

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
Teknistaloudellinen tiedekunta
Tuotantotalouden koulutusohjelma

Tapio Pynnönen

TUOTANNONOHJAUKSEN KEHITTÄMINEN PIENSARJATUOTANNOSSA

Tarkastajat: Professori Markku Tuominen & Professori Janne Huiskonen

Ohjaaja: Diplomi-insinööri Niko Alanen, ABB Oy Sähkökoneet

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Tapio Pynnönen

Työn nimi: Tuotannonohjauksen kehittäminen piensarjatuotannossa

Osasto: Tuotantotalous

Vuosi: 2009

Paikka: Helsinki

Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

113 sivua, 59 kuvaa ja 16 taulukkoa.

Tarkastajat: Professori Markku Tuominen & Professori Janne Huiskonen.

Hakusanat: Tuotannonohjaus, tuotannon suunnittelu, tuotanto

Tämä diplomityö käsittelee teollisen yrityksen tuotannonohjauksen kehittämistä piensarjatuotannossa. Työn kohteena on ABB Oy:n Tuulivoimageneraattoritulosyksikkö, joka valmistaa vakiotuotteita asiakasohjautuvasti.

Työssä esitellään aluksi tuotannon ja tuotannonohjauksen teoriaa. Lävitse käydään perusasioiden kuten määritelmien, tavoitteiden ja tehtävien lisäksi tuotannonohjausprosessia sekä tuotannonohjauksen tietotekniikkaa. Teorian jälkeisessä empiriaosuudessa esitellään työssä kehitettyjä keinoja tuotannonohjauksen parantamiseksi. Tutkimus on toteutettu teoreettisen ja empiirisen tutkimustyön avulla. Teoreettiseen tutkimustyöhön sisältyi suomalaisiin ja ulkomaalaisiin kirjallisuuslähteisiin perehtyminen. Empiirinen tutkimustyö suoritettiin itsenäisen ongelman ratkaisutyön avulla. Tämä sisälsi kehittämiskohteiden analysoinnin, tarkempien kehittämistarpeiden määrittämisen sekä kokeilujen kautta tapahtuneen kehittämistyön.

Tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää, miten tuotannonohjauksen kehittämisellä voidaan parantaa kohteena olevan tulosyksikön tuottavuutta ja kannattavuutta. Päätavoitteen pohjalta muodostettiin kuusi osatavoitetta: toimitusvarmuuden parantaminen, kapasiteetin kuormitusasteen nostaminen, kapasiteetin suunnittelun kehittäminen, läpäisyajojen lyhentäminen, uuden ERP-järjestelmän vaatimusmäärittely sekä tuotannonohjausprosessin määrittäminen. Työssä rakennettiin neljään ensiksi mainittuun osatavoitteeseen tietotekniset sovellukset, jotka mahdollistavat osatavoitteiden suunnittelun ja ohjaamisen. Sovelluksia varten kullekin tuotteelle määriteltiin esimerkiksi työvaiheketjut läpäisyajoinen, kuormitusryhmät, kuormitusryhmien kapasiteetit, tuotteiden kuormittavuudet sekä kriittiset työvälineet.

Työ osoitti, että tietotekniikka auttaa suuresti tuotannonohjauksessa. Lisääntynyt läpinäkyvyys, parantunut tiedonkulku, simulointimahdollisuudet sekä graafinen esitystapa helpottavat erilaisten suunnitelmien teossa ja parantavat siten päätöksenteon laatua. Tietotekniikan hyväksikäytön pohjana toimii tuotannon perus- ja tapahtumatietojen kurinalainen päivitys. Tämän vuoksi tietojärjestelmistä kannattaa rakentaa mahdollisimman yksinkertaisia.

ABSTRACT

Author: Tapio Pynnönen

Title of thesis: Developing operations management in small-series production

Department: Industrial Engineering and Management

Year: 2009

Place: Helsinki

Master`s thesis. Lappeenranta University of Technology.

113 pages, 59 figures and 16 tables.

Examiners: Professor Markku Tuominen & Professor Janne Huiskonen.

Keywords: Operations Management, Production Planning, Production

The aim of this thesis is to develop operations management in small-series production. Thesis was done for the Wind Power Generators which is a profit center of ABB Oy Finland. The profit center produces invariant products by using MTO strategy.

Thesis consists of theoretical and empirical parts. The theoretical part contains the theory of industrial production and operations management. It presents the basics of production and operations management. Matters such as definitions, objectives and tasks are then introduced. In addition, the use of a modern information technology and the operations management process will be covered. Theoretical study was done by analyzing Finnish and foreign literature. The empirical part introduces the empirical study done for the thesis. The concrete methods for improving operations management will be discussed. The empirical study was done by using independent problem-solving method. Study objects were then analyzed and specified. The actual development work was done by testing different alternatives and then choosing the best one.

The primary objective of this thesis was to find out how operations management can improve productivity and profitability in Wind Power Generators profit center. This objective was separated into six smaller objectives. These objectives were: improving delivery reliability, improving capacity loading, improving capacity planning, defining lead times, requirement specification for the new ERP-software and defining process for operations management. It was built computer-based applications for the four first mentioned objectives. It is possible to plan and control the mentioned objectives with the applications. The applications are based on master data which contains such things as routings, work centers, work centers capacity requirements and capacity levels for instance.

The study proved that information technology can greatly support operations management. Improved transparency in business processes, better information flow, simulations and graphical presentations are valuable in making realistic plans and better decisions. However increased dependence on information technology needs valid data which means discipline master and event data updating. That is why applications should be made as simple as possible.

ALKUSANAT

Tuotannon ja tuotannonohjauksen käsittein tätä diplomityötä voisi kutsua tuotteeksi, joka on suunniteltu ja valmistettu yksittäistuotantona asiakkaalta saatujen spesifikaatioiden pohjalta. Tilauksesta ja spesifikaatioista haluan kiittää DI Pasi Oikkosta ja DI Niko Alasta. Lisäksi Niko ansaitsee kiitoksen ohjelmoinnista ja erinomaisesta tuotannonohjauksesta, jota ilman tuotteen laatu olisi kärsinyt ja toimitusvarmuus heikentynyt.

Tuotteen valmistus ei olisi onnistunut myöskään ilman tuotannontekijöitä. Tarjotuista työvälineistä, tuotantotilasta, taloudellisesta tuesta ja lukuisista henkilöstön vinkeistä ja kommentteista kuuluu kiitos koko Tuulivoimageneraattorit-tulosyksikölle. Erityisesti haluan osoittaa kiitoksen tuotanto-osastolle, jolla oli huomattava vaikutus tuotteen rakenteeseen ja ominaisuuksiin.

Työn auditoinnista ja viime hetken vinkeistä esitän kiitoksen Professori Markku Tuomiselle sekä Professori Janne Huiskoselle.

Kiitollisuuden velkaa olen myös vanhemmilleni ja veljilleni, jotka ovat potkineet minua eteenpäin opintiellä.

Viimeinen kiitos kuuluu Ellalle, joka on antanut minulle tukea ja rauhaa ohjata opintoni suunnitelmien mukaisesti loppuun.

