotantoon että yksittäistuotantoon kuuluu olennaisesti itse valmistuksen ohella myös tuotteen ainutkertainen suunnittelu. (Lehtonen 2004: 61.)

Erätuotannolla tarkoitetaan tuotantomuotoa, jossa samaa tuotetta tehdään toistuvasti, mutta ei kuitenkaan koko ajan. Tuotevalikoima on erätuotannossa laaja, mutta tuotanto tehdään yleiskäyttöisillä laitteilla ja koneilla. Valmistus tehdään yksittäisten kappaleiden sijaan useamman kappaleen erissä, koska tuotteen vaihtaminen aiheuttaa asetusaikojen kasvua, josta taas seuraa kustannusten kasvua. Erätuotannossa tulisikin kiinnittää huomiota erityisesti asetusaikojen lyhentämiseen. (Lehtonen 2004: 62.)

Valmistuslinjatuotanto on suunniteltu tietyn tuotteen tai tuoteperheen valmistamiseksi mahdollisimman kustannustehokkaasti. Valmistuslinjatuotanto on erityisen suosittua muun muassa autoteollisuudessa. Valmistuslinjalla ei saisi olla asetusaikoja. Valmistuslinjamuotoisessa tuotannossa on erityisen tärkeää, että tuotanto saadaan mahdollisimman häiriöttömäksi. Jos valmistuslinjalle ei ole sijoitettu puskurivarastoja, häiriö pysäyttää koko valmistuslinjan. (Lehtonen 2004: 62.)

Prosessituotannolla tarkoitetaan prosesseja, joissa hyvin suuren volyymin omaavia tuotteita pyöritetään taukoamatta. Sellun valkaisu ja öljynjalostus ovat prosessituotantoa selvimmillään. (Lehtonen 2004: 62.)

4.3 Tuotantojärjestelmän ohjattavuus

Tuotantojärjestelmän ominaisuuksilla on merkittävä yhteys tuotannon tehokkuuteen ja ohjauksen tehtäviin. Tuotantojärjestelmän ominaisuudet vaikuttavat olennaisesti tuotannon tavoitteiden saavuttamiseen, ohjaukseen liittyviin tehtäviin ja ongelmiin sekä käytössä oleviin ohjausperiaatteisiin ja –menetelmiin. Toiminnanohjauksen tavoitteiden saavuttamista voidaan usein kehittää parhaiten tuotantojärjestelmän ominaispiirteitä kehittämällä. Läpimenoaikojen lyhentäminen tuotannossa on yksi tehokkaimmista toiminnanohjauksen kehittämismenetelmistä. (Haverila ym. 2005: 405.)

Tuotantojärjestelmän ohjattavuus kuvaa järjestelmän kykyä reagoida ohjausmuuttujiin. Useat tuotannon organisoinnin ja tuotantojärjestelmän asiat vaikuttavat tuotannon ohjattavuuteen. (Haverila ym. 2005: 405.)

Tuotantojärjestelmän ohjattavuustekijät on jaettu kahteen eri kategoriaan, jotka ovat sisäiset ja ulkoiset tekijät. Seuraavassa on nämä eri tekijät lueteltuna:

Sisäiset tekijät

- tuotantomuoto
- läpimenoaika
- valmistuserien suuruus
- materiaalivirtojen selkeys
- layoutin selkeys
- tuotantoyksikön koko
- henkilöstön osaaminen
- henkilöstön motivaatio
- toiminnan organisointiperiaatteet
- toiminnan laatu
- tuotantoprosessin laaduntuottokyky
- kapasiteetin joustavuus tuotantomäärän, tuotemixin ja tuotetyypin muutoksille
- lisäkapasiteetin saatavuus
- keskeneräisen tuotannon määrä
- tuotteiden ja tuotevariaatioiden määrä
- materiaalinimikkeiden määrä
- ohjattavien työvaiheiden määrä.

(Putkiranta 2006.)

Ulkoiset tekijät:

- markkinat
- suhdanteet
- ssiakkaat
- toimittajat
- yhteistyökumppanit
- SCM
- teknologia
- talous
- toimitusaikavaatimus
- toimitusaikajousto
- asiakaskohtaiset tuotevaatimukset
- menekin ennustettavuus
- materiaalien toimitusaika
- materiaalimenekin ennustettavuus ja saanti
- toimitusaikojen pitävyys
- lakot ja muut häiriöt.

(Putkiranta 2006.)

5 Lean-valmistus

Lean-valmistuksen lähtökohta

Lean-valmistus on tuotantofilosofia, joka mieltää resurssien käytön muuhun kuin lisäarvon tuottamiseen asiakkaan haluamalle lopputuotteelle resurssien hukkaamiseksi, ja siten niistä täytyy päästä eroon. Lean-valmistuksen perusajatus on arvon lisääminen vähemmällä työllä. Aiemmin tämä tuotantofilosofia tunnettiin Toyota Production Systeminä (TPS) ja lean-nimitys vakiintui 1990-luvulla. (Lean Manufacturing 2009; A Brief History of Lean 2009.)

Lean-valmistus perustuu useisiin eri menetelmiin, joilla mahdollistetaan tuotannon tehostuminen. Näitä ovat muun muassa 5S-järjestelmä, imuohjaus, Just in Time -ajattelu sekä seitsemän turhuuden poisto. Näillä menetelmillä mahdollistetaan tuotannon läpimenoaikojen lyhentyminen, kapasiteetin maksimointi sekä tuottavuuden parantuminen. (Lean Manufacturing 2009.)

5S-järjestelmä

5S on systemaattinen tapa parantaa tuottavuutta, laatua ja turvallisuutta, ja se voidaan ottaa käyttöön alalla kuin alalla. 5S on lean-valmistuksen yksi osa-alue, jonka avulla voidaan luoda visuaalisesti miellyttävä työpaikka. 5S keskittyy luomaan hyvän järjestyksen, parantamaan siisteyttä ja standardoimaan työmenetelmiä. 5S:n menetelmät ovat hyvin yksinkertaisia ja voi tuntua itsestään selviltä asioilta, mutta silti ne ovat hyvin harvoin tehokkaasti ja järjestelmällisesti tuotannon käytössä. (Hudgik 2009.)

5S koostuu seuraavasta viidestä osa-alueesta:

- Sorteeraus. Työpisteeltä tulee poistaa kaikki tarpeettomat tavarat. Tällä saadaan vapautettua tilaa työpisteeltä ja poistettua turhat työkalut työpisteeltä.
- Systematisointi. Työpisteen tavarat tulee järjestellä systemaattisesti siten, että niiden järjestelyllä autetaan työn tehostumista. Työkalujen kuuluu olla siellä, missä niitä käytetään. Systematisointiin kuuluu oleellisesti alueiden rajaamiset ja erilaisten säilytysmenetelmien kehittäminen.
- Siivous. Työpiste tulee siivota päivittäin. Tällä parannetaan työviihtyvyyttä ja turvallisuutta.
- Standardisointi. Sekä työpiste että työmenetelmät tulee olla standardisoituja. Muun muassa työkaluille pitää olla määrätty paikka ja työmenetelmille tietty järjestys. Tällöin kaikki työntekijät tietävät, mitä heidän tehtäviinsä kuuluu.
- Seuranta. Kun kaikki edellä mainitut kohdat on saatu kuntoon, tulee pitää huolta, että sovittuja menetelmiä noudatetaan myös jatkossa.

