



Open your mind. LUT.
Lappeenranta University of Technology

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Teknistaloudellinen tiedekunta

Tuotantotalouden koulutusohjelma

CS20A9000 Kandidaatintyö ja seminaari – toimitusketjun johtaminen

KOKOONPANON OHJAUKSEN KEHITTÄMINEN MAA- JA METSÄTALOUSKONETEOLLISUUDESSA

Lappeenrannassa 11.4.2010

Jenni Mäenpää 0324895

Minna Männistö 0324934

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	3
2 TOIMINNANOHJAUS	4
2.1 Toiminnanohjauksen tavoitteet	4
2.2 Tuotannon ohjattavuus	5
3 TOIMINTAYMPÄRISTÖN ESITTELY	7
3.1 Solut	8
3.2 Kokoonpano	9
3.3 Konfiguroidut tuotteet	10
3.4 Tuotantomuoto	10
3.5 Joustava tuotanto	11
3.6 Toiminnanohjauksen tavoitteet	12
4 IMUOHJAUSPERIAATE	14
4.1 Just-in-time -tuotantoajattelun elementit	15
4.2 Kanban -kortti	18
5 TYÖNTÖOHJAUSPERIAATE	19
5.1 Manufacturing Resources Planning	20
5.2 Master Production Scheduling	21
5.3 Material Requirement Planning	22
5.4 Capacity Requirement Planning	23
6 OHJAUSJÄRJESTELMIEN ARVIOINTI JA VALINTA	25
6.1 Menetelmien analysointi ja vertailu	25
6.2 Ohjausmenetelmän valinta	29
7 YHTEENVETO	34
LÄHTEET	35

1 JOHDANTO

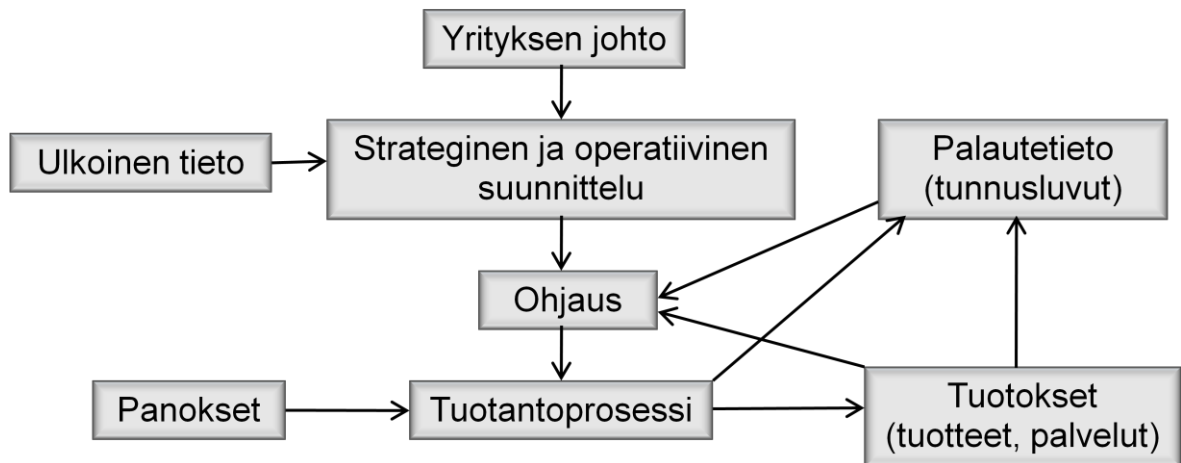
Tämän kandidaatintyön tavoitteena on esitellä toiminnanohjausta sekä syventyä erityisesti valmistukseen sekä sen ohjaukseen ja suunnitteluun. Toimintaympäristönämme on maa- ja metsätalouskoneita valmistava yritys, jolla on tuotantoa Suomessa. Toimintaympäristömme on esitelty tarkemmin kappaleessa 3. Haluamme tarjota vinkkejä ja kehitysideoita tämänkaltaisille yrityksille.

Keskitymme työssämme kokoonpanolinjan ohjaamiseen. Valitsimme tuotannonohjausjärjestelmistä työntö- ja imuohjauksen, joita tutkimme Manufacturing Resources Planning (MRP-II) sekä Just-in-time (JIT) -tuotantoajattelujen myötä. Syvennymme työssämme MRP-II:n osalta Master Production Scheduling:n (MPS) käyttöön, koska MPS on mielestämme tärkein osa MRP-II:sta kokoonpanon kannalta. Kokoonpano on määritelty sen luonteen mukaisesti toimimaan imuohjautuvaksi. Tutkimme työssämme JIT -tuotantoajattelun soveltumista kokoonpanonohjaukseen. Tavoitteenamme on parantaa JIT -ajattelun sopivuutta toimintaympäristöön hyödyntämällä MRP-II:n sekä etenkin MPS -valmistuksenohjausmenetelmän piirteitä.

Tavoitteenamme on siis luoda toimintaympäristöömme sopiva tuotannonohjausjärjestelmä, jossa sovelletaan näiden periaatteiden piirteitä. Analysoimme menetelmien etuja ja heikkouksia toimintaympäristön kannalta. Emme poissulje molempia ohjausjärjestelmiä soveltavan hybridijärjestelmän käyttämistä.

2 TOIMINNANOHJAUS

Toiminnanohjaus tarkoittaa yrityksen eri toimintojen ja tehtävien suunnittelua, hallintaa, päätöksentekoa, toteutusta ja valvontaa sen tilaustoimitusketjussa. Ohjausperiaatteet muodostuvat yrityksen keskeisistä pelisäännöistä ja toimintatavoista, joita noudatetaan yrityksen tuotannon suunnittelussa ja toteutuksessa. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri, Miettinen. 2005, 397) Kuvassa 1 on kuvattu toiminnanohjausprosessi tuotannon näkökulmasta.



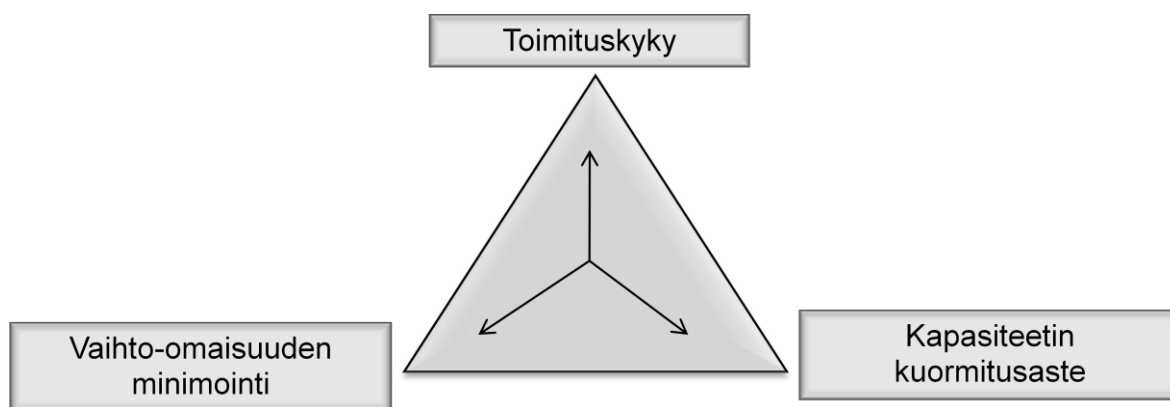
Kuva 1. Tuotantotoiminnan johtaminen (Haverila et al. 2005, 397)

Kokonaisohjaus käsittää yrityksen liiketoiminnan johtamisen yrityksen strategian ja liiketaloudellisten periaatteiden tavoitteiden pohjalta. Tarkoituksena on sovittaa yhteen liiketoiminnan tavoitteet sekä keskeiset toiminnot ja resurssit. Työkaluina käytetään budjetointia sekä tunnuslukuja ja mittareita. (Haverila et al. 2005, 397 - 398)

2.1 Toiminnanohjauksen tavoitteet

Toiminnanohjauksen tarkoituksena on pyrkiä tuotannon yleisiin tavoitteisiin: kustannusten minimointiin, hyvään aikakilpailukykyyn, hyvään laatuun sekä joustavuuteen, ohjaamalla ja organisoimalla yrityksen resurssien tarkoituksenmukaista käyttöä. (Haverila et al. 2005, 402)

Toiminnanohjauksen tavoitteena on myös sovittaa yhteen toiminnanohjauksen ristiriitaiset tavoitteet parhaalla mahdollisella tavalla. Tätä vaikeuttaa usein se, että yrityksen eri toiminnoilla (esim. markkinointi, valmistus, talous) on eri käsitykset eri tavoitteiden tärkeydestä. Yrityksen valitsemat kilpailutekijät (esim. asiakaslähtöisyys, kustannusten minimointi, toimitusaikapito) vaikuttavat tavoitteiden muodostumiseen sekä niiden keskinäiseen tärkeyteen. (Haverila et al. 2005, 403 - 404) Kuvassa 2 on kuvattu ristiriitaisuuden ilmentyminen.



Kuva 2. Tuotannonohjauksen tavoitteiden ristiriitaisuus (Haverila et al. 2005, 404)

2.2 Tuotannon ohjattavuus

Tuotannon ohjattavuuteen vaikuttavat esimerkiksi:

- tuotantomuoto
- tuotannon läpäisy aika
- eräkoot
- materiaalivirtojen yksinkertaisuus
- layoutin yksinkertaisuus
- henkilöstön osaaminen ja motivaatio
- toiminnan organisointiperiaatteet

Yrityksen resurssit voidaan hyödyntää paremmin hyvällä ohjattavuudella. Keskeisimmät keinot ohjattavuuden kehittämiseen ovat läpäisy aikojen lyhentäminen, virheiden ja häiriöiden poistaminen, layoutin yksinkertaistaminen,

toiminnan itseohjautuvuuden kehittäminen sekä modernin, automatisoidun tuotantotekniikan käyttäminen. (Haverila et al. 2005, 405)

2.2.1 Läpäisyajojen lyhentäminen

Läpäisyajaa lyhentämällä voidaan saavuttaa yhtäaikaisesti toiminnanohjauksen tavoitteet. Läpäisyajat kasvavat työvaiheiden odotusaikojen kasvaessa, ja vähentääkseen odotusaikoja yrityksen täytyy pienentää eräkokojaan. Pienet eräkoot vaativat usein myös asetusaikojen lyhentämistä. Mitä lyhyemmät asetusaikat, sitä pienemmät eräkoot ovat taloudellisesti kannattavia. Turhat välivarastot kasvattavat läpäisyajaa. Välivarastojen poistaminen pienentää varastoinnin aiheuttamia välillisiä kustannuksia. Myös materiaalivirtoja selkeyttämällä ja tuotantolaitoksen layoutin hyvällä suunnittelulla voidaan poistaa hidastavat kuljetukset ja työnohjauksen vaatimaa aikaa. (Haverila et al. 2005, 406)

Läpäisyajojen lyhentämisellä on myös merkittävä vaikutus tuotteiden ja toiminnan laatuun. Tuotannon virheet ja häiriöt tulevat esille helpommin nopeatempoisessa pienerätoiminnassa. Toiminnan laadun kehittäminen on ehdoton edellytys läpäisyajojen lyhentämiselle, sillä häiriöt pysäyttävät nopeasti koko tuotantoprosessin. Henkilöstö alkaa näin kiinnittää enemmän huomiota virheiden karsimiseen ja ennaltaehkäisyyn. Läpäisyajojen lyhentämisellä on suora vaikutus myös tuotantoprosessin tuottavuudelle, joka selittyy osittain toiminnan laadun kehittymisellä. Tuotantokustannukset pienenevät ja sitoutuneen pääoman määrä vähenee. (Haverila et al. 2005, 407)

3 TOIMINTAYMPÄRISTÖN ESITTELY

Toimintaympäristömme kuvitteellinen yritys valmistaa maa- ja metsätalouskoneita Suomessa. Työmme keskittyy yrityksen kokoonpanoon ja sen hallintaan. Kokoonpano on kaikkien tuotteiden kohdalla täysin tilausohjautuvaa. Komponenttivarasto on varasto-ohjautuva. Pyrimme luomaan kokoonpanon ja varastonohjauksen toimivuutta parantavan tuotantojärjestelmän modulaariseen maa- ja metsätalouskoneiden tuotantoympäristöön.