Helsingissä 21. elokuuta 2009

Tapio Pynnönen

SISÄLLYSLUETTELO

| | |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1 JOHDANTO | 4 |
| 1.1 Työn taustaa | 4 |
| 1.2 Tulosityksikön tuotannon ja tuotteen kuvaus | 5 |
| 1.3 Työn tavoitteet ja rajaukset | 10 |
| 1.4 Tutkimusmenetelmä | 11 |
| 1.5 Työn rakenne | 12 |
| 2 TUOTANTO OSANA TEOLLISUUSYRITYSTÄ | 14 |
| 2.1 Tuotanto yrityksen päätoimintona | 14 |
| 2.2 Tuotannon kytkeytyminen yrityksen reaali- ja rahaprosesseihin | 15 |
| 2.3 Tuotantojärjestelmä | 16 |
| 2.4 Erilaiset tuotantomuodot | 17 |
| 2.5 Tuotannon tavoitteet | 21 |
| 2.6 Tuotantotavoitteiden muotoutuminen toiminta-ajatuksen pohjalta | 25 |
| 2.7 Tuotannon kehittäminen | 26 |
| 3 TUOTANNONOHJAUS | 29 |
| 3.1 Yrityksen ohjausjärjestelmä | 29 |
| 3.2 Tuotannonohjauksen sisältö | 29 |
| 3.3 Tuotannon ohjattavuus | 31 |
| 3.4 Tuotannonohjauksen tavoitteet | 32 |
| 3.5 Tuotannonohjaukseen vaikuttavat tekijät | 35 |
| 3.6 Tuotannonohjauksen vaikutus yrityksen kannattavuuteen | 36 |
| 3.7 Erilaisten tuotannonohjaustekniikoiden vertailu | 39 |
| 4 TUOTANNONOHJAUSPROSESSI JA -JÄRJESTELMÄ | 44 |
| 4.1 Yleistä tuotannonohjausprosessista | 44 |
| 4.2 Kokonaissuunnittelu | 46 |
| 4.3 Karkeasuunnittelu | 48 |
| 4.4 Hienosuunnittelu | 51 |
| 4.5 Valmistuksen ohjaus | 53 |
| 4.6 Tietotekniikan tukema tuotannonohjaus | 55 |
| 4.7 Nykyaikainen tuotannonohjausjärjestelmä | 60 |
| 5 KARKEAKUORMITUKSEN KEHITTÄMINEN | 64 |
| 5.1 Tarve kapasiteetin kuormittamisen kehittämiseksi | 64 |
| 5.2 DG:n karkeakuormitus -toiminnallisuuden käyttöönoton hyödyt | 64 |
| 5.3 Karkeakuormitus – toiminnallisuuden käyttöönotto | 65 |
| 5.4 Karkeakuormitus -toiminnallisuuden hyödyt ja puutteet | 69 |
| 6 TOIMITUSVARMUUDEN JA HIENOKUORMITUKSEN KEHITTÄMINEN | 71 |
| 6.1 Tarve toimitusvarmuuden ja hienokuormituksen kehittämiseksi | 71 |
| 6.2 Uuden sovelluksen toteuttamistavan valinta | 73 |
| 6.3 Sovelluksen rakentaminen: tuotannon perustiedot | 73 |
| 6.4 Sovelluksen rakentaminen: taulukon rakenne | 77 |
| 6.5 Sovelluksen toimintaperiaate | 81 |
| 6.6 Sovelluksen hyödyt | 83 |
| 6.7 Sovelluksen ylläpito ja päivitys | 84 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7 UUDEN ERP-JÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN | 85 |
| 7.1 Tarve osallistua uuden ERP-järjestelmän kehittämiseen | 85 |
| 7.2 Tuotantosuunnitelman integrointi ERP-järjestelmään | 85 |
| 7.3 Myynnin ja tuotannon suunnittelu -toiminnallisuus | 87 |
| 7.4 Uudet roolit tuotannonohjauksen näkökulmasta..... | 89 |
| 8 TILAUSTEN LÄPÄISYAIKOJEN MÄÄRITTÄMINEN..... | 90 |
| 8.1 Tarve ja vaatimukset läpäisyaikojen määrittelylle..... | 90 |
| 8.2 Sovelluksen rakentaminen | 90 |
| 8.3 Valmiin sovelluksen esittely ja hyödyt..... | 91 |
| 8.4 Sovelluksen tietojen päivitys | 93 |
| 9 KAPASITEETIN SUUNNITTELUN KEHITTÄMINEN | 94 |
| 9.1 Tarve kehittää kapasiteetin suunnittelua | 94 |
| 9.2 Kapasiteetin suunnittelun vaatimukset | 94 |
| 9.3 Sovelluksen rakentaminen ja toimintaperiaate | 95 |
| 9.4 Sovelluksen hyödyt..... | 96 |
| 10 TUOTANNONOHJAUSPROSESSIN KEHITTÄMINEN..... | 98 |
| 10.1 Tarve prosessin luonnille tuotannonohjaukseen | 98 |
| 10.2 Prosessikuvaukselle asetetut tavoitteet | 98 |
| 10.3 Tuotannon kokonaissuunnittelu | 99 |
| 10.4 Tuotannon karkeasuunnittelu..... | 101 |
| 10.5 Tuotannon hienosuunnittelu | 103 |
| 10.6 Valmistuksen ohjaus | 103 |
| 11 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET | 105 |
| 11.1 Johtopäätökset..... | 105 |
| 11.2 Pikatoimitusten kirjaaminen raamisopimuksiin..... | 105 |
| 11.3 Läpäisyajan lyhentäminen varastoimalla kriittisiä komponentteja..... | 106 |
| 11.4 Arvoanalyysin suorittaminen | 106 |
| 11.5 Valmisohjelmisto tuotannon suunnitteluun | 106 |
| 11.6 Tuotetehtaiden keskittyminen tiettyihin tuotteisiin | 107 |
| 12 YHTEENVETO | 108 |
| LÄHTEET..... | 109 |

LYHENNELUETTELO

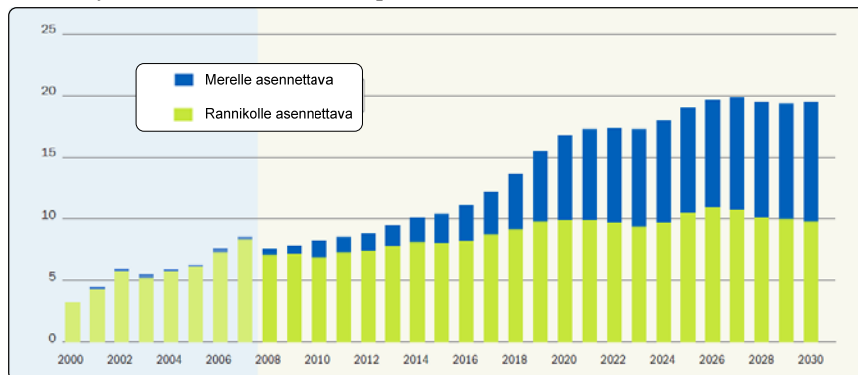
| | |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| APS | Advanced Planning and Scheduling, hienosuunnittelujärjestelmä |
| ATO | Assemble to Order, tuotteen kokoonpano asiakastilauksen perusteella |
| DG | Driving Glove, ABB Oy Sähkökoneet-liiketoimintayksikön ERP-järjestelmä |
| ERP | Enterprise Resource Planning, yrityksen kokonaistoimintaa ohjaava järjestelmä |
| ETO | Engineer to Order, tuotteen suunnittelu ja valmistus asiakastilauksen perusteella |
| GW | Gigawatti, tehon yksikkö |
| JIT | Just In Time, juuri oikeaan ajoitukseen perustuva tuotannonohjausmenetelmä |
| KET | Keskeneräinen tuotanto |
| MRP | Material Requirements Planning, materiaalin hallintajärjestelmä |
| MRP II | Manufacturing Resource Planning, materiaalin ja kapasiteetin hallintajärjestelmä |
| MTO | Make to Order, tuotteen valmistus asiakastilauksen perusteella |
| MTS | Make to Stock, tuotteen valmistus varastotilauksen perusteella |
| OPP | Order Penetration Point, piste, josta lähtien asiakastilaus ohjaa tuotantoprosessia |
| PDM | Product Data Management, tuotetiedon hallintajärjestelmä |
| ROI | Return On Investment, pääoman tuottoaste |
| SOP | Sales and Operations Planning, myynnin ja tuotannon suunnittelu |