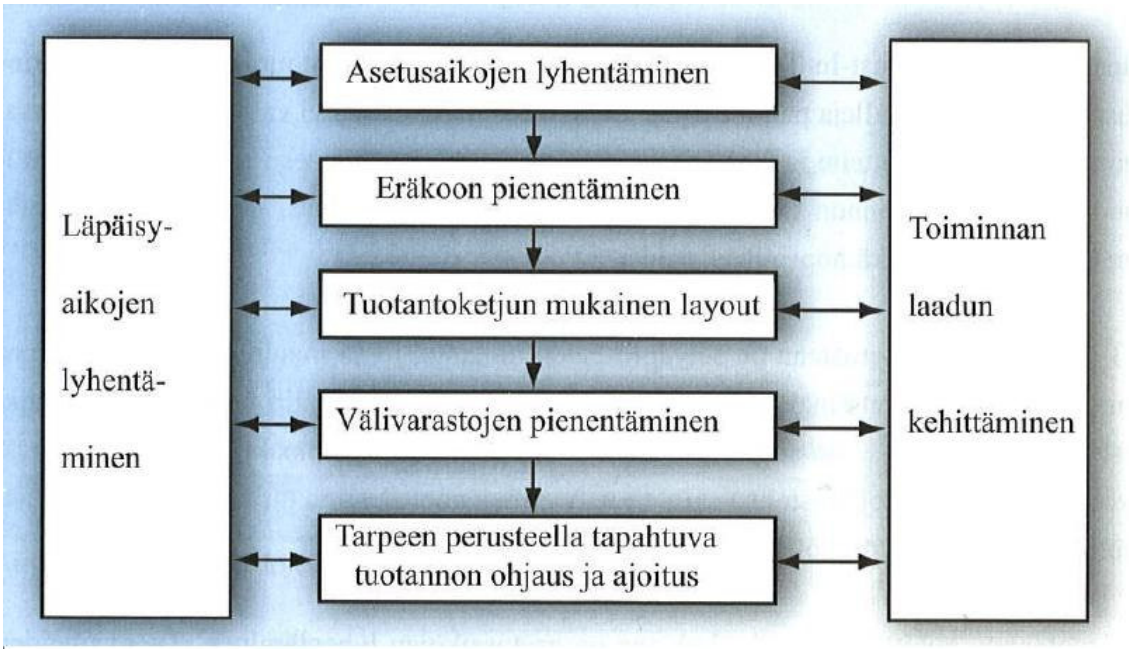
(5S 2009.)

Just in Time -menetelmä

Just in Time -menetelmä on johtamisfilosofia, jonka avulla voidaan pienentää valmistuskustannuksia. Ideaalisesti JIT:n avulla valmistus voidaan toteuttaa siten, että täydellisesti vastataan asiakkaan toiveita. Menetelmässä käytetään signaaleja, jotka kertovat edelliselle työvaiheelle, että uuden kappaleen valmistuksen voi aloittaa. JIT -menetelmän keksijänä pidetään Toyotalla työskennellyttä Taiichi Ohnoa. (Tolani 2009.)

JIT-menetelmän perustana on hyvin suunniteltu ja selkeä tuotanto, jossa tuotantoprosessi ja materiaalivirrat on hyvin suunniteltu ja toteutettu tehokkaasti ja selkeästi. JIT-menetelmässä tehtaan layoutin ja materiaalivirtojen tulee olla selkeät. Tämä tuotantojärjestelmä sallii vaihteluja tuotetyyppeihin saman tuoteperheen sisällä, mutta kokonaisvolyymin tulee olla tasainen, jotta menetelmän edut saadaan käyttöön. (Haverila ym. 2005: 428.)

Tuotantopuolella JIT-menetelmän perustana on asetusaikojen pienentäminen. Lyhyiden asetusaikojen ansiosta tuotantoa pystytään tekemään pienempinä eräkokoina. Pienemmät eräkoot lyhentävät automaattisesti tuotannon läpäisyaikoja. (Kuva 5.)



Kuva 5. JIT-tuotannon kehittämisen vaiheet (Haverila ym. 2005: 429.)

Tuotannon layout tulee suunnitella tuotteen työnkulun perusteella. Tällä pystytään vähentämään keskeneräisen tuotannon aiheuttamia varastoja. Vähentyneen keskeneräisen tuotannon määrän ansiosta sitoutuneen pääoman määrä vähenee myös. JIT-toimintamallia käyttävillä yrityksillä pääoman tuottavuus on yleensä parempi kuin kilpailijoilla. (Haverila ym. 2005: 428–429.)

JIT-toimintamalli edellyttää toimiakseen korkeaa toiminnan laatua. Laatuvirheiden aiheuttamat kokonaiskustannukset ovat merkittävät, koska laatuvirhe voi aiheuttaa koko tuotannon pysähtymisen. JIT-toiminta auttaa tuotannon nopeuden ja sen selkeyden vuoksi löytämään virheet ja virheiden syyt. (Haverila ym. 2005: 428–429.)

5.1 Seitsemän turhuutta

Lean-valmistuksen yksi tunnetuimmista periaatteista on turhuuksien poisto tuotannosta. Turhuuksien poisto tuotannosta on yksi tehokkaimmista keinoista parantaa tuotannon kannattavuutta. Turhuuksien poisto tuntuu hyvin yksinkertaiselta toimelta. Todellisuudessa turhuuksia on hyvin vaikea havaita, jos toimintatapa on ollut pitkään käytössä ja juurtunut työntekijöiden ajatusmalliin.

Turhuuksia ovat kaikki ne toiminnot, jotka lisäävät kustannuksia, mutta eivät tuota lisäarvoa tuotteelle. Vaikka tuotteet vaihtelevat eri tehtailla paljon, tyypillisimmät turhuudet eri valmistusympäristöissä ovat melko samankaltaisia. Vuosien turhuuksien poistotyön jälkeen japanilainen autonvalmistaja, Toyota, tunnisti seuraavat lean-valmistuksen tunnetut seitsemän turhuutta:

- kuljetukset
- ylituotanto
- varastointi
- liikkuminen
- odottaminen
- yliprosessointi
- virheelliset tuotteet.

(TPS 2009.)

Nämä seitsemän turhuutta täytyy ymmärtää, jotta ne voidaan tunnistaa prosessista. Toiset turhuudet ovat helpommin löydettävissä ja toiset vaikeammin. Kun turhuuksien perustan ymmärtää, on helppo keksiä useita eri kohteita, joista niitä voidaan vähentää tai jopa kokonaan poistaa. (TPS 2009.)

Jatkuvan parantamisen toiminta on erinomainen tapa löytää erityyppisiä turhuuksien muotoja tuotannosta. Henkilöt, jotka toimivat kyseisellä tuotantolinjalla, osaavat varmasti osoittaa useita työvaiheita ja tehtäviä, jotka eivät tuota lisäarvoa tuotteelle. (TPS 2009.)

5.1.1 Kuljetukset

Kuljetuksista syntyvien turhuuksien juurisyy löytyy usein huonosta tuotantolinjan layoutista ja huonosti suunnitelluista varastoista. Tämä tarkoittaa sitä, että tavaroita joudutaan kuljettamaan ympäri tehdasta turhaan huonon suunnittelun johdosta. Väliaikaiset varastointipaikat ja varastopaikkojen siirto yleensä pahentavat asiaa vielä lisää. (Leimbach & Farrell 2009; McBride 2003.)

Kuljetuksista johtuva turhuus voidaan poistaa siten, että minimoidaan välimatkat, joita materiaalien täytyy liikkua. Tähän auttaa paremmin koordinoitu prosessi, paremmat kuljetinvälineet sekä yleinen prosessin parempi suunnittelu. Kuljetuksista johtuvat turhuudet on helpoin poistaa suunnittelemalla materiaalien sijoittelu prosessin kannalta järkevästi. Tämä ei vain vähennä kuljetuksia, vaan myös keskeneräistä tuotantoa. (Leimbach & Farrell 2009; McBride 2003.)

5.1.2 Ylituotanto

Ylituotanto on seurausta siitä, että tuotetta valmistetaan enemmän, kuin markkinat sitä tarvitsevat. Ylituotanto on yksi valmistuksen merkittävimmistä turhuuksista. Tätä turhuutta voi olla vaikea havaita vahvoilla markkinoilla, mutta kysynnän hiljentyessä se ilmenee myymättömänä varastona ja sen aiheuttamista muista turhuuksista, kuten varastointikuluina, materiaalien käsittelykuluina sekä työvoimakuluina. (Leimbach & Farrell 2009; McBride 2003.)