Yritys tilaa toimittajilta sekä raaka-aineita että valmiita komponentteja. Suurimmat asiakkaat ovat jälleenmyyntipisteitä, mutta myös yksittäiset suoratilaukset ovat mahdollisia.

Yrityksen päätuoteryhmät ovat traktorit, kuormatraktorit, lavamaasturit, leikkuupuimurit, paalaimet, harvesterit, ajosilppurit, ruiskut, etukuormaimet ja niittomurskaimet. Harvesterit, maatalouspaalaimet, ajosilppurit, ruiskut, etukuormaimet ja niittomurskaimet ovat hinattavia koneita. Niiden käyttö edellyttää hinaavaa konetta kuten traktoria. (John Deere. 2010)

Traktorit, kuormatraktorit ja lavamaasturit koostuvat seuraavista muun muassa seuraavista osista: moottori, voimansiirto, vaihteisto, ohjaus, jarrut, akselisto, sähköjärjestelmä, hydraulikka, mittaus- ja ohjausjärjestelmä, ohjaamo, runko sekä renkaat. Nämä ovat lopputuotteiden komponentteja. (John Deere. 2010) Lisäksi tarvitaan myös tuotekohtaisia komponentteja. Kaikkien tuotteiden metallirakenteiden osat valmistetaan määritellyiksi komponenteiksi valmistusyksikössä ja varastoidaan komponenttivarastoihin. Nämä komponentit ovat erikokoisia putkia, levyjä sekä muita aihioita. Hitsaus- ja muut liittämistyöt suoritetaan kokoonpanovaiheessa.

Kokoonpano koostuu erilaisista työstölaitteista. Tuotesuunnittelu on tehty kokoonpanon kannalta yksinkertaiseksi. Komponenteilla on erilaisia käyttömahdollisuuksia ja ne ovat helposti työstettäviä. Lopputuotteet kootaan kokoonpanoyksikössä täysin valmiiksi asti ja toimitetaan sen jälkeen asiakkaille.

Työstövaiheita, joita maa- ja metsätalouskoneiden kokoonpano käsittää, ovat muun muassa rakenteiden hitsaus, sorvaus, poraus, ruuvaus, moottorin asennus, jarrujen ja vaihteiston asennus, tarvittavien järjestelmien asennus, maalaus sekä renkaiden kiinnitys. Eri tuotteiden valmistukseen tarvitaan useita eri työstövaiheita.

Komponenteista pystytään kokoamaan useita variaatioita päätuoteryhmiin kuuluvista koneista. Yrityksellä on noin 30 erilaista rekisteröityä lopputuotetta. Näiden lisäksi yritys valmistaa myös täysin asiakasräätälöityjä tuotteita standardimoduuleista.

3.1 Solut

Yrityksen kokoonpano koostuu soluista. Jokaisessa solussa on tarvittavat työstövaiheet, joiden avulla pystytään valmistamaan valmis osa. Yksittäiset työvaiheet yhtyvät yhdeksi vaiheeksi. Solulla on aina oma tuoteisto valmistettavanaan, oma yhtenäinen alue, oma tuotantokalustonsa, omat siirto- ja nostolaitteensa, oma henkilöstönsä ja vastuu kaikesta toiminnastaan. Toimintaympäristömme koostuu osavalmistussoluista. Yksi solu valmistaa lopputuotteisiin kaikki teknisesti samanlaiset osat. (Lapinleimu, Kauppinen, Torvinen. 1997, 85 - 87)

Käyttämällä tuotantosoluja voidaan saavuttaa muutamia hyötyjä. Jonotus- ja läpäisyajat lyhenevät. Tuotantotehtävien ohjaus ja aikataulutus yksinkertaistuu, koska solussa on vain tarvittavat työstövaiheet valmiin osan valmistamiseen. Lisäksi solulayoutia käytettäessä tarvittava lattia-ala vähenee. Laatuvirheen sattuessa se huomataan heti, palaute edelliseen toimintoon on välitöntä. (Arnold, Chapman, Clive. 2003, 402)

Solumainen layout on yleensä työntekijän kannalta parempi. Työntekijä ei joudu kokoajan aloittamaan uudenlaista työtä vaan tekee samassa paikassa samankaltaista työtä. Uusien työvaiheiden omaksuminen peräkkäin ei ole tehokasta. Lisäksi solussa on aina tarvittavat työkalut esillä. (Niemi. 2008, 932)

Toimintaympäristömme koostuu muun muassa seuraavanlaisista soluista. Kopit valmistetaan valmiista levyistä ja tangoista paloturvallisessa huoneessa, jossa on

työluvat termisiin leikkauksiin ja hitsauksiin. Maalaus ja muu pintakäsittely tapahtuu omassa solussaan. Lisäksi kokoonpanoon kuuluu toinen paloturvallinen huone, jossa valmistetaan kaikki monimutkaisemmat metalliosat, kuten kaivinkourat, puimurin puintiosat, metsäkoneiden leikkuriosat ynnä muut sellaiset. Moottorin, vaihteiston, akselien, ohjausjärjestelmien ynnä muiden asennus tapahtuu yhdessä solussa. Renkaiden kiinnitykselle on oma solunsa.

3.2 Kokoonpano

Kokoonpano tarkoittaa omassa tehtaassa eri vaiheissa valmistettujen ja muualta hankittujen osien, komponenttien ja tarvikkeiden liittämistä toisiinsa lopullisen tuotteen tai tuotteen osan luomiseksi. Kokoonpano on perinteisesti käsityötä, vaikka nykyään koneistetut kokoonpanoratkaisut ovat hyvin kehittyneitä. Kokoonpanotyöt sisältävät käsittelemistä, siirtämistä, varastointia, liittämistä, muokkaamista, sovittamista ja tarkastamista. (Lapinleimu et. al. 1997, 111) Kokoonpanojärjestelmissä on useita mahdollisuuksia. Kehittämällä järjestelmää toimintaympäristöön sopivaksi parantuu tuotannon ohjattavuus huomattavasti.

Kokoonpano voi järjestäytyä paikka- tai linjakokoonpanon muotoiseksi. Paikkakokoonpano koostuu yksittäisistä työstöpaikoista, joita hoitaa yksi tai useampi ihminen. Paikkakokoonpanoa käytetään usein yksittäis- ja pieneräutuotannossa. Linjakokoonpano taas sopii suurille erille. Sen ajatuksena on jakaa työt vaiheisiin. Tuotteet liikkuvat linjan jokaisen työvaiheen läpi. (Lapinleimu et al. 1997, 112) Toimintaympäristömme kokoonpano on jakautunut soluiksi. Solut muodostavat paikkakokoonpanoympäristön. Solujen sisällä taas käytetään linjakokoonpanoperiaatteita.

Yrityksen kokoonpano käsittää myös kokoonpanon materiaalinhallinnan. Tarvittavat materiaalit ja komponentit varastoidaan komponenttivarastossa. Solujen yhteydessä ei ole varastointimahdollisuuksia. Materiaalit toimitetaan komponenttivarastosta soluille aina tarvittaessa.

3.3 Konfiguroidut tuotteet

Yrityksen tuotteet ovat konfiguroituja. Konfiguroitu tuote koostuu useista eri ominaisuuksista. Ominaisuudet voivat olla valinnaisia, joka tarkoittaa, ettei kaikissa tuotteissa ole kaikkia ominaisuuksia. Ominaisuuksilla voi olla myös versioita tai alaominaisuuksia. (Lapinleimu et. al. 1997, 111) Kaikki yrityksen traktorimuotoiset tuotteet ovat konfiguroituja. Ne koostuvat samoista osista eri lisälaitteineen. Asiakas voi tilata joko vakiomallin yrityksen kuvastosta tai suunnitella oman tuotensa annetuista komponenteista, ja yritys valmistaa asiakkaan haluaman tuotteen. Oletuksena on, että kokoonpano on varautunut kaikkiin mahdollisiin tuotevariaatioihin. Esimerkiksi moottoreita on tarjolla diesel- ja sähkökäyttöisiä eri teholuokilla, renkaita on erikokoisia, ja koneen toiminnalliset yksiköt määräytyvät käyttökohteen mukaan. Konfiguroitujen tuotteiden tuotanto perustuu moduulijatteluun.

Lopullisia tuotteita ei varastoida ollenkaan, koska moduuleista koottavien eri variaatioiden määrä on suuri ja lopputuotteet ovat kalliita. Lopputuotteiden kokoonpano tapahtuu siis vain asiakastilauksesta. Tässä työssä ei keskitytä komponenttivaraston hallintaa. Oletuksena on toimiva varastonohjausjärjestelmä, joka huolehtii tarvittavien moduulien saatavuudesta. Kaikki moduuleja ohjataan ennusteohjautuvasti.

Hiljattain useat yritykset ovat alkaneet suunnitella tuotteitaan perheittäin. Tuoteperhe koostuu samankaltaisista komponenteista rakennetuista tuotteista. Yksittäiset tuotteet voidaan erottaa vaihtoehtoisista yhdistelmistä niiden modulaarisen rakenteen perusteella. (Graves, de Kok. 2003, 222) Työssämme emme keskity tuotesuunnitteluun, mutta oletuksena on, että tuotteet on suunniteltu mahdollisimman yksinkertaistetuista standardikomponenteista, joista lopputuotteet on helppo koota.