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustaa

Tämä diplomityö käsittelee tuotannonohjauksen kehittämistä ABB Oy:öön kuuluvassa Tuulivoimageraattorit-tulosyksikössä. Tuotannonohjauksen kehittäminen on tulosyksikölle ajankohtaista, sillä maailmanlaajuisen tuulivoimainvestointien lisääntymisen vuoksi tulosyksikön toiminta on laajentunut merkittävästi viimeisten vuosien aikana. Uusien tuotetehtaiden myötä tulosyksikön tuotantovolyymit ovat kasvaneet 20–30 %:n vuosivauhtia. Tulosyksikön tuotantovolyymien oletetaan nousevan myös tulevaisuudessa, sillä yleisen näkemyksen mukaan tuulivoimainvestointien kasvutrendi tulee jatkumaan myös seuraavien vuosikymmenien aikana (taulukko 1).

Taulukko 1. Näkemys vuotuisesta tuulivoimakapasiteetin asennuksesta (GW) (EWEA 2008, s. 39)

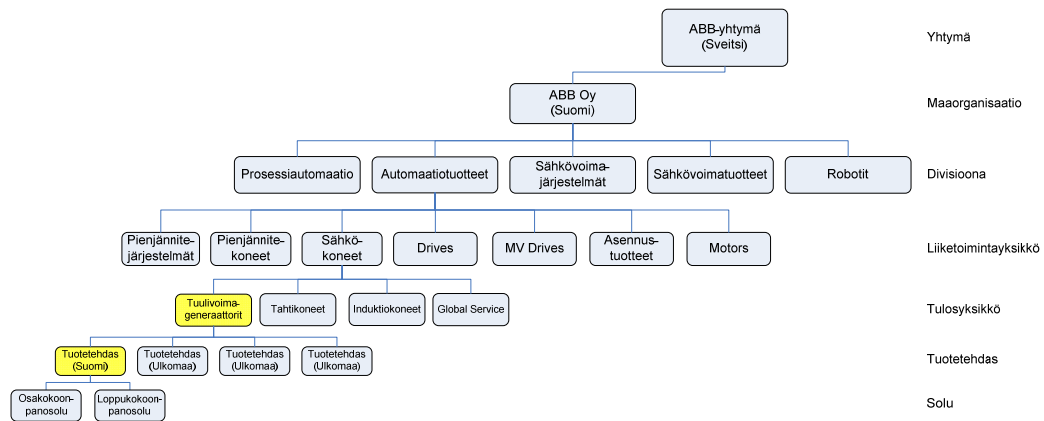


Toiminnan kasvaessa, tulee huomiota kiinnittää kasvun hallitsemiseen. Tulosyksikön tulee kyetä sopeuttamaan tuotanto markkinoiden vaatimuksiin. Investoinnit uusiin resursseihin tulee tehdä niin ajallisesti kuin maantieteellisestikin oikein. Globaalia tuotantoa ja jatkuvasti kasvavia valmistusmääriä ei kyetä enää hallitsemaan tehokkaasti kokemusperäisin menetelmin. Tuotannon suunnittelun, ohjaamisen ja valvonnan tueksi tarvitaan tietotekniikan apua. Tietotekniikka mahdollistaa lisääntyneen läpinäkyvyyden ja paremman tiedonkulun ansiosta aiempaa tarkemman suunnittelun ja päätöksenteon. Täten tuotannonohjauksella ja tietotekniikalla on merkittävä rooli tulosyksikön tilaus-toimitusprosessin hallittavuuden kehittämisessä. Myös uusi toiminnanohjausjärjestelmä tulee muuttamaan toimintaa ja siten antamaan uusia mahdollisuuksia. Tietotekniikan

hyväksikäytön lisäksi tuotannon lisääntyvään kasvuun tulee varautua kehittämällä tottuja toimintatapoja prosessimaisemmaksi.

1.2 Tulosyksikön tuotannon ja tuotteen kuvaus

Tuulivoimageraattorit-tulosyksikkö kuuluu siis osaksi ABB Oy:tä (kuva 1). Tulosyksikkö on perustettu vuonna 2006, jolloin se irrotettiin toisesta tulosyksiköstä. Johtamisfilosofiana sovelletaan Lean -toimintatapaa, joka karkeasti ilmaistuna tähtää kaiken lisäarvoa tuottamattoman työn karsimiseen. Tulosyksikön valmistama tuote on tuulivoimageraattori, joka asennetaan tuulivoimalan maston kärkeen. Generaattorin tehtävänä on muuntaa tuulivoimalan lapojen tuottama mekaaninen pyörimisenergia sähkövirraksi. Tulosyksikkö on globaali markkinajohtaja reilun 20 prosentin markkinaosuudella. Vuotuinen tuotantovolyymi on tällä hetken pari tuhatta generaattoria.



Kuva 1. Tuulivoimageraattorit osana ABB Oy:tä. Työn painopiste on kuvattuna keltaisella.

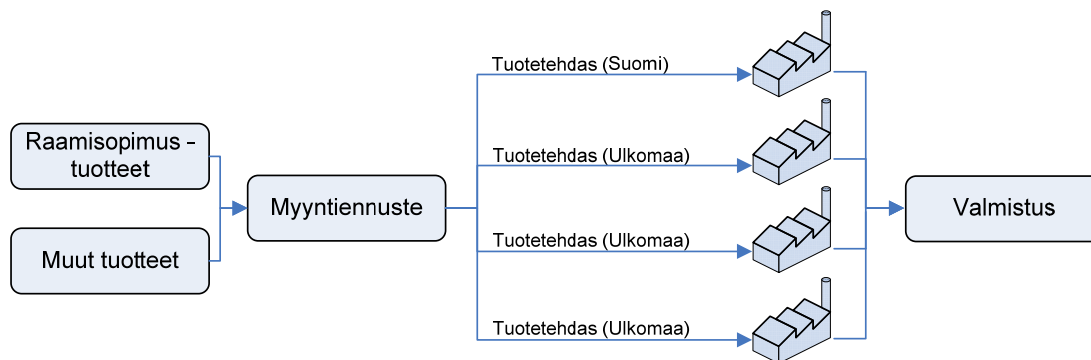
Tuulivoimageraattorit-tulosyksikön tuotanto on globaalia. Tuotetehtaita on yhteensä neljä, joista yksi sijaitsee Suomessa ja kolme muuta ulkomailla (kuva 1). Osaa tuotteista voidaan valmistaa usealla tuotetehtaalla ja osaa vain tuotetehdaskohtaisesti. Tulosyksikön päätoiminnoista tuotekehitys, suunnittelu ja myynti sijaitsevat keskitetysti Suomessa. Maantieteellisestä sijainnista huolimatta nämä päätoiminnot tukevat tasapuolisesti kutakin tuotetehdasta. Taulukossa 2 on kuvattu ulkomaisten tuotetehtaiden päätoiminnot.