Ylituotannon aiheuttaman turhuuden poistamiseksi tulisi ymmärtää, että koneiden ja ihmisten ei tarvitse olla täystyöllistettyjä, jotta ne olisivat kustannustehokkaita. Riittää, että asiakkaiden kysyntään vastataan. Työntekijöiden tulisi muuttaa ajattelutapaansa siihen suuntaan, että seuraavan tuotantovaiheen työntekijä on asiakas, ja tuotteita pitää valmistaa sitä tahtia, johon asiakas tuotteita tarvitsee. (Leimbach & Farrell 2009; McBride 2003.)

Yksi parhaista menetelmistä, jolla ylituotantoon voidaan vastata, on imuohjaus. Tällöin tuotteita valmistuu juuri oikea määrä. Ylituotantoa rajoittamalla on läpimenoaikoja mahdollista lyhentää ja parantaa tuotteen joustavuutta ja kulurakennetta. (Leimbach & Farrell 2009; McBride 2003.)

5.1.3 Varastointi

Varastoinnin tuottama turhuus on läheisesti yhteydessä ylituotantoon. Liian suuri varasto vaatii ylimääräistä materiaalin käsittelyä, varastotilaa, korkokustannuksia, työvoimaa ja paperityötä. Ylisuuret varastot aiheuttavat todella merkittäviä kuluja, ja onkin tärkeää ottaa käyttöön kovia otteita, jotta varastotasot saadaan mahdollisimman pieniksi. (Leimbach & Farrell 2009; McBride 2003.)

Tärkeää on, että turhia tuotteita ei työnnetä varastoon, vaan ne hävitetään. Toinen merkittävä varastointia koskettava seikka on se, että tuotteita tulee tehdä vain seuraavan prosessin vaatima määrä. Ylisuuret varastot usein peittävät alleen useita muita ongelmia. Kun varastotasoja pienennetään, tulevat nämä ongelmat esiin. (Leimbach & Farrell 2009; McBride 2003.)

Varastotasoihin voidaan vaikuttaa valmistamalla pienempiä eriä. Imuohjauksen käyttöönotolla voidaan vähentää keskeneräisen tuotannon määrää ja siten tehostaa tuotannon tuottavuutta. (Leimbach & Farrell 2009; McBride 2003.)

5.1.4 Liikkuminen

Liikkumisen muodostama turhuus syntyy siitä ajasta, jonka aikana tuotteelle tai prosessille ei muodostu lisäarvoa. Tämä turhuus sisältää esimerkiksi ajan, jolloin työntekijä etsii työkaluja, vie työkaluja takaisin paikoilleen tai hakee materiaaleja, jotka eivät ole sijoitettu työpisteen välittömään läheisyyteen. Myös koneet, jotka ovat usean työpisteen yhteiskäytössä, muodostavat liikkumisen aiheuttamaa turhuutta. (Leimbach & Farrell 2009; McBride 2003.)

Tähän turhuuteen voidaan vastata hyvin suunnitellulla layoutilla. Kun materiaalit sijoitellaan prosessin kannalta järkevästi, voidaan liikkumiseen tuhlautunut aika käyttää lisäarvon tuottamiseen tuotteelle. Työkalujen etsimiseen ja hakemiseen aiheutuneeseen ajan kulutukseen voidaan vastata ottamalla käyttöön 5S-menetelmä. Tällöin työtehtävään tarvittavat työkalut löytyvät juuri sieltä, missä niitä tarvitaan. (Leimbach & Farrell 2009; McBride 2003.)

5.1.5 Odottaminen

Odottamisesta muodostuva turhuus on yleensä todella helppo havaita. Työntekijät, jotka ovat tehneet jo tarvittavan määrän työtä tai jotka odottavat tarvittavia materiaaleja työnteon jatkamiseksi, ovat selvimpiä esimerkkejä odottamisen muodostamasta turhuudesta. (Leimbach & Farrell 2009; McBride 2003.)

Odottamisen määrää voidaan vähentää parantamalla materiaalien ja informaation virtaa. Asetusaikojen optimointi ja työpisteiden välisen etäisyyden pienentäminen vaikuttavat myös suuresti tuottavuuteen, kun valmistuskustannukset pienenevät. Materiaalien odottamiseen voidaan vastata tilauseräkokojen tarkentamisella sekä oikealla tilauspisteellä. (Leimbach & Farrell 2009; McBride 2003.)

5.1.6 Yliprosessointi

Yliprosessoinnilla tarkoitetaan sitä, että tehdään tuotteelle enemmän työtä, kuin asiakas vaatii. On tärkeää, että asiakkaalta selvitetään mitä hän todella tuotteelta odottaa ja vaatii. Jos tätä ei tehdä, usein tuottetta varten tehdään aivan tarpeetonta työtä. Yleisimmät esimerkit tästä ovat ylimääräinen pakkaaminen, liian tarkka tuotteen viimeistely tai liian tiukaksi määritellyt toleranssit. Kun asiakkaan tarpeet ja odotukset ovat tiedossa, pitää asiakkaan tarpeet välittää myös tehtaan lattialle työtä tekevälle henkilöstölle. Näin voidaan välttää tuotteen yliprosessointia. (Leimbach & Farrell 2009; McBride 2003.)

5.1.7 Virheelliset tuotteet ja osat

Viallisten tuotteiden aiheuttamalla turhuudella ei tarkoiteta vain niitä tuotteita, joiden huomataan olevan viallisia laaduntarkastusvaiheessa. Valmistusprosessin aikana huomattavat vialliset tuotteet aiheuttavat paljon turhaa työtä. Tuote saattaa olla väärin koottu, tai siinä voi olla viallinen komponentti, joka täytyy korjata, ennen kuin seuraavaa työvaihetta voidaan tehdä. (Leimbach & Farrell 2009; McBride 2003.)

Vialliset tuotteet aiheuttavat useita eri lieveilmiöitä. Esimerkiksi ne aiheuttavat lisää työkustannuksia, kun tuotteista tehdään käyttökelpoisia. Lisätyövoimaa tarvitaan tuotteiden ja osien purkuun ja uudelleen kokoamiseen sekä erottelemaan vialliset osat toimivista. Viallisten osien ja tuotteiden romuttaminen aiheuttaa sekä materiaali- että työkustannuksia. (Leimbach & Farrell 2009; McBride 2003.)

Viallisten tuotteiden ja osien aiheuttamaan turhuuteen voidaan vastata kehittämällä järjestelmä, jonka avulla viat huomataan mahdollisimman nopeasti esiintymisen jälkeen. Laatua voidaan parantaa myös työn standardoinnilla. Työhön opastaminen ja harjoittelu auttavat myös laadun parantamiseen. Jatkuvan parantamisen menetelmät ja 5S ovat myös hyödyllisiä, kun prosessin ja sen seurauksena tuotteen laatua halutaan parantaa. (Leimbach & Farrell 2009; McBride 2003.)

6 Tuotanto Durra-linjalla

6.1 Tuotannon nykytila

Durra-linjalla valmistetaan kaapitettuja taajuusmuuttajia teholuokalle 210 kW–3310 kW. Linjalla valmistetaan kahden eri tuoteperheen laitteita. Durra-laitteita, jotka ovat tyyppimerkinnältään ACS800-07 sekä 4Q-laitteita, jotka ovat tyyppimerkinnältään ACS800-17 tai ACS800-37. Durra-laitteet ovat yleisesti ottaen sekä fyysiseltä kooltaan että teholtaan suurempia laitteita kuin 4Q-laitteet. Laitteet ovat valmistusteknisesti hyvin lähellä toistensa kaltaisia, mistä syystä ne on päätetty valmistaa samalla tuotantolinjalla. Tuotantoprosessina kyseisten laitteiden valmistuksessa on yksittäistuotanto. Silloin tällöin samasta laitteesta tulee useamman kappaleen erä, mutta se ei vaikuta tuotantoon poikkeavasti.