3.4 Tuotantomuoto

Yrityksen tuotanto toimii assemble-to-order -periaatteella. Tämä tarkoittaa sitä, että lopputuotteen osat varastoidaan moduuleina ja kootaan valmiiksi tuotteiksi

asiakastilauksen tullessa. Moduuleja voidaan käyttää eri lopputuotteiden valmistukseen.

Assemble-to-order -periaate on luotu lisäämään tuotemonimuotoisuutta sekä saavuttamaan nopeaa reagointia kysynnän vaihteluihin pienillä kustannuksilla. ATO -järjestelmät ovat laajalti omaksuttuja monilla eri aloilla. ATO -ympäristö mahdollistaa viivästyttämisen sekä tuotteiden ja työstökoneiden kapasiteetin jakamisen sekä tasoittumisen. Kapasiteetin jakaminen usealle tuotteelle lisää kokoonpanon joustavuutta. (Yongbo et al. 2009, 156)

ATO -järjestelmä make-to-order -valmistusympäristössä, jossa valmistetaan suuria vaihtelevia tuotteita, on yleensä järjestäytynyt solumaiseksi. Useita tuotteita valmistuu rinnakkain ja sarjassa. Kokoonpanotyö on yleisesti manuaalista, eli työntekijöitä tarvitaan ja heidän kädenjälkensä on yleensä vastuussa laadusta. (Niemi. 2008, 933)

3.5 Joustava tuotanto

Massaräätälöinti on kehittynyt muoto massatuotannosta. Massatuotanto perustuu tuotteiden suurten erien valmistukseen ja näin kustannusten minimointiin. Massaräätälöinti pyrkii yhdistämään yksilöllisten asiakastilausten valmistuksen ja massatuotannon hyödyt yhteen. (Riihimaa, Ruohonen. 2002, 63) Työntöohjaus tukee yleensä massatuotannon käyttöä. Imuohjaus taas mahdollistaa toisistaan eroavien tuotteiden valmistuksen, jolloin tuotanto ei toimi yhtä optimaalisesti kuin massatuotannossa. Imuohjaus ei ole työntöohjauksen lailla harkitusti suunniteltua, mikä voi johtaa kapasiteetin heikkoon käyttöön. (Haverila et al. 2005, 422 - 423)

Tuotteiden asiakaskohtainen valmistaminen on useilla nykyajan markkinoilla välttämätöntä. Tuotantoa ei pystytä kuitenkaan asiakkaiden tarpeiden perusteella perustamaan uudelleen. Massaräätälöinnin saavuttamiseksi on parannettava tuotannon joustavuutta. Massaräätälöinti toteutuu tilanteissa, joissa asiakkaan räätälöimistarpeilla pystytään vastaamaan joustavalla tuotantojärjestelmällä. (Riihimaa et al. 2002, 64)

Toimintaympäristömme yksi tärkeimmistä kilpailutekijöistä on tuotannon mukautuminen asiakaskohtaisiin tuotteisiin. Suuria koneita valmistavilla yrityksillä on mahdollisuudet hyvinkin joustavaan tuotantoon. Tavoitteenamme työssämme onkin korostaa ratkaisussamme joustavuuden parantamista kokoonpanossa. Haluamme kokoonpanon ohjaus- ja suunnittelumenetelmällämme kehittää tuotannon joustavuutta.

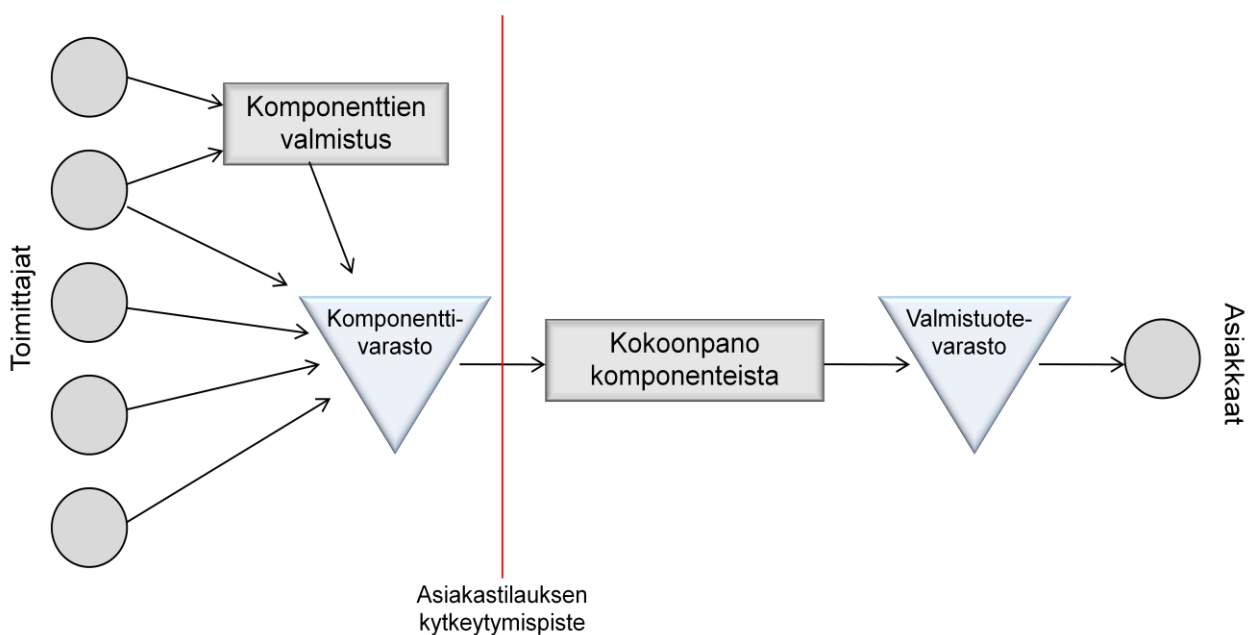
3.6 Toiminnanohjauksen tavoitteet

Yrityksessä pyritään saavuttamaan kaikki toiminnanohjaukseen liittyvät ristiriitaiset tavoitteet parhaalla mahdollisella tavalla. Yhtenä tavoitteena on suunnitella tuotantoerät niin, että prosesseille keskeiset resurssit ovat mahdollisimman tehokkaassa käytössä. Tällä tavoitellaan kapasiteetin korkeaa tuottavuutta. Tämän lisäksi halutaan minimoida vaihto-omaisuus, sillä vaihto-omaisuuteen sitoutuu huomattava osuus yrityksen pääomasta. Näin ollen valmistus- ja materiaalitoimintoja ohjataan siten, että raaka-aineisiin, keskeneräiseen työhön ja valmistuotevarastoihin sitoutuu mahdollisimman vähän pääomaa. Koska kapasiteetin korkea tuottavuus edellyttää valmistusta suurissa ja pitkissä sarjoissa ja näin ollen suuria varastoja, on tämä ristiriidassa vaihto-omaisuuden minimoivien pienien sarjojen ja puolivalmisteverastojen vähentämisen kanssa. (Haverila et al. 2005, 399 - 403) Tämän ristiriidan suhteen tulee yrityksen löytää niin sanottu kultainen keskitie, joka tuo mahdollisimman paljon arvoa prosessille.

Yrityksen tavoitteena on huolehtia sovituista toimitusajoista ja ylläpitää toimitusvalmiutta asiakkaiden tarpeiden mukaisesti. Tämä edellyttää raaka-aineiden, puolivalmisteiden ja valmistuotteiden varastointia sekä valmiutta pienten tuotantoerien valmistukseen. Toiminnanohjauksen tavoitteena on myös suunnitella tuotanto niin, että läpäisyajat pysyvät mahdollisimman lyhyinä. Näin voidaan vähentää keskeneräiseen tuotantoon sitoutuvaa pääomaa, kehittää toimitusvarmuutta ja laatua, sekä helpottaa kapasiteetin suunnittelua. (Haverila et al. 2005, 401 - 402)

Kuvassa 3 on esitelty mahdollisimman yksinkertaistetusti yrityksen toimintaympäristö. Kuvassa näkyy koko toimintaketju sekä ennustehjautuvan ja

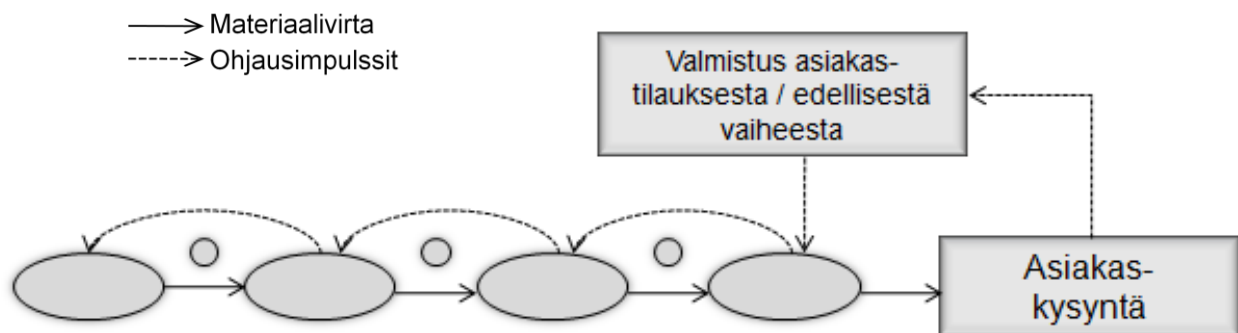
tilausohjautuvan tuotannon raja (asiakastilauksen kytkeytymispiste). Valmistuotevarasto käsittää vain tilauksesta valmistettujen tuotteiden väliaikaisen varastoinnin, ennen kuin ne toimitetaan asiakkaille. Se voidaan kuvitella ikään kuin jakeluvarastona, jossa valmiit tuotteet eivät viivy kauaa. Näin tähän varastoon ei sitoudu niin paljon pääomaa.



Kuva 3. Toimintaympäristö

4 IMUOHJAUSPERIAATE

Imuohjauksen perusajatuksena on tuotteiden ja osien valmistaminen vain todelliseen, välittömään tarpeeseen. Imuohjauksessa valmistusimpulssit kulkevat lopusta alkuun päin, jossa osia "imetään" kokoonpanoon ainoastaan vain välittömän tarpeen verran. Tilausimpulssi syntyy, kun osia käytetään tästä imuohjauspuskurista. Imuohjauksesta on olemassa useita erilaisia sovelluksia. (Haverila et al. 2005, 422 - 423) Imuohjauksen tavoitteena on tarjota yksinkertainen tuotannonohjausmenetelmä, joka lyhentää läpäisyajoja ja keskeneräistä työtä. Toimintojen keskinäinen riippuvuus on imuohjausperiaatteen perusperiaate. (Sipper, Bulfin. 1997, 543 - 545) Kuvassa 4 on esitelty imuohjausperiaatteen perusrakenne. Materiaali virtaa alavirtaan, ja informaatio ylävirtaan. Merkki alavirran toiminnosta sitä edeltävään ylävirran toimintoon kutsuu vaadittavaa määrää jotain komponenttia. (Sipper et al. 1997, 545)



Kuva 4. Imuohjausperiaate

Lean -ajattelu ymmärretään toimintojen johtamisen filosofiana, johon liittyy erilaisia työkaluja ja menetelmiä, jotka tukevat Lean -ajattelua. Näitä menetelmiä kutsutaan yleisesti Just-in-time -menetelmiksi. Osa näistä menetelmistä tunnetaan myös Lean -ajattelun ulkopuolella. Just-in-time -menetelmiin liittyy erilaisia suunnitteluun ja ohjaukseen liittyviä metodeja. (Slack, Chambers, Johnston. 2007, 469) Usein näistä kahdesta käsitteestä puhutaan yhtenä ja samana asiana. Työssämme käytämme käsitettä JIT -tuotantoajattelu.