Taulukko 2. Ulkomaisten tuotetehtaiden päätoiminnot

| | Suomi | Ulkomaan tuotetehdas |
|---------------|--------------|---------------------------------|
| Tuotanto | X | X |
| Laskentatoimi | X | X |
| Osto | X | X |
| Myynti | X | - |
| Suunnittelu | X | - |
| Tuotekehitys | X | - |

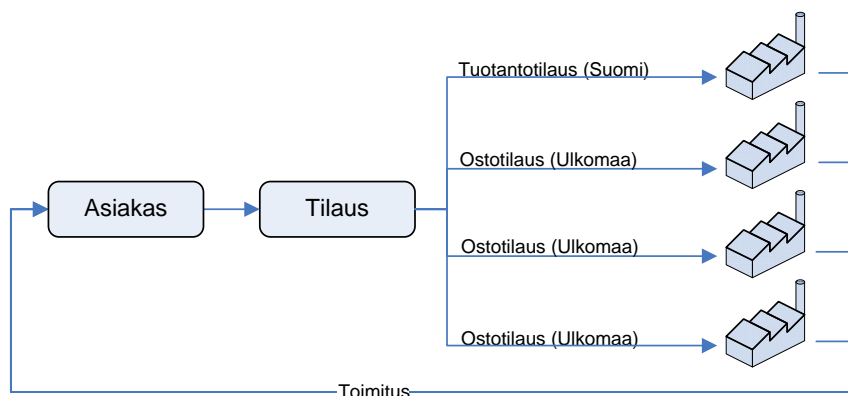
Suomessa sijaitseva tuotetehdas poikkeaa jonkin verran ulkomaisista tuotetehtaista. Kotimaisen tuotetehtaan tuotantoa johdetaan kokonaisvaltaisesti Suomesta. Ulkomaiset tuotetehtaat ovat puolestaan hyvin itsenäisiä valmistusyksiköitä ja ovat tulosityksikön näkökulmasta vastuussa oikeastaan vain siitä, että tuotteet valmistetaan kustannustehokkaasti, laadukkaasti ja sovitun aikataulun mukaisesti. Ulkomaiset tuotetehtaat vastaavat siten itsenäisesti esimerkiksi materiaalihankinnoista, tuotannon ajoituksesta ja kuormituksesta sekä tuotannon kehityksestä. Tuotteet valmistetaan ulkomaisilla tuotetehtailla Suomessa laadittujen rakenteiden, piirustusten ja osaluetteloiden pohjalta.

Tuulivoimageneraattorit-tulosityksikön globaalia tuotantokapasiteettia hallitaan Suomesta. Käytännössä tämä tarkoittaa, että globaalia tuotantotoimintaa ohjaava tilaus-toimitusprosessinomistaja allokoii tuotteiden myyntiennusteen neljän tuotetehtaan kesken. Tuotetehtaat varaavat kapasiteettia allokoitun tuotantomäärän perusteella ja sitoutuvat toimittamaan tuotteet toimitusehdon mukaisesti asiakkaalle. Näin syntyneen tuotantosuunnitelman perustella myyjät neuvottelevat asiakkaan kanssa tilausmääristä ja tuotteiden toimitusviikoista. Kuva 2 esittää edellä mainittua myyntiennusteen allokoitua tuotetehtaiden kesken. Myyntiennusteeseen sisältyy sopimustuotteiden ja muiden kuin sopimustuotteiden myyntiennusteet.



Kuva 2. Globaalia kapasiteettia hallinnoidaan Suomesta jakamalla myyntiennuste tuotetehtaiden kesken.

Ulkomaisten tuotetehtaiden tuotantoprosessit käynnistyvät vastaanotetusta generaattorinimikkeen ostotilauksesta, joka lähetään valmistavalle tuotetehtaalle Suomen toimistosta. Tätä vaihetta edeltää asiakkaan tekemä tilaus, jonka tulosityksikön keskitetty myynti on vastaanottanut Suomessa. Lisäksi tätä ennen on pitänyt päättää tuotteen valmistava tuotetehtas, mikäli asiakkaan tilaama tuote kyetään tekemään useammalla kuin vain yhdellä tuotetehtaalla. Suomen tuotetehtas poikkeaa edellä kuvatusta, sillä Suomen tuotetehtaalle lähetetään valmiin generaattorin ostotilauksen sijaan tuotantotilaus. Kuva 3 esittää juuri kuvattua tilaus-toimitusprosessia.



Kuva 3. Tuulivoimageneraattorit-tulosityksikön karkean tason tilaus-toimitusprosessi

Tulosityksikön tuotannossa on nykyisellään noin 15 erilaista tuotetta. Tuotteet ovat suuria. Pohjan halkaisija on 2-5 metriä, korkeus muutaman metrin ja painoa voi olla useita kymmeniä tuhansia kiloja. Kaikki valmistettavat tuotteet ovat vakiotuotteita, jonka takia tilauskohtaista tuotesuunnittelua ei erikseen tarvita. Valmistusvalmiudet ovat olemassa entuudestaan kunkin tuotteen osalta. Valtaosa tulosityksikön tuotteista on kehitetty yhteistyössä avainasiakkaan kanssa, jolloin tuotekehityksessä on huomioitu asiakkaalta

saadut tuotespesifikaatiot. Asiakaskohtaisia tuotteita valmistetaan tuotteen elinkaaren aikana useita satoja kappaleita. Vaikka tulosityksikkö valmistaakin vakiotuotteita, suoritetaan tuotekehitystä myös tuotteen elinkaaren aikana. Valmis tuulivoimageraattori koostuu kahdesta pääosasta: roottorista ja staattorista. Roottori ja staattori voidaan toimittaa asiakkaalle joko toisistaan irrallaan tai toisiinsa yhdistettyinä eli loppukokoonpano suoritettuna. Menettely riippuu tuotteesta.

Tuulivoimageraattorien valmistus on käsityövaltaista. Automaatioaste on vähäinen. Suurin osa valmistuksessa tarvittavista laitteista on siten manuaalisia. Tulosityksikön tuotantomuotona on asiakasohjautuva tai tarkemmin MTO piensarjatuotanto. Valmistuksen sarjojen koot vaihtelevat yhden ja viiden tuotteen välillä. MTO tarkoittaa tulosityksikön kohdalla sitä, että vakiotuotteen tai vakiotuotesarjan valmistus aloitetaan asiakkaalta saadun tilauksen perusteella. Lisäksi asiakastilaus käynnistää suurimman osan tuotteen materiaalihankinnoista. MTO soveltuu tulosityksikön tuotantomuodoksi neljästä syystä:

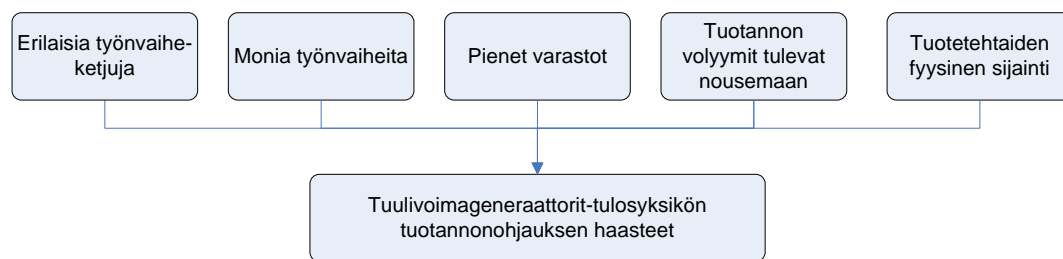
- tuotekohtaista suunnittelua ei tarvita
- toimitusaika on markkinoiden hyväksymä
- varastointi sitoo pääomaa
- varastointi sisältää epäkuranttiusriskin

Epäkuranttiusriski tarkoittaa tulosityksikön tapauksessa joko tilausten loppumista tai muutosta tuotteen rakenteessa. Tästä seuraisi varastossa olevan tuotekohtaisen materiaalin muuttuminen epäkurantiksi. Tilausten loppuminen voi johtua esimerkiksi asiakkaan ajautumisesta konkurssiin. Tuoterakenteen muutos voi puolestaan seurata esimerkiksi rakenteen yleisestä kehittelystä tai rakenteesta paljastuneesta virheestä.

Tuotteen valmistusprosessiin sisältyy monta työvaihetta, minkä takia tilauksen läpäisyajat voivat olla useita kuukausia. Karkeasti tilauksen läpäisyajasta muodostuu puolet materiaalihankinnoista ja puolet valmistusprosessista. Valmistuksen työvaiheketjuun sisältyy erilaisia työvaiheita tuotteesta riippuen 10–20 kappaletta. Tarkemmin työvaiheketjun vaiheet riippuvat tuotteesta ja sen valmistavasta tuotetehtaasta. On huomattava, että vakiotuotteiden luonteesta johtuen tietyn tuotteen valmistamiseen tarvittava työvaiheketju on aina sama.

Koska tässä työssä tullaan käsittelemään pääpainoisesti Suomen tuotetehdasta, esitellään sitä seuraavaksi tarkemmin. Suomen tuotetehdas koostuu kahdesta solusta: osakokoonpano- ja loppukokoonpanosolusta (kuva 1). Suomen tuotetehtaalla valmistetaan toinen jo aiemmin esitellyistä tuulivoimageraattorin pääosista. Toinen pääosista valmistetaan ulkomaisella tuotetehtaalla, josta se lähetetään tuotteesta riippuen joko suoraan asiakkaalle tai Suomen tuotetehtaalle loppukokoonpanoon. Tuotannonohjauksen näkökulmasta pääosien tulee olla valmiina Suomen tuotetehtaalla mahdollisimman yhtäaikaaisesti, jolloin loppukokoonpano voidaan aloittaa ilman välivarastointia.

Pääosien samanaikaisen ajoituksen lisäksi myös Suomen tuotetehtaan maantieteellinen sijainti asettaa tulosyksikön tuotannonohjaukselle haasteen. Tuotetehdas sijaitsee nimittäin eri paikkakunnalla kuin tulosyksikön toimisto. Järjestely lisää tarvetta läpinäkyvyyden ja tiedonkulun parantamiselle, sillä esimerkiksi Suomen tuotetehtaan tuotantopäällikkö työskentelee toimistolla. Tuulivoimageraattorit-tulosyksiköllä on muitakin jo aiemmin tässä kappaleessa mainittuja tuotannonohjauksen haasteita. Nämä haasteet on esitetty tiivistetysti kuvassa 4. Tuotannonohjauksen tarvetta vähentävinä tekijöinä voidaan mainita esimerkiksi tuotetehtaalla sovellettu solutuotanto, vakiotuotteiden tuotanto, materiaalin hankinta setteinä sekä alihankinnan käyttö.



Kuva 4. Tuulivoimageraattorit-tulosyksikön haasteet tuotannonohjauksen näkökulmasta

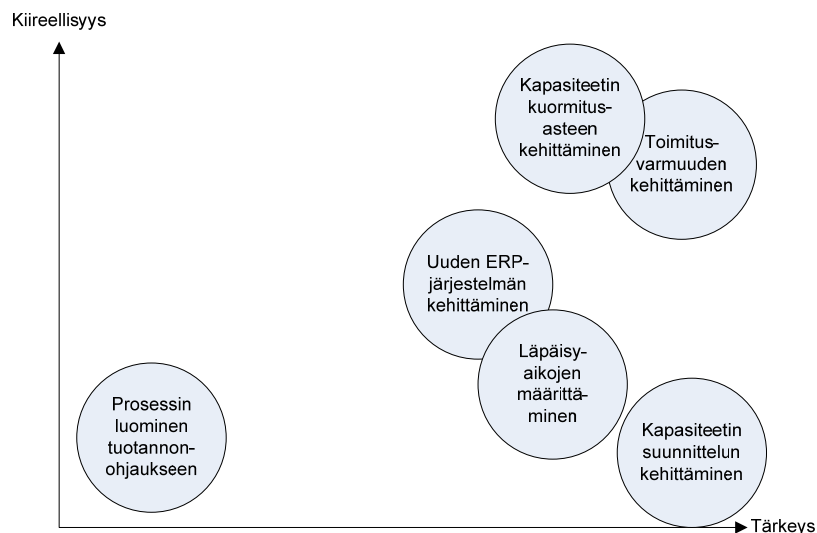
Suomessa tulosyksikön käytössä on tuotannonohjauksen ja muun toiminnan tukena DG-toiminnanohjausjärjestelmä. DG integroi myynnin, tuotannon, materiaalihallinnon ja kustannuslaskennan tietovirrat. DG:ssä tuotannonohjaus perustuu MRP II -ohjaukseen eli tietojärjestelmä ajoittaa syötettyjen tilausten työvaiheet, materiaalihankinnat ja suorittaa työyksiköiden kuormituksen äärettömään kapasiteettiin. Tuotannonohjauksen näkökulmasta DG kattaa muun muassa seuraavat osa-alueet:

- tuotetietojen ylläpito (osaluettelot, työvaihetiedot ja kuormitusryhmätiedot)

- tarvelaskenta
- karkeakuormitus
- työmääraimien ylläpito ja tulostus
- työyksiköiden, kalenterin ja kapasiteetin ylläpito
- työyksiköiden työjonokäsittely

1.3 Työn tavoitteet ja rajaukset

Työn päätavoitteena on kehittää Tuulivoimageneraattorit-tulosyksikön tuottavuutta ja kannattavuutta tuotannonohjausta kehittämällä. Päätavoite on pilkottu pienempiin ja konkreettisempiin alatavoitteisiin. Työn alatavoitteet on esitetty kuvassa 5, jossa ne on jaoteltu kiireellisyyden ja tärkeyden perusteella. Kuvan 5 neljään oikean reunimmaiseen alatavoitteeseen on tavoitteena rakentaa tietotekniikan tukemat apuvälineet, joilla alatavoitteita kyetään hallitsemaan. Uuden ERP-järjestelmän osalta työssä on tavoitteena selvittää, mitä vaikutuksia ja mahdollisuuksia se tuo tuotannonohjaukseen. Prosessin luominen tuotannonohjaukseen liittyy tuotantovolyymien kasvusta johtuvaan tarpeeseen muuttaa toimintaa systemaattisemmaksi. Kapasiteetin kehittämisen osatavoitteesta työhön sisältyy ensisijaisesti apuvälineen ideointi.