Sekä Durra-laitteita että 4Q-laitteita valmistetaan kahdella eri tuotantomenetelmällä. Tuotteet valmistetaan joko tilauksesta suunniteltuna (ETO) tai tilaukselle kokoonpantuna (ATO). Molempien tuotantomenetelmien laitteet menevät saman tuotantoputken läpi. Tilauksesta kokoonpantuja vakiolaitteita tehtiin vuonna 2008 noin 54 prosenttia ja tilauksesta suunniteltuja vastaavasti noin 46 prosenttia. Vakiolaitteista 55 prosenttia valmistetuista oli Durra-laitteita ja 45 prosenttia 4Q-laitteita. Tilauksesta suunnitelluista vastaava jakauma oli Durra-laitteille 53 prosenttia ja 4Q-laitteita 47 prosenttia.

6.2 Tuotantoon vaikuttavat ohjattavuustekijät

Durra-linjan tuotannon ohjattavuuteen vaikuttavista tekijöistä merkittävimpiä sisäisiä tekijöitä ovat tuotantoprosessin laaduntuottokyky, tuotevariaatioiden määrä sekä henkilöstön osaaminen ja motivaatio. Ulkoisista ohjattavuustekijöistä merkittävimpiä ovat toimitusaikavaatimus ja -jousto, asiakaskohtaiset tuotevaatimukset sekä toimitusajanpitävyys.

Taajuusmuuttajavalmistuksessa on erittäin tärkeää, että tuotannon laatu on korkealla tasolla. Laitteet menevät usein kohteisiin, joissa niiden huoltaminen on äärimmäisen haastavaa ja todella kallista. Tämän takia tuotannossa on pyrittävä saavuttamaan nollavirhetaso.

Tuotevariaatioita Durra-linjalla on valtava määrä. Vakiolaitteitakin voi olla satoja erilaisia johtuen eri optioista, joita asiakkaan on mahdollista laitteeseen tilata. Lisäksi ovat sovellussuunnitellut laitteet, joihin asiakas saa tilattua vaikka omia komponenttejaan, jos tarve vaatii.

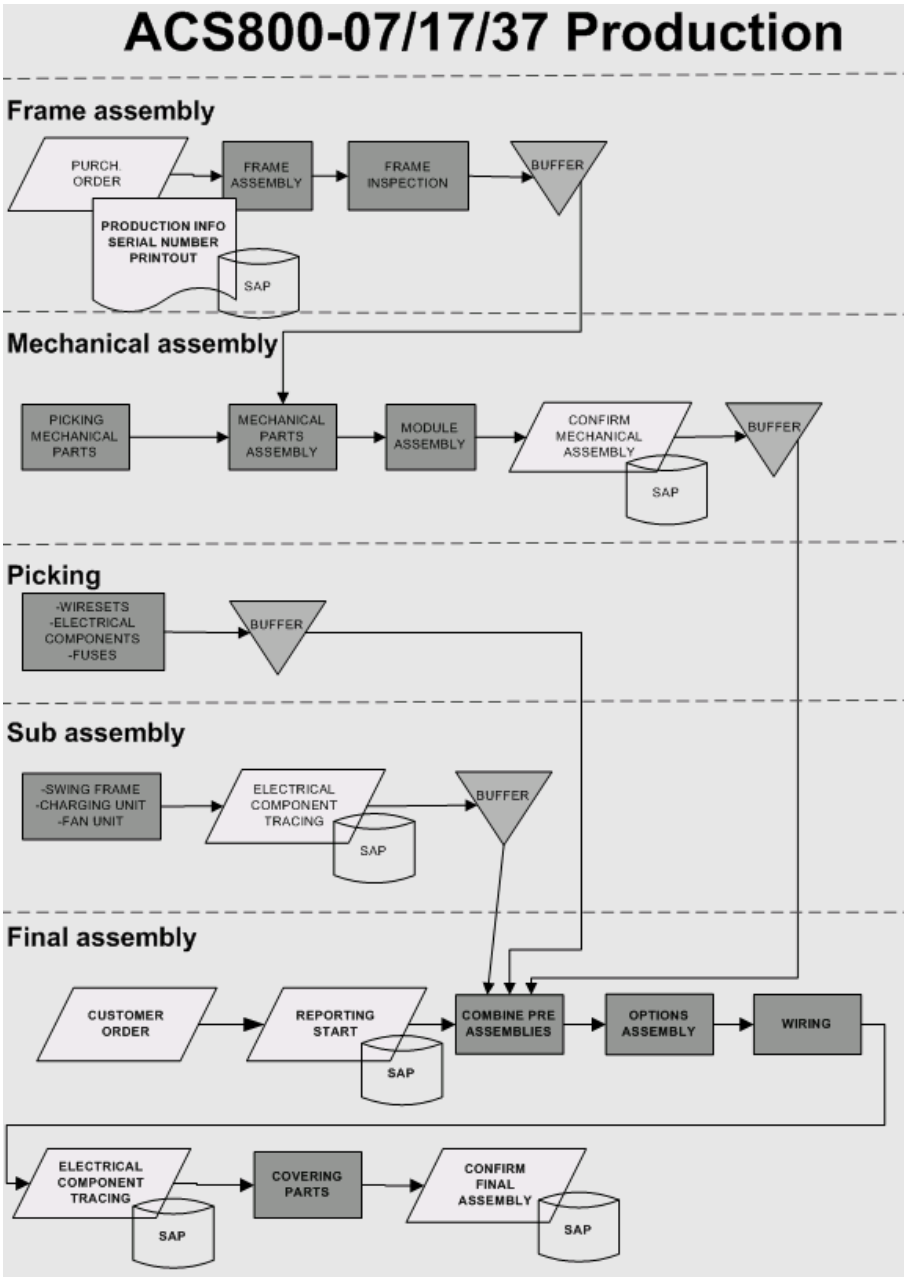
Laitteiden valmistus nykymuodossaan vaatii loppukokoonpanijoilta suuren määrän ammattitaitoa. Loppukokoonpanon työvaihteet ovat sellaisia, että niiden tekeminen ei onnistu ilman kokemusta ja ammattitaitoa, varsinkaan siten, että kovat laatuvaatimukset täyttyvät. Loppukokoonpanon vaihe kestää yleisesti ottaen kolmesta päivästä kymmeneen päivään. Tästä johtuen työntekijöiden on helppo motivaation puuttuessa tehdä rauhallisempaan tahtiin, mihin he normaalisuorituksella pystyisivät. Tästä johtuen henkilöstön motivaatiolla on suuri vaikutus tuotannon ohjattavuuteen.

Asiakkaiden toimitusaikavaatimukset lyhentyvät jatkuvasti, ja tiukassa kilpailutilanteessa tuotannon on pystyttävä vastaamaan näihin vaatimuksiin. Nykyisessä taloustilanteessa myös toimitusaikajouston merkitys kasvaa, koska yritykset lykkäävät investointejaan viimeiseen hetkeen, jolloin tilaukset tulevat usein kiireellisinä, ja sovittujakin toimitusaikoja pyritään kiristämään. Asiakkaille luvatun toimitusajan pitävyys on myös erittäin tärkeää, koska taajuusmuuttajat menevät yleensä rakennuskohteisiin, joissa laitteen myöhästynyt toimitus voi aiheuttaa suuren viivästyksen isommalle projektille.

Taajuusmuuttajia käytetään useissa eri kohteissa ja sovelluksissa, minkä seurauksena asiakaskohtaiset tuotevaatimukset vaikuttavat suuresti tuotannon ohjattavuuteen. Asiakkaat usein havaitsevat myös kesken laitteen valmistuksen, että tarvitsevat siihen jonkinlaisia muutoksia, mikä aiheuttaa suuria vaikeuksia normaalituotantoon. Muutokset tulevat yleensä asiakastestien jälkeen, mikä tarkoittaa, että jo valmiiseen laitteeseen täytyy tehdä muutoksia. Näille korjauksille ja muutoksille on usein vaikea löytää kapasiteettia ja neliötilaa. Nykyisessä taloustilanteessa myös suhdanteella on suuri vaikutus Durra-linjan tuotantoon, koska kysyntä vaihtelee valtavasti.