4.1 Just-in-time -tuotantoajattelun elementit

Just-in-time -menetelmä on imuohjauksesta pidemmälle viety tuotantofilosofia. Just-in-time -tuotannolla tarkoitetaan Japanissa, Toyotan tehtailla, syntynyttä tuotantoperiaatetta, jossa toimintoja ohjataan niin, että ne tehdään juuri sillä hetkellä, kuin niitä tarvitaan. Filosofisesti sen tavoitteena on prosessien jatkuva kehittäminen ja turhan poistaminen. Sen tunnusmerkkeinä ovat korkea tuottavuus, pieni sitoutuneen pääoman määrä, korkea laatu sekä nopeat läpäisyajat. Perustana ovat selkeät ja yksinkertaiset tuotantojärjestelyt, jossa materiaalivirrat liikkuvat tehokkaasti. (Haverila et al. 2005, 428) Tuotantoprosessi on nopea, ja tämän johdosta muuttuviin asiakastarpeisiin pystytään reagoimaan nopeammin. (Haverila et al. 2005, 361) Just-in-time -järjestelmät yhdistävät sekä tuotannonohjauksen että -johtamisen. Sen menestymiseen vaaditaan neljä peruseriaatetta: tuhlauksen poistaminen, työntekijöiden sitoutuminen, laadunvalvonta sekä toimittajien osallisuus. (Sipper et al. 1997, 545)

4.1.1 Tuhlauksen poistaminen

Tuhlauksen poistaminen on luultavasti kaikkein merkittävin osa Just-in-time -ajattelua. Sen periaatteena on, että mitään, mikä ei lisää arvoa, ei tehdä. Toyota on määritellyt seitsemän tuhlauksen ilmentymää:

- ylituotanto
- odotusaika
- kuljetukset
- prosessit
- liike
- varastot
- virheet (Slack et al. 2007, 470)

Ylituotannolla tarkoitetaan todellisen tarpeen ylittäviä tuotantomääriä sekä tarveajankohtaa aikaisempaa tuotantoa. Odotusaikaa mitataan laitteiden ja työvoiman tehokkuudella, tavoitteena lyhyet asetusajat ja matalampi keskeneräisen työn taso. Valmistettavien tuotteiden turhat kuljetukset tehtaalla

tuhlaavat aikaa eivätkä lisää arvoa. Tämä voidaan ratkaista tehtaan layoutin tehokkaalla suunnittelulla, mikä tuo prosessit lähemmäksi toisiaan, kuljetusmetodien parantamisella sekä työpisteen hyvällä organisoimisella. (Slack et al. 2007, 470)

Prosesseissa tuhlausta aiheuttavat turhat työvaiheet, huonosti suunnitellut tuoterakenteet sekä huoltamattomat laitteet. Prosessit pitää suunnitella tehokkaiksi, ja tuoterakenteet yksinkertaisiksi ja helpoiksi koota. Laitteita huolletaan ennaltaehkäisevästi. Turha liike voidaan poistaa yksinkertaistamalla työvaiheet. Kaikki tuotteiden varastointi koetaan tuhlaukseksi, siksi kaikki varastot tulee poistaa. Tässä tosin täytyy huomata, että varastojen poistaminen ei itsessään poista varastoinnin tarpeen aiheuttajaa. Myös virheet ovat tuhlausta. Tarkoituksena on siis pyrkiä mahdollisimman laadukkaisiin tuotteisiin eliminoidakseen virheet. (Slack et al. 2007, 469)

Viiden S:n terminologia on yksinkertainen joukko periaatteita tuhlauksen poistamiseksi.

- 1) Lajittele (sort, *seiri*)
- 2) Suorista (straighten, *seiton*)
- 3) Siivoa (shine, *seiso*)
- 4) Standardisoi (standardize, *seiketsu*)
- 5) Ylläpidä (sustain, *shitsuke*) (Slack et al. 2007, 469)

4.1.2 Työntekijöiden sitoutuminen

Just-in-time -ajattelussa organisaation kulttuuri nähdään tärkeänä tukena tavoitteiden saavuttamiseen. Tämä voidaan saavuttaa sitouttamalla organisaation koko henkilökunta. Just-in-time -ajattelussa ihmisten johtaminen pyrkii kohti ryhmätyöskentelyä, ongelmien ratkomista ryhmissä, työn rikastamista ja kierrättämistä eri työntekijöiden kesken sekä kouluttamista useaan tehtävään soveltuvaksi. Tarkoituksena on rohkaista vastuunottamiseen sekä työhön sitoutumiseen ja omistautumiseen. (Slack et al. 2007, 473) Tämä menettelytapa johtaa parempaan työnlaatuun.

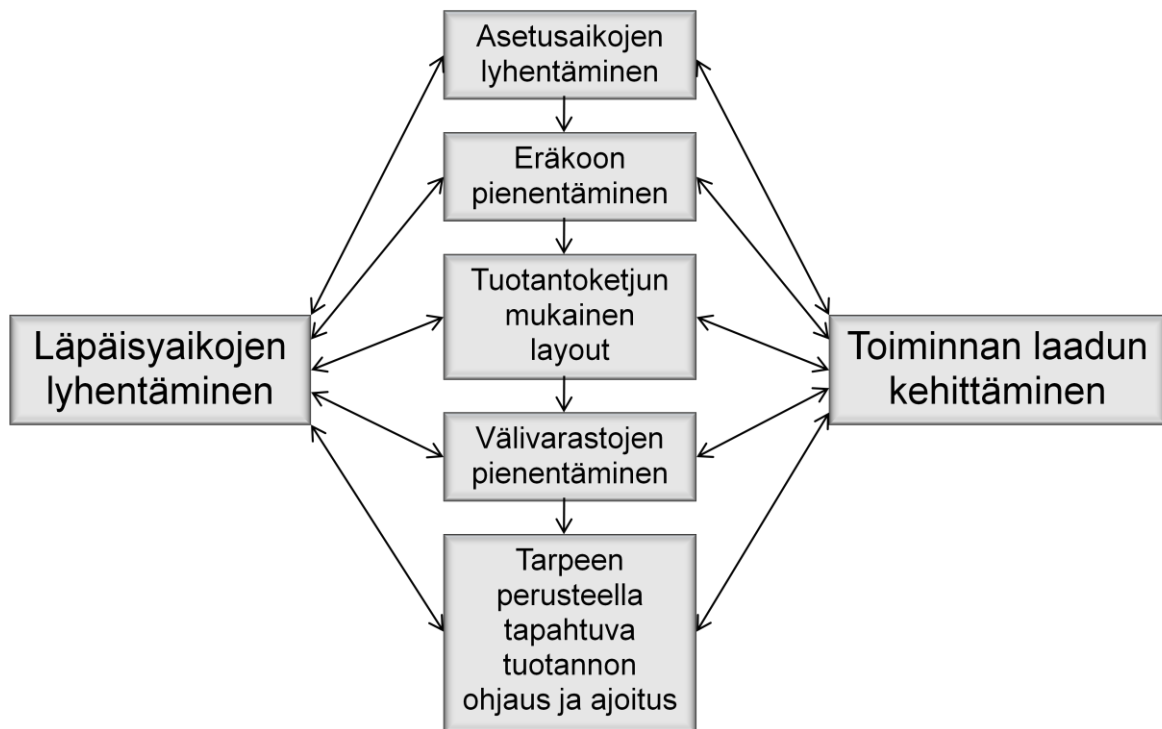
4.1.3 Laadunvalvonta

Laatuasiat ovat myös keskeisiä, sillä virheiden vaikutukset näkyvät nopeasti tuotannossa, josta välivarastot puuttuvat. Kaikki tuotannon osapuolet tietävät virheiden vaikutukset, sillä ne pysäyttävät tehtaan nopeasti. Siksi he pyrkivätkin estämään ennakolta virheiden syntyminen. Toisaalta myös mahdollisten virheiden syyt tulevat nopeasti esille, ja näin niiden syyt saadaan nopeasti ratkaistua. (Haverila et al. 2005, 361 - 362)

4.1.4 Toimittajien osallisuus

Just-in-Time -ajattelun yhtenä elementtinä on myös toimittajien osallisuus. Toimittajat koetaan kumppaneiksi, joita on vähän ja joiden kanssa luodaan pitkiä sopimuksia. Myös toimittajat halutaan saada sitoutumaan laatuajatteluun. (Sipper et al. 1997, 546) Toimittajien täytyy olla valmiita toimittamaan pieniä eräkokoja jatkuvalla syötöllä ja korkealla laadulla. (Raturi, Evans. 2005, 271)

Kuvassa 5 on esitelty Just-in-time -tuotannon kehittämisen vaiheet.