Kuva 5. Työn osatavoitteet jaoteltuna tärkeyden ja kiireellisyyden mukaan

Työssä keskitytään tuotannonohjauksen kehittämiseen pääosin Suomen tuotetehtaalla, mutta osa alatavoitteista koskettaa osittain myös ulkomaisia tuotetehtaita. Lisäksi on huomattava, että Suomen tuotetehtaan näkökulmasta kehitettyjä asioita voidaan myöhemmin jakaa myös ulkomaisille tuotetehtaille.

Tuotannonohjauksen luonne riippuu suuresti määrin tuotannon luonteesta. Sen suhteen tässä työssä on tehty rajoitus, että käsittely koskee lähinnä asiakasohjautuvaa sarjatuotantoa harjoittavaa teollisuuslaitosta. Monet ratkaisut ovat kuitenkin niin yleispäteviä, että niitä voidaan soveltaa pienin muutoksin myös muissa tuotantomuodoissa.

Lisäksi työn sisällön luottamuksellisuus asettaa työlle tiettyjä rajoitteita. Tämän vuoksi suurin osa työssä esitetyistä tulosityksikköä koskevista tiedoista on muokattu tai esitetty karkealla tasolla. Esimerkiksi roottorista ja staattorista käytetään jatkossa nimityksiä A- ja B-pääosa. Kaikki tiedot on kuitenkin pyritty esittämään kokonaisuuden hahmottamisen kannalta riittävällä tarkkuudella.

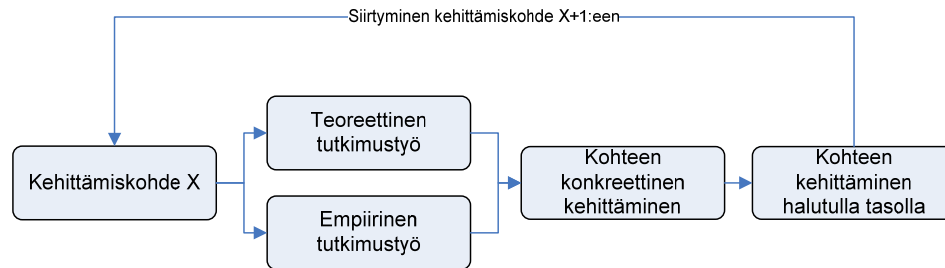
Työssä esitetyn materiaalin lisäksi diplomityöhön sisältyi prosessikuvausten ja ohjeistuksen laatiminen rakennetuille työkaluille sekä niissä tarvittavan tiedon päivittäminen. Diplomityö aloitettiin joulukuussa 2008 ja saatiin päätökseen elokuussa 2009.

1.4 Tutkimusmenetelmä

Työn osatavoitteet eli kehittämiskohteet toteutettiin lähestulkoon yksitellen. Kehittämiskohteiden samanaikainen työstäminen olisi todennäköisesti johtanut kaaokseen, minkä takia päädyttiin yksitellen toteutukseen.

Kehittämiskohteiden työjärjestys määritettiin kuvan 5 mukaisten prioriteettien perusteella. Työn kehittämiskohteen valinnan jälkeen aloitettiin samanaikaisesti aihepiirin teoreettinen ja empiirinen tutkimustyö. Tutkimustöiden limittäin suorittamiseen päädyttiin, koska tulokset haluttiin nopeasti käyttöön. Lisäksi järjestely tuotti ajansäästöä, joka oli arvokasta kehittämiskohteiden suuren lukumäärän vuoksi. Kehittämiskohteen ollessa halutulla tasolla, otettiin työn alle seuraava kehittämiskohde. Kuva 6 esittää työssä käytettyä tutkimusprosessia. Todellisuudessa aiemmin valmistuneet kehittämiskohteet jalostuivat vielä myöhemmin vähäisin määrin. Syynä olivat ajatusten jalostuminen ja käyttäjiltä

saadut kommentit. Lisäksi uuden ERP-järjestelmän vaatimusmäärittely poikkesi muista kehittämiskohteista, sillä vaatimusmäärittely ulottui diplomityön aloituksesta aina diplomityön lopetukseen asti. Tähän olivat syynä uuden ERP-järjestelmän käyttöönottoprojektin aikataulu.



Kuva 6. Tutkimuksen etenemisprosessi

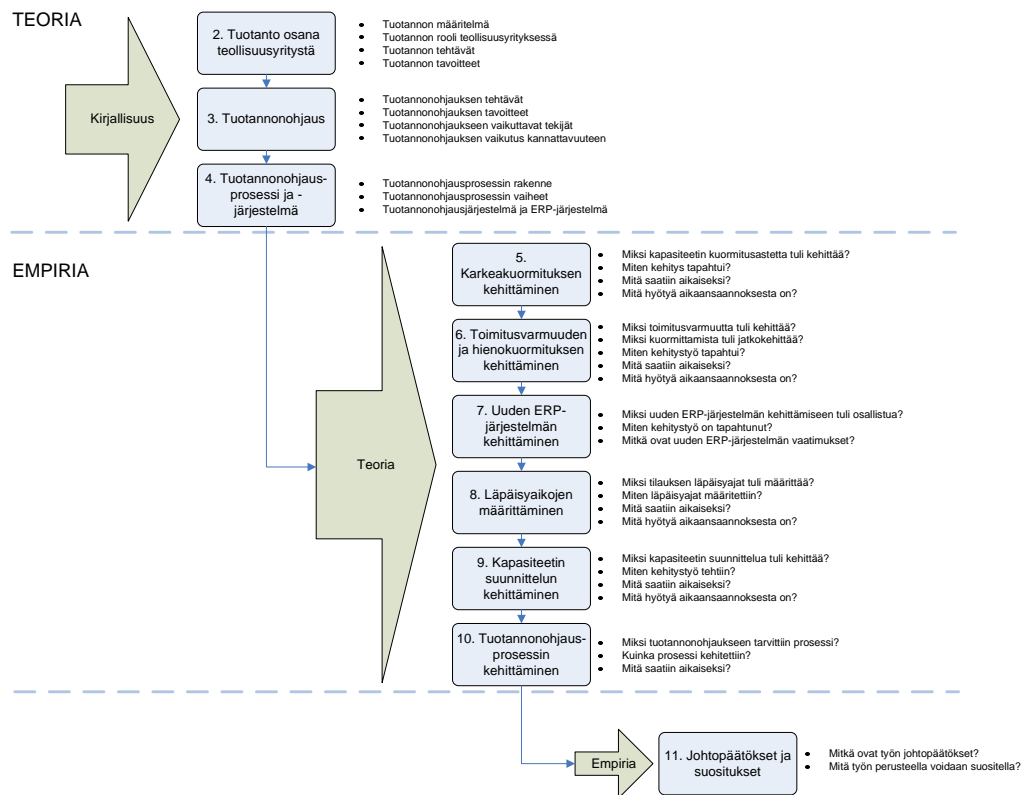
Teoreettisen tutkimustyön menetelmänä käytettiin perehtymistä aihepiiriin kotimaiseen ja ulkomaiseen kirjallisuuteen. Empiirisen tutkimustyön menetelmänä oli puolestaan itsenäinen ongelman ratkaisutyö. Itsenäinen ongelman ratkaisutyö koostui kehittämiskohteiden nykytilanteen analysoinnista, tarkempien kehittämistarpeiden määrittämisestä, kokeiluista ja varsinaisesta kehittämisestä.