6.3 Tuotantoprosessi

Durra-linjan tuotantoprosessi on jaettu kolmeen eri päävaiheeseen, jotka ovat rungon valmistus, jatkojalostus sekä loppukokoonpano. Tämän lisäksi prosessiin kuuluvat osakokoonpanot ja keräily. (Kuva 4.)



Kuva 4. Durra-linjan tuotantoprosessi (ABB Oy Intranet 2009).

Tuotannonsuunnittelu määrittelee jokaiselle laitteelle ohjevalmistusajan, jonka perusteella tuotannon valmistuspäivä määräytyy. Ohjevalmistusaika on kaapin valmistuksen työmäärän mukaan 70–140 tuntia. Laskennalliseen työmäärään vaikuttavat muun muassa teholuokka ja eri optiot, joita laitteeseen tulee.

Laitteen valmistukseen käytettävät materiaalit löytyvät joko tehtaalla sijaitsevista hyllyistä tai Vantaalla sijaitsevasta DHL:n varastosta. DHL:n varastoon on pääasiallisesti sijoitettu komponentteja, joiden varastointi ei ole kokonsa tai menekkinsä puolesta järkevää Pitäjänmäen tehtaalla. DHL:ssä sijaitsevat komponentit voidaan kotiinkutsua tehtaalle työpisteen läheisyyteen joko SAP:iin tehtävällä kotiinkutsulla tai sähköpostilla tilaten. Yleisimmät DHL:stä tilattavat komponentit ovat nostopalkit, ilmankatkaisijat, ovet ja puhaltimet.

Rungonvalmistus

Taajuusmuuttajan valmistus alkaa rungon valmistuksella. Rungon valmistuksessa menee laitteesta riippuen noin 8–20 työtuntia runkoa kohden. Suuri vaihtelu työn kestossa johtuu runkojen koon vaihtelusta. Rungon valmistus aloitetaan tulostamalla SAP:n työjonosta jonon ensimmäisenä olevan laitteen työmääräys. Tässä vaiheessa SAP:iin vahvistuu vaihe 10, joka tarkoittaa, että työ on aloitettu runkovaiheessa. Runkosolussa on kaksi työpistettä, joissa työskentelee yhteensä neljä työntekijää jaettuna kahteen vuoroon. Rungon valmistuksen aikana mekaanisten osien keräilijä lähtee keräämään seuraavan työvaiheen tarvitsemia osia. Rungolle tehdään valmistuksen jälkeen visuaalinen tarkastus, jonka läpäistyään runko siirretään jatkojalostuksen puskuriin.

Jatkojalostus

Mekaniikan kokoonpanossa, jota kutsutaan jatkojalostusvaiheeksi, aloitetaan kaappien työstö samassa järjestyksessä, jossa ne on runkosolussa aloitettu. Tässä vaiheessa runkoon lisätään virtakiskoja, johtokouruja sekä muita mekaanisia osia. Tämä työvaihe kestää laitteesta riippuen noin 25–75 työtuntia. Jatkojalostuksessa on neljä työpistettä ja siellä työskentelee kahdekan henkilöä, jotka toimivat kahdessa vuorossa.

Jatkojalostusvaiheessa on osakokoonpanosolu, jossa yksi henkilö kokoaa useampaa eri osakokoonpanoa kyseistä työvaihetta helpottamaan. Kaapin valmistuttua jatkojalostuksesta se vahvistetaan SAP:iin vaiheeseen 20, joka tarkoittaa, että kaappi on valmistunut jatkojalostuksesta. Tämän jälkeen laite työnnetään loppukokoonpanon puskuriin.

Loppukokoonpano

Loppukokoonpano aloitetaan vahvistamalla SAP:iin vaihe 30, joka tarkoittaa loppukokoonpanon aloitusta. Työ valitaan SAP:n muodostaman työjonon perusteella. Loppukokoonpanossa laitteeseen lisätään elektroniset komponentit ja johdotetaan ne. Lopuksi laitteeseen laitetaan verhoilupellit sekä ovet. Loppukokoonpano on laitteen valmistuksen työläin vaihe. Tämä vaihe kestää noin 20–60 työtuntia. Loppukokoonpanossa on yhteensä viisitoista työpistettä. Tämä työvaihe toimii vain yhdessä vuorossa. Loppukokoonpanon valmistuttua laite vahvistetaan SAP:ssa vaiheeseen 40. Tämän jälkeen laite siirretään koestuksen puskuriin.

Keräily

Keräilijöinä työskentelee kaksi henkilöä. Toinen toimii sähköisten osien kerääjänä ja toinen mekaanisten osien kerääjänä. Mekaanisten osien kerääjä kerää yhteen kärryyn yhden laitteen tarvitsemia osia. Hän kerää lähes kaikki jatkojalostusvaiheen tarvitsemat mekaaniset osat, lukuun ottamatta joitakin suurikokoisia osia, jotka eivät sovi keräilykärryyn. Näitä ovat esimerkiksi katon osat ja kontaktorit.

Sähköisten osien kerääjä kokoaa kahteen tai tarvittaessa useampaan laatikkoon yhden laitteen tarvitsemia osia, kuten sulakkeita, johtosarjoja ja elektronisia komponentteja. Jatkojalostusvaihe käyttää näistä keräilyistä pääasiassa vain sulakkeita. Loput menevät osakokoonpanon ja loppukokoonpanon käyttöön.

Osakokoonpano

Linjalla toimii kaksi osakokoonpanosolua. Näistä toisessa valmistetaan osakokoonpanoja vain jatkojalostusvaiheen käyttöön ja toisessa valmistetaan sekä jatkojalostuksen että loppukokoonpanon käyttöön.

Toisessa osakokoonpanopisteessä tehdään kääntökehyksiä ja teholevyjä. Nämä osakokoonpanot valmistetaan kauppakohtaisesti. Teholevy kiinnitetään jatkojalostusvaiheessa ja kääntökehys loppukokoonpanon yhteydessä.

6.4 Tuotannon ongelmat

Komponenttien hakeminen ja odottaminen

Asentajat joutuvat hakemaan tarvitsemiaan osia ympäri tehdasta, mikä vie paljon tehokkaasta asennusajasta. Suurin osa tarvittavista osista löytyy joko läheisistä raskashyllyistä tai tulee asentajalle kerättynä, mutta tuotannossa tulisi pyrkiä siihen, että asentajan ei tarvitse poistua työpisteeltään hakemaan mitään työkaluja tai komponentteja, vaan tarvittavat tavarat saapuisivat oikeaan aikaan työpisteelle.

Työntekijöiden kehitysehdotusten systemaattinen kerääminen

Durra-linjan työntekijät ovat pääasiassa erittäin kokeneita. Heitä haastateltaessa huomattiin, että heidän ammattitaitoaan ei hyödynnetä parhaalla mahdollisella tavalla. Drives-yksikössä on käytössä aloitetoimintaprosessi. Asentajat kertoivat tehneensä useita aloitteita, mutta vain hyvin harvat aloitteet oli toteutettu ja toteuttamatta jättämisestä ei ole kerrottu syytä. Aloiteprosessin läpikäymisen on huomattu olevan myös melko hidasta.

Linjan työntekijöitä haastateltaessa havaittiin, että heillä on paljon pieniä omaan työhön liittyviä kehitysehdotuksia, jotka eivät kuulu aloitetoiminnan piiriin. Näitä kehitysehdotuksia ei kerätä systemaattisesti, vaan ne jäävät usein puheasteelle ja unohtuvat ajan kuluessa. Jokainen työntekijöiltä saatava yksittäinen ehdotus ei välttämättä tehosta linjan toimintaa ja paranna läpimenoaikaa, mutta jos kaikki heiltä saatavat ehdotukset käydään läpi, niin joukosta varmasti löytyy myös tuotantoa tehostavia ideoita.