Kuva 5. Just-in-time -tuotannon kehittämisen vaiheet. (Haverila et al. 2005, 429)

4.2 Kanban -kortti

Kanbanit, eli merkinantokortit, ovat perusta Kanban -nimiselle imuohjaustekniikalle. Kanban -imuohjauskortteja on kahdenlaisia, kuljetus- ja valmistuskortteja. Kuljetuskortti on komponenttilaatikon kyljessä, kun laatikko saapuu kokoonpanoon. Kuljetuskortti siirretään keräilypisteeseen, kun laatikko otetaan käyttöön. Keräilypisteestä kortti välitetään komponentin valmistajalle, joka pakkaa laatikkoon tuotetta kortin ilmoittaman verran. Nämä tuotteet kuljetetaan kokoonpanopisteeseen, ja uudet kuljetuskortit haetaan samalla keräilypisteistä. Komponentit eivät ehdi loppua kokoonpanopisteestä toimitussyklin aikana, sillä yhdestä komponentista on liikkeellä useita kortteja. (Haverila et al. 2005, 423 - 424)

Osien valmistajalla on omat valmistuskorttinsa, jotka ovat osavalmistajan varastossa komponenttilaatikkojen kyljessä. Nämä kortit vapautuvat, kun komponentteja pakataan lähtettäväksi kokoonpanoon. Valmistuskortit siirretään tuotantoprosessin alkupäähän, jossa valmistuskortin määrittelemä tuotantoerä aloitetaan. Kun erä valmistuu, kortti kiinnitetään komponenttilaatikon kylkeen ja siirretään varastoon. Myöskään välivarastot eivät tyhjene tuotantomäärien vaihdellessa, koska valmistuskortteja on kierrossa useita kappaleita. (Haverila et al. 2005, 424)

Kanban -korttien määrä sekä tuotanto- ja kuljetuserien koko lasketaan karkeasuunnitteluvaiheessa. Korttien määrää ja eräkokoja muutetaan menekin muuttuessa. Ohjauksen optimointi tapahtuu vähentämällä hiljalleen korttien määrää ja pienentämällä niiden määrittelemiä eräkokoja. (Haverila et al. 2005, 424 - 425)

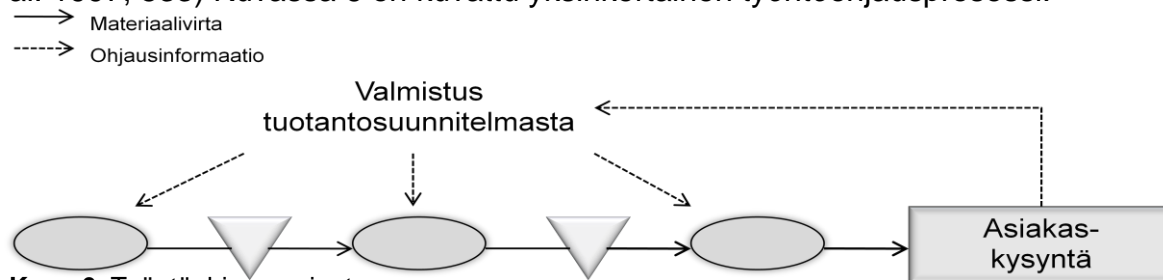
5 TYÖNTÖOHJAUSPERIAATE

Työntöohjaus perustuu valmistusohjelman suunnitelmalliseen käyttöön. Suunnitelman avulla valmistustehtäviä ohjataan ja koordinoidaan. Työntöohjaus on paljon käytetty menetelmä ja se soveltuu kaikenlaisiin ohjausmuotoihin. Toimiva työntöohjaus edellyttää selkeää ja hallittavissa olevaa valmistusprosessia, hyvää laatua ja kurinalaista toimintaa. Työntöohjauksessa päätökset perustuvat ennusteisiin, kun taas imuohjauksessa päätökset perustuvat todelliseen kysyntään. (Haverila et al. 2005, 422)

Tuotteet kulkevat valmistuksen eri työstövaiheiden läpi. Valmistuksella on läpimenon aloitusajankohta, valmistumisajankohta sekä läpäisy aika. Työntöohjauksen periaatteen mukaisesti ensimmäisenä tulee määrittää tuotannon valmistumisajankohta. Valmistumisajankohta määrittää aloitusajankohdan vähentämällä siitä läpäisyajan. Tuotteet työnnetään tuotannon läpi. Kun edellinen vaihe on valmis, tuote vietään seuraavaan työstökohteeseen. (Sipper et al. 1997, s. 533)

Työntöohjaus perustuu suunniteltuun tuotantoon, joka on aikataulutettu. Aikataulutettu järjestelmä työntää tuotantoa vaiheesta toiseen. Aikataulutuksen myötä tuotannon hallinta ja kapasiteetin käyttö paranevat. (Sipper et al. 1997, 533)

Työntöohjaus luo pitkälle tähtäimelle sopivan kokoonpanoa ohjaavan mallin. Ennusteet pohjautuvat usein aikaisempaan kysyntäinformaatioon. Ennusteiden luominen perustuu kokemukseen ja markkinatilanteen tuntemukseen. Työntöohjauksen käyttöä tukevat suuret tilauserät ja pitkät asetusajat. (Sipper et al. 1997, 533) Kuvassa 6 on kuvattu yksinkertainen työntöohjausprosessi.

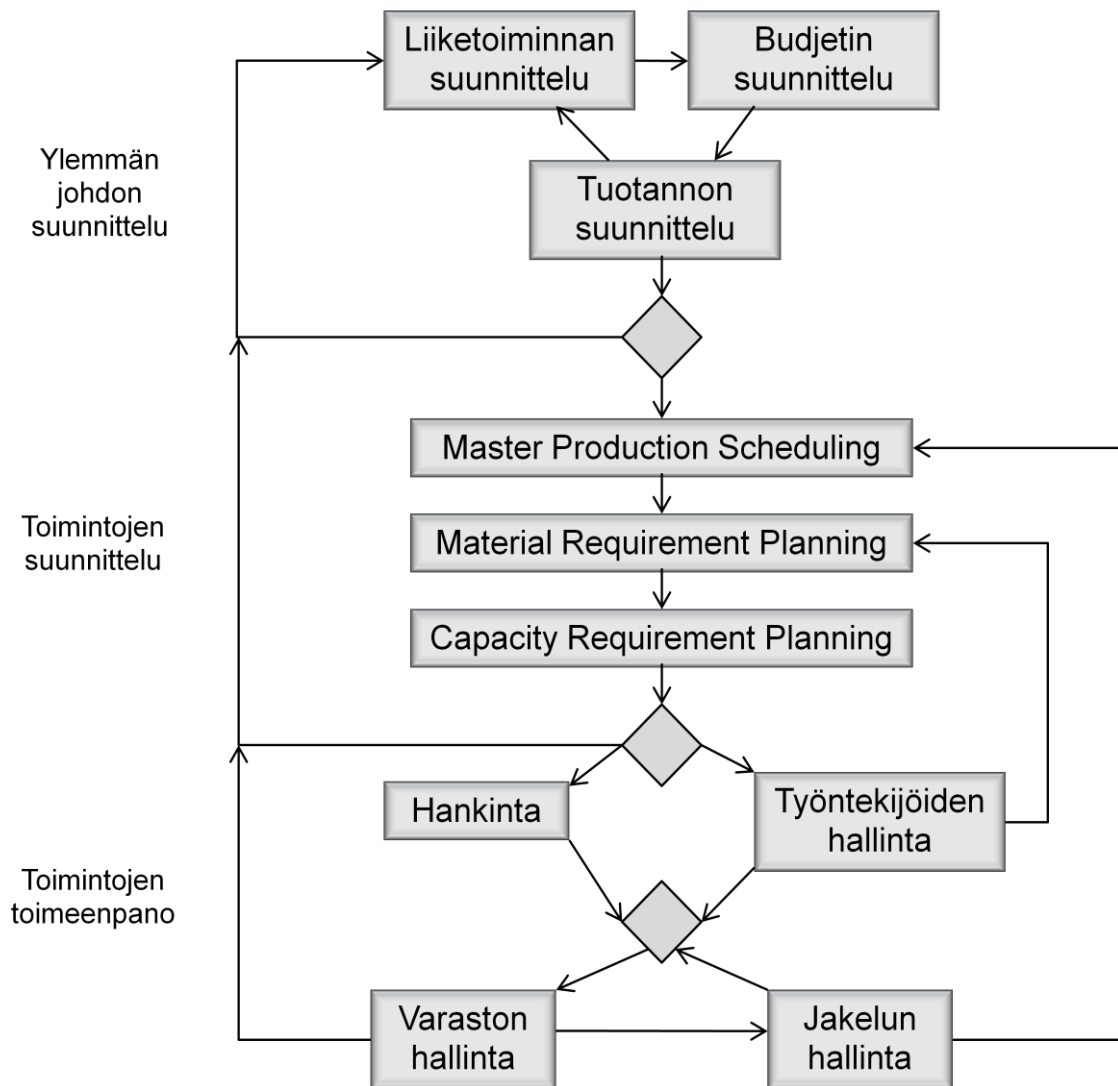


Kuva 6. Työntöohjausperiaate

5.1 Manufacturing Resources Planning

Työntöohjaus liitetään usein termiin Manufacturing Resources Planning (MRP-II). MRP-II on tuotannonohjausjärjestelmä, joka tähtää erinomaiseen tuotantoon. MRP-II on laaja metodi, jossa tietokoneen avulla suunnitellaan, aikataulutetaan ja kontrolloidaan tuotantoa. Se antaa johdolle työkalun suunnitella ja kontrolloida tuotantoa sekä sen sivutoimintoja. MRP-II mahdollistaa paremman asiakaspalvelun samalla pienentäen kustannuksia. Se on koko yrityksen laajuinen järjestelmä. MRP-II:lla mallinnetaan tuotteen reittiä, ja lasketaan siihen tarvittavia resursseja. Menetelmä seuraa tuotantokapasiteetin käyttöä, ja ettei sitä ylitetä. MRP-II sisältää myös kustannuslaskennan ja taloushallinnan näkökulmia tuotannonohjaukseen. (Sipper et al. 1997, 534)

MRP-II ja siihen kuuluvat toiminnot on esitetty kuvassa 7. Työssämme keskitymme MRP-II:n hyödyntämiseen vain kokoonpanon kannalta. Esittelemme työssämme MRP-II:n käyttämiä toimintoja Master Production Scheduling:a (MPS), Capacity Requirements Planning:a (CRP) sekä Materials Requirements Planning:a (MRP). Tutkimalla työntöohjauksen sopivuutta toimintaympäristöömme analysoimme kokoonpanon aikatauluttamista, kapasiteetin käyttöä sekä materiaalinhallintaa ilman varastointia.



Kuva 7. MRP-II -järjestelmän periaate (Sipper et al. 1997, 535)

5.2 Master Production Scheduling

Tietokoneohjelmien kehittyminen on mahdollistanut MPS:n laajat käyttömahdollisuudet. MPS toimii yleisien järjestelmien tavoin eli sen tavoite on muuttaa määritellyt input-tiedot halutuiksi output-tiedoiksi. (Sipper et al. 1997, 321) MPS on tärkein työkalu kokoonpanon suunnitteluun ja kontrollointiin. MPS koordinoi markkinamäärät ja sisäiset resurssit. Se toimii strategisen suunnittelun, aikataulutuksen ja toimeenpanon välisenä linkkinä. MPS:n avulla pystytään

maksimoimaan resurssien käyttö ja palvelutasot sekä minimoimaan varastotasot. MPS pyrkii optimaalisen aikataulutussmallin luomiseen. (Soares, Vieira. 2007, 449)

MPS:n lähtötietona on tuoteperhekohtaisesti lähitulevaisuuden kappalemääräinen tietyinä ajanjaksona valmistettava tuotanto. MPS perustuu ennustettuihin tilausmääriin. Se on tuotannon suunnitelma. Se kertoo, kuinka monta tuotetta tulee valmistaa ja milloin ne tulee valmistaa. MPS sisältää kriittistä tietoa varastotasoista, kapasiteettia rajoittavista tekijöistä, komponenttien saatavuudesta ja tuotannon läpäisyajoista. (Sipper et al. 1997, 321) MPS sopii make-to-stock, make-to-order sekä assemble-to-order -tuotantoympäristöille. Assemble-to-order -toimintatavalle tehdään usein kaksi aikataulua, toinen varasto-ohjautuvaa ja toinen asiakasohjautuvaa tuotantoa varten. (Sipper et al. 1997, 322)

Ajanjaksolle kohdistuva tilaus kuluttaa sen jakson ennustetta. Tilausten syntymisiin on varauduttu etukäteen MPS -suunnitelmassa, joten yksittäiset tilaukset eivät aiheuta välittömästi muutoksia tuotantosuunnitelmiin, vaan niihin on varauduttu etukäteen ennusteiden avulla. Ennusteista poikkeavien tilauserien tullessa MPS:ään voidaan joutua tekemään muutoksia, ja vähentää muiden tuotteiden tuotantomääriä. MPS:n lähtökohtana on aina lopputuote. Lopputuotteiden määrät ja ajoitukset ohjaavat tuotantoa. (Sipper et al. 1997, 323)

Keskitymme työssämme MRP-II:n osalta MPS:n analysointiin. Rajasimme työtämme keskittymään vain kokoonpanoon toimintaympäristön kannalta. MPS on juuri valmistuksen suunnittelu- ja aikataulutustyökalu. Jätämme työssämme materiaali- ja kapasiteettihallinnan tarkoituksella vähemmälle huomiolle.