Työssä käytetyt tiedot perustuvat useisiin keskusteluihin, joita käytiin globaalin tilaus-toimitusprosessin omistajan, Suomen ja ulkomaisen tuotetehtaan tuotantopäälliköiden, uuden ERP-järjestelmän konsultin, tuotannon kehityspäällikön, työnjohtajan, ostajien, suunnittelupäällikön, suunnittelijoiden, myyntipäällikön myyjien sekä projektikoordinaattorin kanssa.

1.5 Työn rakenne

Työn sisältö on pyritty jäsentämään kokonaisuuden kannalta ehyisiin ja tasapainoisiin kappaleisiin. Ydinkappaleiden ulkopuolelle on jätetty johdanto ja yhteenveto, sillä niissä ei varsinaisesti jalosteta työtä. Työn rakenne muodostuu kahdesta osasta: teoria- sekä empiriaosasta. Teoriaosuus sisältää kappaleet 2-4 Kappaleissa kuvataan teollisen yrityksen tuotantoa, tuotannonohjausta sekä tuotannonohjausprosessia ja tuotannonohjausjärjestelmää. Teoriakappaleet muodostavat empiriaosuudelle teoreettisen pohjan.

Empiriaosuus kattaa kappaleet 5-10. Kappaleet on muodostettu osatavoitteiden pohjalta ja ne on esitetty siinä järjestyksessä kuin ne todellisuudessa toteutettiin. Toteutusjärjestys ei kosketa uuden ERP-järjestelmän kehittämistä jo edellä mainittujen syiden vuoksi. Empiriaosuuden jälkeen työssä esitetään johtopäätökset ja suositukset kappaleessa 11 sekä yhteenveto kappaleessa 12. Työn rakenne ja ydinkappaleet on esitetty kuvassa 7. Kunkin kappaleen perässä on tieto siitä, mitä kappaleessa käsitellään tai mihin vastaukseen kappale antaa vastauksen.



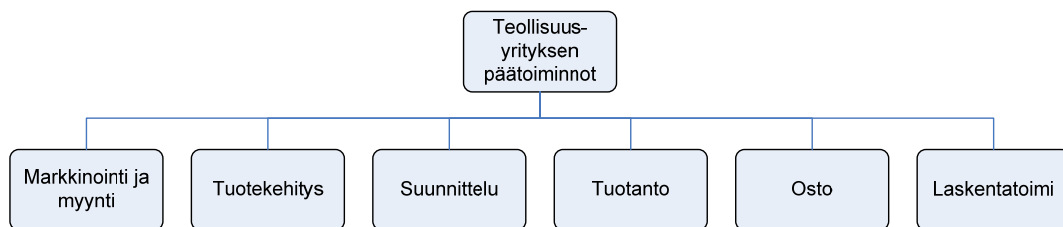
Kuva 7. Työn rakenne ja ydinkappaleiden sisältö

2 TUOTANTO OSANA TEOLLISUUSYRITYSTÄ

2.1 Tuotanto yrityksen päätoimintona

Tuotanto määritellään asiakkaiden tarpeiden tyydyttämistä edistäväksi toiminnaksi, jonka tuloksena tuotannontekijöiden avulla luodaan aineellisia tai aineettomia hyödykkeitä. Tuotannontekijöitä ovat esimerkiksi henkilöstö, koneet, laitteet ja raaka-aineet. Arkikielessä tuotanto sekoitetaan usein valmistuksen käsitteen kanssa. Tuotannolla ja valmistuksella ei kuitenkaan tarkoiteta samaa asiaa. Valmistuksella tarkoitetaan materiaalien muotoa tai olotilaa muuttavaa toimintaa, materiaalien yhdistämistä tai irrottamista toisistaan. Teolliseen tuotantoon sisältyvät puolestaan kaikki ne toiminnot, jotka liittyvät suoraan tuotteen aikaansaamiseen markkinoinnin hankkimalle asiakkaalle. (Uusi-Rauva, Haverila & Kouri 1999, s. 326–237; Stevenson 2007, s. 4)

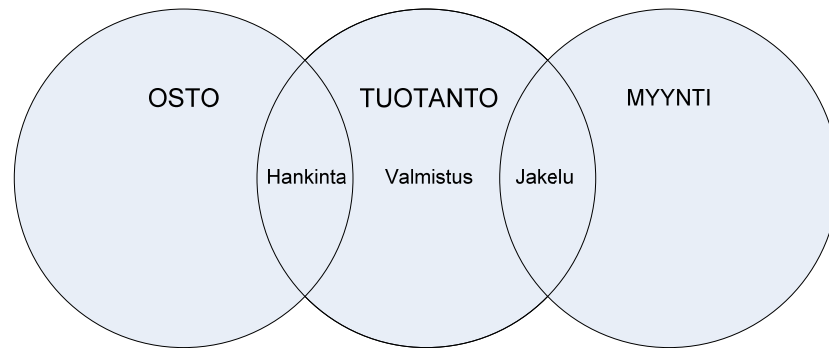
Teollisuusyrityksen toiminta koostuu erilaisista päätoiminnoista. Päätoimintojen tarkoituksena on tukea yrityksen kokonaispäämäärää eli pyrkimystä parhaaseen taloudelliseen tulokseen sekä lyhyellä että pitkällä tähtäimellä. Tuotanto luetaan yhdeksi yrityksen päätoiminnoiksi. Muita päätoimintoja ovat markkinointi ja myynti, tuotekehitys, suunnittelu, osto sekä laskentatoimi (kuva 8). Tuotannon päämääränä on tuottaa tuotteet kannattavasti ja toimittaa ne asiakkaan saataville. Tällä tavoin tuotanto osallistuu yrityksen kokonaispäämäärän tavoitteluun. (Stevenson 2007, s. 4; Gupta & Boyd 2008, s. 995)



Kuva 8. Teollisuusyrityksen päätoiminnot

Teollista tuotantoa voidaan tarkastella kolmiportaisena prosessina, jonka osatoimintoja ovat hankinta, valmistus sekä jakelu (kuva 9). Yrityksen eri päätoiminnot siis osallistuvat eri tavoin tuotantoprosessiin. On kuitenkin huomattava, että päätoimintojen rajat eivät ole aivan yksikäsitteiset. Esimerkiksi hankinta liittyy yrityksen päätoiminnoista tuotannon lisäksi erityisesti ostoon. Samoin jakelu liittyy olennaisena osana tuotannon lisäksi myös myyntiin. Jakelusta tuotannon vastuulla on enimmäkseen fyysinen jakelu eli varastointi,

pakkaus ja kuljetus. Myynnin vastuulla on puolestaan jakelutie eli niin kutsuttu markkinointikanava. (Aaltio & Olkkonen 1976, s. 12; Eloranta et al. 1986a, s. 2; Uusi-Rauva et al. 1999, s. 326)