Varioivat tuotteet

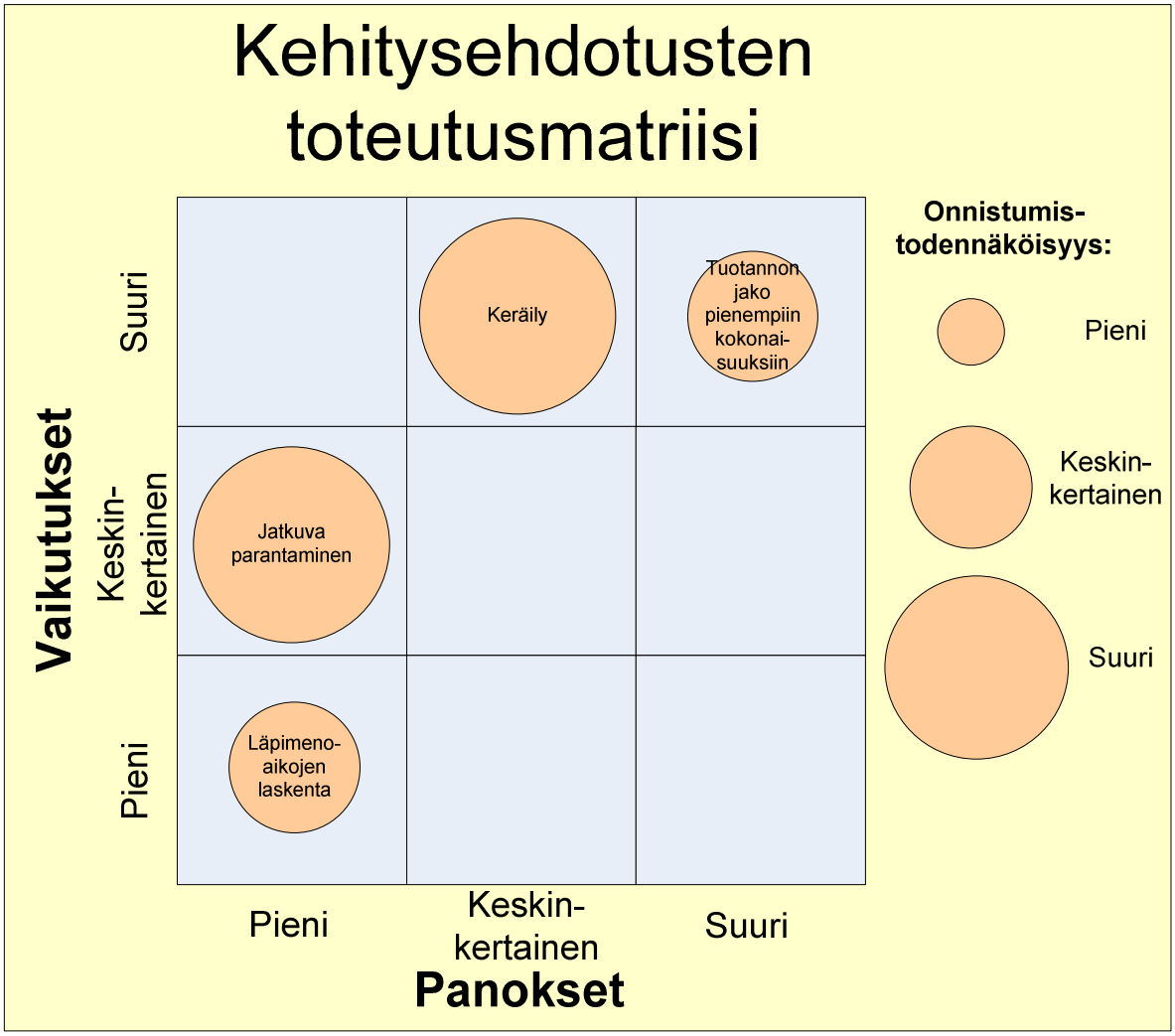
Durra-linjalla valmistetaan hyvin paljon varioivia tuotteita, joka aiheuttaa haasteita tuotannon tehokkaalle toiminnalle. Samalla linjalla valmistetaan kahden eri tuoteperheen laitteita, joiden valmistus on ajoitettu kestämään 70–140 tuntia. Tämänlainen vaihtelu aiheuttaa isoja haasteita tasaisen tuotannon saavuttamiselle.

Keskeneräinen tuotanto

Laitteiden läpimenoajasta ison osan vie eri vaiheiden väliset puskurivarastot. Puskurissa kuluva aika vaihtelee hyvin paljon, koska laitteiden valmistusaika vaihtelee. Runkosolun ja jatkojalostuksen välistä puskuriaikaa ei tällä hetkellä edes mitata, koska SAP-vaiheistukseen ei ole eroteltu runko- ja jatkojalostusvaihetta. Runkosolu pitää runkopuskurin noin neljän laitteen kokoisena, ja tällä määrällä jatkojalostukselle ei koskaan tule tilannetta, että puskurista ei löytyisi runkoa, jonka voi ottaa työn alle.

7 Kehitysehdotukset

Tässä luvussa esitellään kehitysehdotuksia System AC -tulosyksikön Durra-linjan tuotannon tehostamiseksi sekä läpimenoaikojen lyhentämiseksi. Kehitysehdotukset on jaettu vaikutuksen, toteutukseen vaadittujen panosten sekä onnistumistodennäköisyyden perusteella. (Kuva 5.)



Kuva 5. Kehitysehdotusten toteutusmatriisi.

7.1 Keräily

Ongelman kuvaus

Tällä hetkellä tyypillisen laitteen tarvitsemista osista noin 70 prosenttia sijaitsee työpisteen välittömässä läheisyydessä tai tuodaan työpisteen lähelle kerättynä. Noin 25 prosenttia on työpisteen läheisissä hyllyissä, joiden hakemiseen menee aikaa alle yksi minuutti. Pieni osa nimikkeistä on yhteiskäyttönimikkeitä muiden osastojen kanssa, minkä johdosta tiettyjä nimikkeitä joudutaan hakemaan tehtaan toiselta puolelta. Näiden hakemiseen voi kulua jopa useampia minuutteja.

Kehitysehdotus

Keräilyä tulisi kehittää siihen suuntaan, ettei kokoonpanon henkilöiden tarvitsisi hakea yhtäkään osaa kauempaa kuin työpisteen viereisestä hyllystä. Osat, joita ei voida sijoittaa työpisteen välittömään läheisyyteen, tulisi keräillä kauppakohtaisesti keräilykärryyn.

SAP:iin tulisi määritellä eri työvaiheissa tarvittavat osat, joiden perusteella voitaisiin tulostaa keräilylista. Keräilyn aloitukseen impulssin antaisi edellisen työvaiheen aloitus. Esimerkiksi kun tuotannonsuunnittelu vapauttaa kaapin tuotantoon, aloitetaan runkovaiheen osien keräily. Kun runkovaiheessa aloitetaan laitteen valmistus, antaisi tämä impulssin keräilyn aloittamiselle jatkojalostusvaiheeseen. Vastaavasti jatkojalostuksen aloittaessa oman työvaiheensa muodostuisi impulssi loppukokoonpanossa tarvittavien osien keräilylle.

7.2 Jatkuva parantaminen

Ongelman kuvaus

Henkilöstön ideoita ja ehdotuksia ei oteta huomioon systemaattisesti. Työntekijöiltä on mahdollista saada valtavasti ideoita liittyen tuotannon tehostamiseen. He tietävät tarkasti, mitä kyseisellä työpisteellä tehdään ja mitä voitaisiin tehdä paremmin.