5.3 Material Requirement Planning

Aikataulutuksen materiaalitarpeita ja -virtoja pystytään hallitsemaan Material Requirement Planning:n avulla. Se on MPS:n tapaan tietokonelähtöinen ohjelma, joka laskee materiaalitarpeita. MRP:n avulla voidaan laskea myös työvaiheiden tarpeita. MRP:n tehtävä on määrittellä tarvittavien erillisten komponenttien tai raaka-aineiden määrät ja ajankohdat. MRP:n avulla voidaan hallita kaikkea

yrittäjien hankinnoista valmistuksen tietyn hetkisiin materiaalitaipeisiin. (Sipper et al. 1997, 337)

MRP -järjestelmä tarvitsee lopputulokseen pääsemiseen alkutietoja. Tärkeimmät syötettävät tiedot ovat MPS, varastotasotiedot ja tuotteiden rakennetiedot. MRP:n päätavoite on muuttaa lopputuotteiden ajoitukseen perustuvat aikataulutuksien tarpeet yksittäisiksi komponenttitarpeiksi. (Sipper et al. 1997, 337)

MRP -prosessiin kuuluu neljä eri vaihetta. Ensimmäisenä määritetään valmiiseen tuotteeseen tarvittavat komponentit ja tuotteen rakennetiedot. Toinen vaihe on sopeuttaa kokonaiskomponenttitarpeet varastotasoihin ja määrittää tarvittavat tilaustiedot. Prosessin kolmas osa on tasapainotus. Siinä määritellään töiden aloitusajankohta. Tarpeet sovitetaan läpäisyajkojen tai materiaalitaimitusaikojen mukaan. Viimeisessä vaiheessa määritellään tilattavien materiaalien eräkoot ja valmistuserät. (Sipper et al. 1997, 337)

5.4 Capacity Requirement Planning

MRP varmistaa oikeiden materiaalien toimituksen MPS:n aikataulutettuun työjärjestykseen. Kun materiaalitaiaskenta on suoritettu kapasiteettisuunnittelu varmistaa, että tarvittavat resurssit ovat saatavilla. Kapasiteetin suunnitteluun on kehitetty useita eri työkaluja. (Greene, DeLurgio, Grant, Greene, Kaye, Muscatello, Sheaks, Tower. 1997, kpl 10)

Lattiatason kapasiteettipäätöksentekoon tarvitaan yksityiskohtaista tietoa työn määrästä. CRP on työkalu, joka tunnistaa lyhyen ajan ristiriitaisuuden tarvittavan ja olemassa olevan kapasiteetin välillä. CRP:tä käytetään valmistuksessa ja suunnittelussa sopeuttamaan lyhyen ajan kapasiteetit toteuttamaan kapasiteettisuunnittelun tavoitteita. CRP toimii MPS:n yhteydessä. (Greene et al. 1997, kpl 10.17)

MPS:n toimivuuden takaamiseksi on huolehdittava tehtaassa kapasiteetin riittämisestä. Muun muassa valmistuksen tiloilla, työstökeskuksilla, koneilla ja työkaluilla on rajoitetut kapasiteetit. Tuotteita ei voida valmistaa tarpeeseen rajattomasti tietyn ajanjakson aikana. MPS:n suunnitelma voi johtaa kapasiteetin

puutteeseen, jolloin tulee lisätä kapasiteettia tai muuttaa MPS:ää. Toisaalta MPS:ssä tuotannon kapasiteetin alle voi jäädä toimetonta kapasiteettia. CRP on enemmänkin tietotyökalu kuin päätöksentekotyökalu. Se ilmoittaa MPS:n yhteydessä kapasiteetin yli- tai alikäytöstä, mutta ei korjaa tilannetta. (Sipper et al. 1997, 323 - 324)

6 OHJAUSJÄRJESTELMIEN ARVIOINTI JA VALINTA

Tavoitteenamme oli soveltaa JIT -menetelmää toimintaympäristöömme. Halusimme parantaa JIT:n sopivuutta maa- ja metsätalouskoneita valmistavien yritysten kokoonpanoon sopivaksi käyttämällä piirteitä MPS:stä sekä muista MRP-II:n osa-alueista.

6.1 Menetelmien analysointi ja vertailu

MPS:llä ja JIT:lla on monia yhtäläisyyksiä, eikä näitä tulisikaan ajatella toistensa vastapuolina. (Lysons et al. 2006, 347) Onkin hiukan ironista, että niillä on samanlaisia tavoitteita. JIT tavoittelee sisäisten ja ulkoisten prosessien yhdistämistä näkymättömillä kantajilla, jotta osat liikkuisivat vain vastatakseen koordinoituihin ja synkronoituihin signaaleihin asiakkaan kysynnästä. MPS tavoittelee heijastuvaa asiakaskysyntää ohjaamalla tuotteet valmistumaan vain, kun niitä tarvitaan kohdatakseen kysynnän. (Slack et al. 2007, 487) MRP-II on käytännössä toimiva menetelmä. JIT:n yhtenä tarkoituksena on käytännön toiminnan lisäksi jatkuvasti kehittää yrityksen toimintaa. JIT luo yritykselle jatkuvasti tavoitteita, esimerkiksi läpäisy- ja asetusajkojen lyhentämistä, sekä pyrkii tavoitteiden toteutumiseen. (Sillince, Sykes. 1993)

MPS:n ja JIT:n vastakkaisia ominaisuuksia pystytään tutkimaan työntö- ja imuohjauksen kautta. Työntöohjausta voidaan kuvata keskitetyksi päätöksenteoksi ja imuohjausta hajautetuksi päätöksenteoksi. Suunnittelu eli MPS:n käyttö on ”työntöohjausta” ja toimeenpano eli JIT:n käyttö on ”imuohjausta”. Työntöohjaus voidaan määritellä tarkoittamaan ”tarjontaa” ja imuohjaus ”kysyntää”. Työntöohjausta käytetään usein varasto-ohjautuvaan tuotantoon, suuriin eräkokoihin ja mahdollisimman suureen kapasiteetin käyttöasteeseen. Imuohjaus taas liitetään pieniin varastoihin ja eräkokoihin. (Greene et al. 1997, kpl 11.18) Taulukossa 1 on kerrattu ja vertailtu joitakin MPS:n ja JIT:n eri piirteitä.

Taulukko 1. MRP:n ja JIT:n vertailu (Lysons et al. 2006, 348)

Ohjaujärjestelmien	MPS	JIT
Ominaispiirteitä		
Menetelmä	Työntö/imuohjaus	Imuohjaus
Keskittyminen	Pullonkaulat	Laatuasiat
Tuotoksen taso	Muuttuva tuotantosuunnitelma	Kerrostettu suunnitelma
Työn oikeuttaminen	MPS	Kanban
Varaston asema	Varastointi ok, mitä vähempi sen parempi	Eliminoidaan varastot
Ohjauksen muoto	Johdon raportit	Lattiataso, visuaalinen
Kapasiteetin sovittaminen	CRP	Visuaalinen, välitön
Aikataulutus	MPS kertoo: ”mikä tehtävä seuraavaksi?”	Kanban kertoo: ”tee se nyt!”

6.1.1 MPS:n analysointi

MPS tunnistaa tulevaisuuden kysynnän. Se muodostaa pysyvät läpäisyajat käyttäen tietokonetta laskeakseen mitä ja milloin pitää valmistaa. Sen tuotoksena on aikaperusteinen tarvesuunnitelma, jotka on keskitetysti laskettu ja koordinoitu. MPS on erinomainen työkalu suunnitteluun, mutta ohjauksessa se on kehnompia menetelmiä. (Slack et al. 2007, 487)

MPS toimii erittäin hyvin ympäristössä, jossa kysyntä on vaihtelevaa ja epävarmaa. Lisäksi se on hyvin tehokas vastaamaan tuotesuunnittelu- ja prosessimuutoksiin. MPS:llä on kuitenkin huonojakin puolia. Se on erittäin riippuvainen kaikenlaisesta datasta. Tietoa tarvitaan paljon ja sen pitää olla tarkkaa sekä ajallaan. Tämä voi olla suuri ja kallis taakka organisaatiolle. Ympäristössä, joka on stabiili tuotesuunnittelussa, prosesseissa ja

asiakaskysynnässä, voi toimia jopa paremmin vähemmän tietointensiivisellä järjestelmällä. (Arnold et al. 2003, 423)

Suunnitelmiin perustuvan mallin käytössä kokoonpanonohjauksessa on paljon etuja, mutta myös joustavuuden kannalta heikkouksia. Suunnittelujaksojen välille syntyy väistämättä puskurointia, eli edeltävän jakson täytyy valmistua ennen seuraavan alkamista. Suunnittelujaksoa lyhentämällä pystyttäisiin nopeuttamaan läpäisyä, mutta se ei aina ole mahdollista. Heikkoutena voidaan pitää myös priorisointimenetelmien puutetta. (Harju. 1998, 77 – 78)

MPS:n käytön onnistuminen yrityksissä vaatii yleensä monimutkaisia lisäsovelluksia toimiakseen täydellisesti. MPS:n toimiminen ATO -ympäristössä on kyseenalaista. Lopputuotetta ei ATO -ympäristössä tunneta ennen sen valmistamisajankohtaa. MPS:n soveltaminen ATO -ympäristöön ei yksinään ole sopiva ratkaisu. Määritellyssä toimintaympäristössä ainoa vaihtoehto lähteä valmistamaan lopullista tuotetta on seurata asiakkaan sille asettamia vaatimuksia. (Soares et al. 2007, 550)

6.1.2 JIT:n analysointi

JIT -menetelmä eroaa lähes täysin MPS -menetelmästä, kun verrataan menetelmille sopivia toimintaympäristöjä. JIT -menetelmälle sopivassa ympäristössä prosesseista eliminoidaan tai vähennetään kaikki epävarmuustekijät ja tuotannosta halutaan mahdollisimman stabiilia ja ennakoitavaa. (Arnold et al. 2003, 423) JIT on hyvä ohjauksessa mutta huono suunnittelussa. JIT tähtää kysynnän kohtaamiseen välittömästi yksinkertaisilla ohjausmenetelmillä. Tämä onnistuu, jos kokonaisläpäisy aika on lyhyempi kuin kysynnän läpäisy aika. JIT:n voi olla vaikea vastata kysynnän yhtäkkiseen kasvamiseen. Se toimiikin parhaiten tasaisen kysynnän ympäristöissä. Tämän lisäksi se suosii yksinkertaisia tuoterakenteita. (Slack et al. 2007, 487)

Just-in-time -ajattelun etuja organisaatiolle ovat vähentyneet välilliset kustannukset, tyydyttämättömän laadun nopea havaitseminen ja korjaaminen, nopea reagointi tekniikan muuttamiseen, hallinnollinen tehokkuus sekä parempi tuottavuus. (Lysons, Farrington. 2006, 343 - 344)

Jotkin organisaatiot ovat kokeneet ongelmia Just-in-time -ajattelun kanssa. Imuohjauksen haittoiksi voidaan määritellä sen lyhytnäköisyys. Tulevaisuuden tapahtumia ei yritetä tunnistaa, jolloin niihin ei pystytä varautumaan. Imuohjaus ei myöskään toimi, jos tuotevariaatioiden määrä on suuri. Tämä on heikkous, joka estää joissain tapauksissa JIT:n ohjaustekniikan soveltumisen kokoonpanoon määritellyssä toimintaympäristössä. Suuret määrät asiakkaita, joilla on omat erityistarpeensa aiheuttavat todellisia haasteita JIT:n käytölle. (Sipper et al. 1997, 593)

JIT pyrkii poistamaan varmuusvarastot, jolloin piilee vaara komponenttien loppumiselle. JIT ei myöskään sovellu tuotteille, joilla on lyhyt elinkaari. Se soveltuu paremmin virtaavalle kuin erätuotannolle. JIT voi vaatia investointeja organisaation kouluttamiselle, jotta sen tärkeä elementti, työntekijöiden (koko organisaation) sitoutuminen, toteutuu. (Lysons et al. 2006, 344 - 345) JIT:n heikkoutena pidetään myös sen joustamatonta sopeutumista monimutkaisiin valmistusympäristöihin sekä tuotannon katkoksiin. (Sillince et al. 1993)

JIT voi epäonnistua hyvin epävakaaassa ympäristössä sen hyvin reaktiivisen luonteen takia. Vaihtelevuus asiakaskysynnässä, prosesseissa ja tuotesuunnittelun muutoksissa voi vaikeuttaa JIT:n tehokasta toimintaa. (Arnold et al. 2008, 423) JIT ei varsinaisesti ole suunnittelu- ja ohjausjärjestelmä. Se on kokonainen filosofia ja joukko tekniikoita, joita voidaan käyttää valmistavan tehtaan toiminnan suunnittelussa ja ohjaamisessa. JIT -valmistus tarvitsee vielä suunnittelu- ja ohjaustoimintoja. (Arnold et al. 2003, 411)

JIT:n käyttö kokoonpanossa riippuu myös toimitusnopeuksista. Imuohjauksen edellytyksenä ovat raaka-aineiden ja komponenttien lyhyet toimitusajat. Määrittelemäämme toimintaympäristöön tilataan toimittajilta monimutkaisiakin komponentteja, joiden toimitusnopeudet eivät välttämättä ole nopeat. Imuohjauksen yhtenä ongelmana on pidetty muutostilanteiden sattuessa huonoa reaktiokykyä. Informaatio kulkee puskuri puskurilta taaksepäin. Tällöin tiedon kulku voi kestää kauan. (Hannus. 1994, 165)

6.1.3 Menetelmien yhdistäminen

JIT ja MRP-II -yhdistelmiä käytetään yleisesti. Näistä voidaan erottaa JIT -push ja JIT -pull menetelmät. JIT -push -menetelmässä keskustietokoneeseen pohjautuva MRP-II tekee tuotannon aikataulutuksen ja raaka-ainetarpeet jaksolähtöisesti. Jokaiselle solulle ladataan listat aikatauluista, joita solujen tulee noudattaa. JIT -pull -menetelmässä MRP-II tarjoaa mahdollisen MPS -aikataulutuksen jokaiselle solulle, joissa imusignaalit käynnistävät raaka-aineiden hankintapäätökset. (Sillince et al. 1993)

Käytännössä yritykset käyttävät usein yksilöllisiä MRP-II ja JIT yhdistelmiä, joissa on valittuja piirteitä molemmista menetelmistä. Esimerkiksi lievä JIT-MRP-II -yhdistelmä voi olla seuraavanlainen. Yritys eliminoi varastohuoneet ja vähentää varastointia mutta jatkaa kuitenkin MRP-II:n käyttämistä työntämällä osia vaiheesta toiseen. Menetelmän hyviä puolia ovat, että se sisältää joitain mitattavia hyötyjä ilman suuria muutoksia työtavoissa. (Sillince et al. 1993)

Toinen esimerkki hybridijärjestelmästä on esitetty seuraavanlaisesti. JIT:n yksi ongelma on tarvittavien solujen lopputuotteiden vaihtelevat tuotantomäärät. JIT on suunniteltu tuottamaan jokaiselle solulle käytännöllisesti katsoen tasaista määrää joka viikko. Ratkaisu tähän on muuttaa erilliset tilaukset viikoittaisiksi virroiksi MPS:n sisällä, mutta tilausten vapauttaminen tuotantoon MRP-II:n avulla lopetetaan. Tilaukset tulee jakaa yhden tuotteen eräkokoihin ja tuotantoa tulee jatkaa tyyppilliseen JIT -tapaan. (Sillince et al. 1993)

6.2 Ohjausmenetelmän valinta

JIT soveltuu karkeasti sanottuna erinomaisesti yksittäis- tai pienerätuotantoon, jossa kysyntä on tasaista. MPS taaskin saattaa toimia huonosti ATO -ympäristössä, jos tehdyt ennusteet ja toteutuneet asiakastilaukset eivät kohtaa. Lisäksi yksittäis- tai pienerätuotannossa ei pystytä hyödyntämään massatuotannon hyötyjä, joita MPS käyttää hyväkseen. Valmis aikataulu ei myöskään ole kovin joustava, eikä se tue joustavaa valmistusta, sillä ohjelma ei tunnista kaikkia valmistuksen mahdollisia työjärjestyksiä tai vaihtoehtoisia

työstövaiheita. Seuraavissa kappaleissa on esitelty varsinaiset ratkaisumme määriteltyyn toimintaympäristöön soveltuvista tuotannonohjausjärjestelmistä.

6.2.1 Hybridijärjestelmä

JIT on paljon kehuttu filosofia. Se on yksinkertainen käytössä, mutta käyttöönotto vaatii perehtymistä ja omistautumista koko filosofialle. Mahdolliset edut JIT:n käytöstä ovat huomattavat niin tuottavuudeltaan kuin työntekijöiden viihtyvyydenkin kannalta. JIT sopii toimintaympäristöömme, sillä maa- ja metsätaloustekoneita valmistavat keskikokoiset ja suuret yritykset valmistavat lähes poikkeuksetta tuotteensa asiakasräätälöidysti ja pienissä erissä. Lopputuloksena suosittelemme määritetyntylaisille yrityksille JIT -filosofian käyttöönottoa. JIT mahdollistaa kehittyvän, arvostetun ja tuottavan työympäristön.

Työmme suosituksena on siis hyödyntää JIT -menetelmää määritellyssä toimintaympäristössä. Toimintaympäristömme kysyntä ei ole oletetusti kovinkaan tasaista. Kysyntä vaihtelee kausittain ja sen ennustettavuus on vaikeaa. JIT määrittelee kokoonpanon ohjauksen tapahtuvan ohjausimpulssien avulla. Impulssit vaativat toimiakseen parhaimmillaan tasaisen kysynnän. Kokoonpanon ohjaus on vaativaa ja haluamme työssämme kyseenalaistaa JIT:n käytön sopivuutta itse kokoonpanon suunnitteluun. Ratkaisussamme haluamme korostaa suunnittelun tärkeyttä kalliiden maa- ja metsätaloustekoneiden valmistuksessa.

MPS ei käy mielestämme heikkouksiensa myötä ohjaamaan kokoonpanoa kyseessä olevassa ympäristössä. MPS:stä toimiva ominaisuus toimintaympäristöömme on suunnitelmallisuus ja aikataulutus. MPS:n muista ominaisuuksista analysoimme olevan enemmänkin haittaa yritysten toiminnalle.

Toimitusajat ovat pitkiä, n. 5 – 8 viikkoa, maa- ja metsätaloustekoneita valmistavilla yrityksillä. Toimitusajalla ei ole suurta kilpailuvalttia. Tämän vuoksi kannattaa muuttaa JIT -menetelmää kontrolloitavammaksi. Lisäämällä suunnitelmallisuutta JIT:n kokoonpanon ohjaukseen pystytään esimerkiksi kysynnän ollessa normaalia alhaisempaa ajoittamaan valmistuksen seisokit, korjaustoimenpiteet ja suunnitella ennaltaehkäisevät korjaustoimenpiteet kokoonpanon etenemisen mukaisesti.

Suunnitelmallisuuden myötä koko yritys pystyy valmistautumaan etukäteen erilaisiin tilanteisiin.

Monet yritykset, jotka käyttävät JIT -menetelmää, käyttävät sitä väärin omaksumatta koko filosofiaa. Esimerkiksi yritykset saattavat käyttää pelkästään Kanban -kortteja eivätkä omaksu muita JIT:n elementtejä, jolloin menetelmän edut jäävät saavuttamatta. Tämä kertoo JIT -menetelmän omaksumisen vaikeudesta. Mielestämme tässä ympäristössä se monimutkaistaisi liikaa toimintoja ja siksi halusimmekin hyödyntää elementtejä myös MPS -menetelmästä.

Haluamme soveltaa toimintaympäristöömme MPS -menetelmää ilman sen haittavaikutuksia. Ratkaisumme perustuu JIT -pull menetelmään. Lisäksi siihen on otettu vaikutteita toimivista MPS:n ja JIT:n yhdistelmistä. Toimintaympäristömme tulisi toimia tuotantocykleissä, esimerkiksi 2 -3 viikkoa. Tämän syklin aikana koottaisiin aikataulutettu suunnitelma todellisesta kysynnästä, joka toteutettaisiin valmistuksessa seuraavassa syklissä. Tällöin MPS:n huonot puolet eivät tule esiin, koska suunnitelmaa ei luoda ennusteiden pohjalta. Aikataulutettu suunnitelma ajateltaisiin ”jäädytettynä suunnitelmana”, johon kuitenkin pienten muutosten tekeminen on mahdollista.