Kehitysehdotus

Aloitetaan jatkuvan parantamisen prosessi (ks. liite 1). Tällä saadaan lisättyä työntekijöiden mahdollisuutta vaikuttaa linjalla tehtäviin kehitystoimenpiteisiin ja parannetaan kommunikaatiota ideoiden vaihdossa työntekijöiden sekä tuotantolinjan esimiesten välillä.

Suunnitellaan jatkuvan parantamisen kehitysehdotuslomake (ks. liite 2), jonka avulla työntekijän on heti idean tultua mieleen helppo kirjoittaa kehitysehdotus paperille. Tämän jälkeen kootaan tiimi, joka käy kehitysehdotukset läpi ja päättää, ryhdytäänkö ehdotusta toteuttamaan, hylätäänkö se vai tarvitseeko ehdotus lisäselvitystä.

Jatkuva parantaminen voidaan ottaa käyttöön nopeasti, ja tuloksia on mahdollista saada hyvinkin lyhyellä aikavälillä. Jatkuvalla parantamisella saadaan ehdotuksia, jotka parantavat henkilöstön jokapäiväistä työtä, ja siksi suuri osa jatkuvan parantamisen tuottamista ehdotuksista ovat yleensä helposti toteutettavissa olevia ja niillä on yleensä nopeasti tuotantoa tehostava vaikutus.

7.3 Läpimenoaikojen laskenta

Ongelman kuvaus

Tällä hetkellä tuotannon läpimenoaikojen mittaaminen on jaettu tuoteperheittäin Durra-laitteille ja 4Q-laitteille. Laitteiden valmistusaika tuoteperheiden sisällä kuitenkin vaihtelee todella paljon johtuen siitä, että tuoteperheen sisälläkin laitteet voivat olla hyvin erikokoisia ja valmistukseltaan haastavampia. Läpimenoajoista saadaan tällä hetkellä vain keskiarvo. Tällä hetkellä ei tiedetä, kuinka paljon valmistukseltaan samanlaisen laitteen läpimenoajat vaihtelee.

Runkosolu ja jatkojalostus ovat saman työvaiheen alle merkattuna SAP:ssa, mikä seurauksena näiden kahden työvaiheen välissä olevaa puskuriaikaa ei mitata. Puskurissa on keskimäärin neljä laitetta, ja puskuriaika vaihtelee työtilanteen mukaan muutamasta tunnista muutamaan päivään.

Kehitysehdotus

Läpimenoajoista tulisi tutkia myös se, kuinka paljon vastaavanlaisten laitteiden käyttämä läpimenoaika vaihtelee. Tämän seurauksena voitaisiin lähteä hakemaan juurisyitä läpimenoaikojen vaihteluun.

Runkosolu ja jatkojalostus tulisi jakaa omiksi työvaiheikseen SAP:ssa, jotta saataisiin tilastoa siitä, kuinka paljon läpimenoajoista kuluu puskurissa. Tämän perusteella tuotantoa voitaisiin lähteä kehittämään tarkemmin siihen suuntaan, että keskeneräisen tuotannon määrää saataisiin pienennettyä.

7.4 Tuotannon jako pienempiin kokonaisuuksiin

Ongelman kuvaus

Tuotanto on tällä hetkellä jaettuna kolmeen osaan, joita avustavat osakokoonpanopisteet. Nämä osat ovat runkosolu, jatkojalostus ja loppukokoonpano. Rungossa on kaksi työpistettä, jatkojalostuksessa neljä työpistettä ja loppukokoonpanossa viisitoista työpistettä. Tällä jaolla tasaisen tuotannon saavuttaminen on vaikeaa. Useamman kappaleen erät valmistuvat yleensä suurin piirtein samanaikaisesti, joka aiheuttaa sen, että puskurivarastot tulisi pitää todella suurina, jotta saadaan kapasiteetti mahdollisimman tehokkaasti käytettyä.

Kehitysehdotus

Tuotantoa tulisi pyrkiä virtauttamaan ja jakamaan pienempiin kokonaisuuksiin. Mitä pienempiin kokonaisuuksiin laitteen valmistus on mahdollisuus jakaa, sitä tasaisemmaksi tuotanto voidaan saada. Tuotannon virtauttamisella saadaan myös se etu, että työnjohdon on helpompi seurata työntekijän suorittamaa työpanosta. Pienemmillä työvaiheilla saavutetaan myös se, että uusien asentajien kouluttaminen on huomattavasti helpompaa. Erityisen tärkeää tuotannon virtauttamista toteutettaessa on se, että työvaiheiden tahtiajat ovat yhtä pitkät. Tahtiajalla tarkoitetaan tavoitteeksi annettua työvaiheen kestoa, jossa linjan jokaisen työvaiheen on valmistuttava.

8 Yhteenveto

Tämän insinöörityön tavoitteena oli tutkia ABB Oy:n System Ac -tulosyksikön Durra-tuotantolinjan tuotantoprosessia, etsiä tuotannon ongelmakohtia ja antaa näihin kehitysehdotuksia pohjatuen teollisen tuotannon perusteorioihin. Kehitysehdotusten tuli olla sellaisia, että niiden avulla on mahdollista tehostaa Durra-linjan tuottavuutta, lyhentää läpimenoaikoja ja pienentää varastotasoja tehtaalla.

Työ tehtiin tutustumalla tuotantoon Durra-linjalla, haastattelemalla kokoonpanijoita ja muita tuotannon henkilöitä, kuten tuotannon suunnittelijoita ja työnjohtajia. Työtä varten tutustuttiin teollisen tuotannon perusperiaatteisiin ja menetelmiin. Näihin tutustuttiin tutustumalla teollisen tuotannon kirjallisuuteen ja artikkeleihin. Teorioiden pohjalta tehtiin kehitysehdotuksia, miten tuotantoa voitaisiin tehostaa.

Työ aloitettiin syksyllä 2008 ja saatettiin päätökseen keväällä 2009. Tänä aikana taajuusmuuttajien kysyntä koki kovan kolauksen maailmanlaajuisen taantuman johdosta. Tämä aiheutti sen, että työssä ei niinkään pohdittu kapasiteetin kasvatuksen mahdollisuuksia, vaan keskityttiin tehostamaan nykyistä tuotantokapasiteettia.

Työssä löydettiin useita kehityskohteita, joita Durra-linjan tuotannossa tulisi kehittää. Näistä merkittävimmät olivat asentajien käyttämä aika materiaalien keräilemiseen ja keskeneräisen tuotannon määrä. Muita kehityskohteita olivat systemaattinen kehitysehdotusten kerääminen, tuotannon jako pienempiin kokonaisuuksiin sekä tuotannon tarkempi mittaaminen.

Materiaalien keräämistä tulisi kehittää siihen suuntaan, ettei taajuusmuuttajan kokoonpanijan tarvitse poistua työpisteeltään hakemaan tarvitsemiaan komponentteja, vaan ne joko sijoitettaisiin työpisteen läheisyyteen, tai tuotaisiin hänelle kerättynä. Keskeneräisen tuotannon määrään voidaan vaikuttaa tarkistamalla työvaiheiden tahtiaikoja ja virtauttamalla tuotantoa. Kun tuotanto jaetaan pienempiin kokonaisuuksiin ja toteutetaan imuohjauksella, saadaan puskuriaikoja pienennettyä. Virtauttamisessa on erityisen tärkeää se, että työvaiheiden tahtiajat ovat prosessin vaatimusten mittaiset.

Lähteet

ABB Oy Intranet. 2009.

A Brief Histroy of Lean. 2009. (WWW-dokumentti.) Lean Enterprise Institute. <http://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm>. Luettu 10.2.2009

Haverila, Matti J., Uusi-Rauva, Erkki, Kouri, Ilkka & Miettinen, Asko. 2005. Teollisuustalous. Tampere: Infacs Oy.

Hudgik, Steve. 2009. (WWW-dokumentti.) Graphic Products. <http://www.graphicproducts.com/tutorials/five-s/index.php>. Luettu 12.4.2009.