JIT -menetelmästä valitsimme seuraavia piirteitä sovellettavaksi toimintaympäristöön. Ensinnäkin tehtaan layout tulisi suunnitella tehokkaaksi ja solumaiseksi niin, että työstövaiheet ovat lähellä toisiaan, ja turhat kuljetukset voidaan poistaa. MPS -menetelmä toimii hyvin MRP:n kanssa, ja solujen materiaalinhallinta toteutettaisiinkin MRP:llä. Lisäksi valitsimme JIT -menetelmän yhden pääpilarin, asetusajojen lyhentämisen. Tämä onnistuu suunnittelemalla prosessit ja työpisteet tehokkaiksi, joissa työkalut ja materiaalit ovat aina saatavilla tarvittaessa.

Näiden lisäksi toimintaympäristössä työntekijöitä motivoitaisiin ja koulutettaisiin sekä heille annettaisiin vastuuta lattiatasolle. Työntekijät otettaisiin mukaan kehitystyöhön. Koneita ja laitteita huollettaisiin ennaltaehkäisevästi, jolloin viat voitaisiin ehkäistä ennen niiden syntymistä. Näitä elementtejä hyödynnettäessä

voitaisiin saavuttaa parempaa toiminnan laatua sekä lyhyempiä läpäisyajoja. Tästä pystyisi haluttaessa helposti kehittämään toimintaa täysin JIT -ohjautuvaksi.

Kanban -korttien soveltaminen yritykseen vaatii omaksutun JIT -filosofian. Suosittelemmekin toimintaympäristön kaltaisia yrityksiä siirtymään JIT -filosofiaan portaittain. Suosituksemme on hybridiratkaisu, jonka kehitysmahdollisuutena on täysi JIT -filosofian hyödyntäminen. JIT ei ole kovinkaan käytetty vielä tänä päivänä. Yritys, joka soveltaa suositustamme on valmis tarvittaessa siirtymään JIT:n kokonaisvaltaiseen käyttöön, mutta hakee myös kehitysmahdollisuuksia muista tuotannonohjausjärjestelmistä, jotka voivat olla vielä kehittymässä.

JIT:n edut tulevat esiin kokonaisvaltaisessa käytössä. Yrityksen ei tule hakea kaikkia etuja vaan vain niitä, jotka ovat tarpeellisia. JIT -filosofia vaatii suuren omaksumisen. Tuotannonsuunnittelujärjestelmät ovat kuitenkin kehittyvät oppiala, joten uusia mahdollisuuksia syntyy tulevaisuudessa. Yritysten tulisikin jättää JIT -filosofiaan omistautuessaan kuitenkin mahdollisuuksia muiden menetelmien käyttöönotolle.

6.2.2 Just-in-time -järjestelmä

Jos kuitenkin yrityksen kysyntä kasvaisi ja tasaantuisi, voisi toimintaympäristöömme hyödyntää täydellistä JIT -järjestelmää. JIT -filosofiaa tulee ratkaisussamme hyödyntää vain kilpailutilanteen sitä vaatiessa.

Tällöin kokoonpano toimisi täysin imuohjautuvasti ilman varsinaista tuotantosuunnitelmaa, missä tuotteita valmistettaisiin vain välittömään tarpeeseen. Keskeneneräisten tuotteiden sekä solujen materiaalinhallinnan ohjaus tapahtuisi Kanban -korteilla. Lisäksi tehtaassa olisi tehokas, solumainen layout, lyhyet asetusajat, motivoituneet työntekijät ja ennaltaehkäisevää kunnossapitoa. Myös hankinnat voitaisiin toteuttaa Just-in-time.

JIT:a pidetään yleisesti parempana, kehittyneempänä ja nykyaikaisempaa ohjausmenetelmänä. Toimiessaan oikein sillä on todella hyvät edut. Kirjallisuudessa JIT:a pidetään todella toimivana ja tehokkaana ratkaisuna. Käytännössä kuitenkin muut ohjausmenetelmät ovat käytetympiä. Maa- ja

metsätalouskoneiden valmistavat yritykset Suomessa eivät ole omaksuneet JIT:n käyttöä. Tämä saattaa johtua siitä, että JIT:n hyödyt jäävät vähäisiksi tällä toimialalla. Lisäksi JIT:n käyttöönotto vaatii omaksumista, paneutumista, hyvää yhteishenkeä ja koulutuksia. Jos kilpailijat kehittävät toimintaansa ottamalla JIT:n käyttöön, olisi ratkaisumme pohjalta hyvät mahdollisuudet omaksua JIT - järjestelmä.

7 YHTEENVETO

Työmme tavoitteena oli kehittää määritellyn toimintaympäristön kokoonpanolinjan ohjausta. Lähdimme aluksi tutkimaan tilannetta MRP-II:n ja JIT:n avulla. Syvennymme MRP-II:n osalta MPS:n käyttämiseen, sillä kyseessä oli pelkän kokoonpanolinjan kehittäminen. Halusimme luoda käyttökelpoisen kokoonpanon ohjausjärjestelmän määritellyn toimintaympäristön kaltaiselle yritykselle.

Päädyimme tutkimustyössämme suositukseen käyttää määritellyssä toimintaympäristössä JIT -menetelmää, sillä maa- ja metsätalouskoneita valmistavat keskikokoiset ja suuret yritykset valmistavat lähes poikkeuksetta tuotteensa asiakasräätälöidysti ja pienissä erissä. JIT mahdollistaa kehittyvän, arvostetun ja tuottavan työympäristön. Koska maa- ja metsätalouskoneiden toimitusajat ovat pitkiä, ei lyhyillä toimitusajoilla ole tapana kilpailla toimialalla. Tämän vuoksi kannattaa muuttaa JIT -menetelmää kontrolloitavammaksi. Yritys tulisi hyödyntää myös MPS -menetelmää luomalla kysynnän mukaisen aikataulutetun suunnitelman ohjaamaan kokoonpanoa. Lisäksi yrityksen tuli ottaa käyttöön JIT -menetelmän peruspilarit: tuhlauksen poistaminen, työntekijöiden motivointi ja tehokkaat tuotantojärjestelyt. Hyödyntäessään tämänkaltaista kokoonpanon ohjausta, voidaan huomata vähentyneet välilliset kustannukset, parempi työn laatu sekä parempi tuotannon tehokkuus ja tuottavuus. Lisäksi MPS -menetelmän avulla tehty kysynnänmukainen aikataulutus poistaa epävarmuuden, joka olisi ennustehjautuvassa aikataulutuksessa. Tämä menetelmä antaa pohjan siirtyä tarvittaessa täysin JIT -ohjatun tuotannon käyttöön.

LÄHTEET

Arnold T. J.R., Chapman S. N., Clive L. M. Introduction to Materials Management. 2003. Viides painos. New Jersey. Pearson Education. 425 s.

Graves, S. C., de Kok, A. G. Supply Chain Management: Design, coordination, and operation. 2003. Ensimmäinen painos. Amsterdam. Elsevier. 765 sivua.

Greene, J. H., DeLurgio, S. A., Grant, H., Greene, T. J., Kaye, T., Muscatello, M., Sheaks, J., Tower, R. B. Production & Inventory Control Handbook. 1997. New York. Kolmas painos. R. R. Donnelley & Sons Company.

Hannus, J. Prosessijohtaminen: ydinprosessien uudistaminen ja yrityksen suorituskyky. 1994. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy. 368 s.

Harju, P. Kvalitatiivinen kyvykkyys: massaräätälöinnin periaatteet ja menetelmät. 1998. Ensimmäinen painos. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy. 198 sivua.

Haverila, M., Uusi-Rauva E., Kouri, I., Miettinen, A. Teollisuustalous. 2005. Viides painos. Tampere. Tammer-Paino Oy. 510 s.

John Deere. Metsä- ja maatalouskoneet. [John Deeren www-sivuilla]. Päivitetty 2010. [Viitattu 1.3.2010].

Saatavissa: http://www.deere.fi/fi_FI/index.html

Karrus K. E.. Logistiikka. 2005. 3.-5. painos. Helsinki. Werner Söderström Oy. 419 s.

Lapinleimu, I., Kauppinen, V., Torvinen, S. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. 1997. Ensimmäinen painos. Porvoo. WSOY. 398 sivua.

Lysons, K., Farrington, B. Purchasing and Supply Chain Management. 2006. Seitsemäs painos. New York. Pearson Education. 709 s.

Niemi, E. Worker allocation in make-to-order assembly cells. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. Joulukuu 2009. Vol. 25, no. 6, s. 932 – 936. [verkkodokumentti] 2008. [Viitattu 30.3.2010] Saatavissa: Elsevier SD Freedom Collection -tietokanta. Vaatii käyttöoikeudet.

Raturi, A. S., Evans, J. R. *Principles of Operations Management*. 2005. Ensimmäinen painos. Mason. Thomson South-Western Company. 365 sivua.

Riihimaa, J., Ruohonen, M. Sähköisestä kaupasta osaamisliiketoimintaan. [verkkodokumentti] . 2002. Metalliteollisuuden keskusliitto. [Viitattu 29.3.2010] Saatavissa: [http://www.cs.uta.fi/is/julkaisut/2002/2002_riihimaa_ruohonen.pdf]

Sillince, J. A., Sykes, G. M. Integrating MRPII and JIT: A management rather than a technical challenge. *International Journal of Operations & Production Management*. Bradford. 1993. Vol. 13, no. 4, s. 18 - 32. [verkkodokumentti] 1993. [Viitattu 25.3.2010] Saatavissa: ProQuest ABI/INFORM Global -tietokanta. Vaatii käyttöoikeudet.

Sipper, D., Bulfin, R. L. Jr. *Production: Planning, control, and integration*. 1997. Ensimmäinen painos. New York. McGraw-Hill Companies. 630 s.

Slack, N., Chambers, S., Johnston, R. *Operations Management*. 2007. Viides painos. Harlow. Pearson Education. 728 s.

Soares, M. M., Vieira, G. E. A new multi-objective optimization method for master production scheduling problems based on genetic algorithm. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Maaliskuu 2009. Vol 41, no. 5 – 6, s. 549 – 567. [verkkodokumentti] 2008. [Viitattu 30.3.2010] Saatavissa: Springer Standard Collection. Vaatii käyttöoikeudet.

Yongbo, X., Jian, C., Chung, Y. Optimal decisions for assemble-to-order systems with uncertain assembly capacity. *International Journal of Production Economics*. Tammikuu 2010. Vol. 123, no. 1, s. 155 – 165. [verkkodokumentti] 2009. [Viitattu 30.3.2010] Saatavissa: Elsevier SD Freedom Collection -tietokanta. Vaatii käyttöoikeudet.