Lean Manufacturing. 2009. (WWW-dokumentti.) Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Lean_manufacturing>. Updated 10 February 2009. Luettu 11.2.2009.

Lehtonen, Juha-Matti. 2004. Tuotantotalous. Porvoo: WS Bookwell Oy

Leimbach, Wendell & Farrell, John. 2009. The Seven Deadly Wastes. (WWW-dokumentti.) Plant Services. <http://www.plantservices.com/articles/2006/168.html?page=1>. Luettu 10.2.2009.

McBride, David. 2003. The 7 Manufacturing Wastes. (WWW-dokumentti.) EMS Consulting Group. <http://www.emsstrategies.com/dm090203article2.html>. Updated 29 August 2003. Luettu 7.2.2009.

Ojanperä, Veijo. 2000. Markkinajohtajuus vaatii tutkimusta. (WWW-dokumentti.) <http://www.prosessori.fi/uutiset/uutinen2.asp?id=36849>. Päivitetty 28.4.2000. Luettu 7.2.2009.

Putkiranta, Antero. 2006. Tuotantojärjestelmän ohjattavuus. (Powerpoint-dokumentti.) Tuotannonohjauskurssin kalvosarja.

Taajuusmuuttaja. 2008. (WWW-dokumentti.) Wikipedia. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Taajuusmuuttaja>. Päivitetty 30.11.2008. Luettu 7.2.2009.

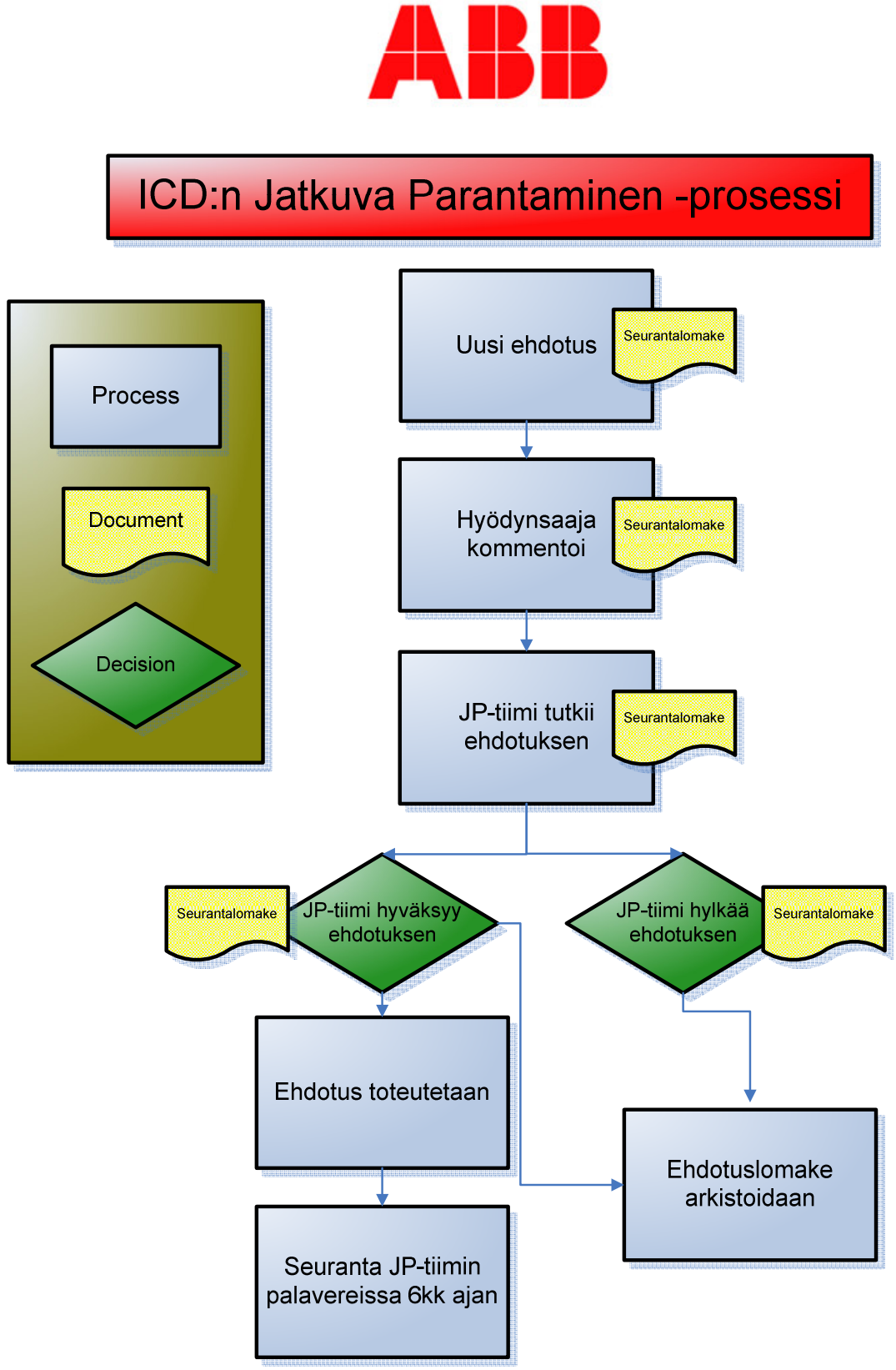
Taajuusmuuttaja. 2009. (WWW-dokumentti.) Lappeenrannan teknillinen yliopisto. <http://www.lut.fi/fi/technology/lutenergy/electrical_engineering/articles/inverter/Sivut/Default.aspx>. Päivitetty 30.1.2009. Luettu 8.2.2009.

Tolani, Roshan. 2009. Just in Time : Achieving Excellence in Manufacturing. (WWW-dokumentti.) Manufacturing Crossing. <http://www.manufacturingcrossing.com/article/340004/Just-in-Time-Achieving-Excellence-in-Manufacturing/>. Luettu 2.4.2009.

TPS (Toyota Production System). 2009. (WWW-dokumentti.) Vorne Industries. <http://www.vorne.com/learning-center/tps.htm>. Luettu 2.3.2009.

5S. 2009. (WWW-dokumentti.) U.S. Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/lean/thinking/fives.htm>. Updated 3 April 2009. Luettu 6.4.2009.

Liite 1: Jatkuva parantamisen prosessikaavio



Liite 2: Jatkuva parantaminen -lomake

Jatkuva parantaminen -lomake

Pvm: (Merkitse lomakkeen täyttö päivämäärä)	**Linja:** (Asiaa koskeva linja (Durra/Broccoli. Voit myös tarkentaa: esim. Durra runko)
Ehdottaja: (Kirjoita lomakkeen täyttäjän nimi)	**Hyödynsaaja:** (**JP-tiimi** täyttää hyödynsaajan)
Tilanteen kuvaus: (Kuvaile mahdollisimman tarkasti kyseinen tilanne) **Perustelut:** (Kerro syyt, miksi sinun mielestäsi tämä asia on ongelma.)	
Ehdotettu ratkaisu: (Kirjoita ehdotettu ratkaisu. Pyri miettimään ratkaisun mahdolliset sekä hyvät että huonot puolet)	
Hyödynsaajan kommentit: (JP-tiimin nimeämä hyödynsaaja kirjoittaa omat kommentit ja mahdollisia ratkaisuehdotuksia.)	
JP-tiimin seuranta/ratkaisu (lisää päivämäärä): (JP-tiimi tutkii ongelman ja ratkaisuehdotuksen. JP-tiimi mahdollisesti ohjaa ongelman tutkimisen ja mahdolliset muutokset siitä vastuussa olevalle osastolle (esim. Service / Kiinteistötiimi / jokin muu)	
Ehdottajan allekirjoitus: (Ehdotuksen tekijä kirjoittaa allekirjoituksensa tähän)	**Hyödynsaajan allekirjoitus:** (Hyödynsaaja kirjoittaa allekirjoituksensa tähän)