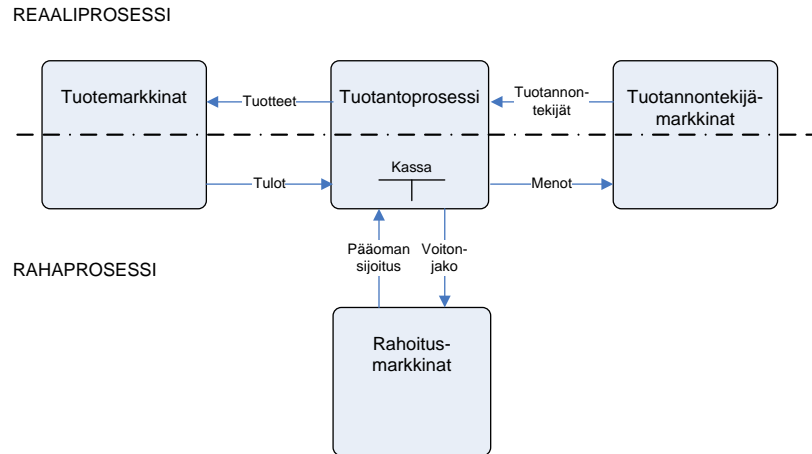
Kuva 9. Yrityksen päätoimintojen väliset rajat (Eloranta et al. 1986a, s. 2)

2.2 Tuotannon kytkeytyminen yrityksen reaali- ja rahaprosesseihin

Teollisuusyrityksen toiminta tähtää siis viime kädessä optimaalisen tuloksen tekoon eli yrityksen omistajien vaurauden lisäämiseen. Tärkein keino kasvattaa yrityksen omistajien vaurautta on lisäarvon tuottaminen asiakkaille. Tämä lisäarvo syntyy yrityksen tuotantoprosessissa, jossa tuotannontekijöiden avulla tuotetaan asiakkaan tarvitsemia tuotteita. Tätä osaa yrityksen toiminnasta nimitetään reaali prosessiksi. (Fogelholm & Karjalainen 2001, s. 9; Lehtonen et al. 2004, s. 14)

Reaali prosessin ansiosta syntyy jatkuvia tulovirtoja asiakkaan tuotetta vastaan suorittaman maksun muodossa. Tuottojen suuruus riippuu suuresti määrin kilpailutilanteesta ja yrityksen kyvystä tuottaa asiakkailleen lisäarvoa. Tuotannontekijöiden hankinta synnyttää vastaavasti menoja eli kustannuksia. Kustannuksissa ovat mukana kaikki omasta toiminnasta syntyneet kustannukset ja ostohintojen muodossa myös kaikki toimitusketjussa aikaisemmin syntyneet kustannukset. Mitä enemmän toimitusketjussa tehdään päällekkäistä työtä ja samoja asioita moneen kertaan, sitä korkeammaksi kustannukset muodostuvat. Mikäli yrityksen juoksevan toiminnan aikaansaama tulorahoitus ei riitä kattamaan syntyneitä kustannuksia, yritys joutuu toimimaan rahoitusmarkkinoilla. Rahoitusmarkkinoilta yritys hankkii toiminnassaan tarvittavan rahoituksen. Edellä mainittua osaa yrityksen toiminnasta kutsutaan rahaprosessiksi ja se on seurausta yrityksen reaali prosessista (kuva 10). Tuotantotoiminta siis ylläpitää yrityksessä

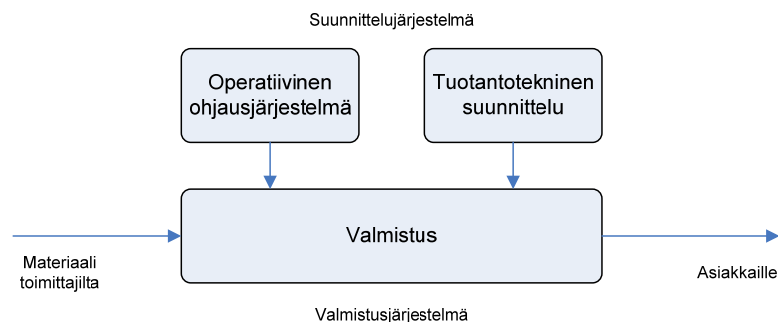
pääomankiertokulkua, jonka liikkeellepanevana voimana on raha. (Sakki 2001, s. 45; Lehtonen et al. 2004, s. 14–15)



Kuva 10. Tuotannon kytkeytyminen yrityksen reaali- ja rahaprosesseihin (Peltonen 1997, s. 18)

2.3 Tuotantojärjestelmä

Teollisen tuotannon perusjärjestelmä koostuu kahdesta toiminnosta: valmistusjärjestelmästä ja suunnittelujärjestelmästä (kuva 11). Valmistusjärjestelmän tehtävänä on saada materiaali virtaamaan valmistusprosessin lävitse. Materiaalivirta lähtee liikkeelle materiaalien ja komponenttien toimittajilta ja päättyy tehtaan valmistukseen. Tämä verkko voi olla hyvinkin monimutkainen kattaen toimittajan toimittajineen. Mutkikkuus ei ole kuitenkaan tavoite, sillä se lisää valmistusjärjestelmän läpäisyäikää. Valmistuksen aikana materiaali jalostetaan tuotteeksi, jolloin sen arvo kasvaa valmistusprosessin jalostaman arvon verran. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, s. 15–17)



Kuva 11. Yrityksen tuotantojärjestelmä (Lapinleimu et al. 1997, s. 15)

Yrityksen suunnittelujärjestelmä koostuu operatiivisesta ohjausjärjestelmästä ja tuotantoteknisestä suunnittelusta. Tuotantoteknisellä suunnittelulla ja siihen liittyvillä työväline-toiminnoilla luodaan valmiudet tuotteen operatiiviseksi valmistamiseksi tilauksen tultua. Operatiivinen ohjausjärjestelmä hoitaa puolestaan tuotannon ajoituksen ja materiaalien hankinnan. (Lapinleimu et al. 1997, s. 15, 19)

2.4 Erilaiset tuotantomuodot

Yrityksen tuotantoprosessi voidaan järjestää monin eri tavoin. Tuotannon rakenteen perusteella tehtyjä luokitteluja kutsutaan tuotantomuodoiksi (kuvat 12 & 13). Luokittelulla on siinä mielessä merkitystä, että se selittää karkealla tasolla tuotannon organisointia ja tuotannonohjauksen piirteitä. Käytännössä tuotantoprosessien väliset rajat eivät välttämättä ole yhtä selkeitä kuin seuraavassa esitetään, vaan tuotanto on monesti sekoitus useammasta tuotantomuodosta. (Lehtonen et al. 2004, s. 63–64)

Jako tuotteen mukaan:

| | |
|----------------|---------------|
| Tilaustuotanto | Vakiotuotanto |
|----------------|---------------|

Jako valmistusaloitteen mukaan:

| | |
|---------------------------|----------------------------|
| Asiakasohjautuva tuotanto | Varasto-ohjautuva tuotanto |
|---------------------------|----------------------------|

Jako valmistusprosessin jatkuvuuden mukaan:

| | | |
|------------------------------------------|----------------|------------------------------------|
| Kappaletavaratuotanto | | Prosessituotanto |
| Yksittäis-tuotanto | Sarja-tuotanto | Yhtenäistuotanto eli massatuotanto |
| Jaksottaistuotanto eli vaihtuva tuotanto | | Jatkuva tuotanto |

Kuva 12. Tuotantomuotojen luokittelu (Uusi-Rauva, Haverila, Kouri & Miettinen 2003, s. 304)

Luokiteltaessa tuotantoa tuotteen mukaan, päädytään joko tilaustuotantoon tai vakiotuotantoon. Tilaustuotannossa tuote suunnitellaan joka tilaukselta asiakasta varten kokonaisuudessaan tai osittain. Vakiotuotannossa tuotteen rakenne pysyy samanlaisena pitkiä aikoja. Vakiotuotannossa valmistuksen perustiedot ovat olemassa, joten

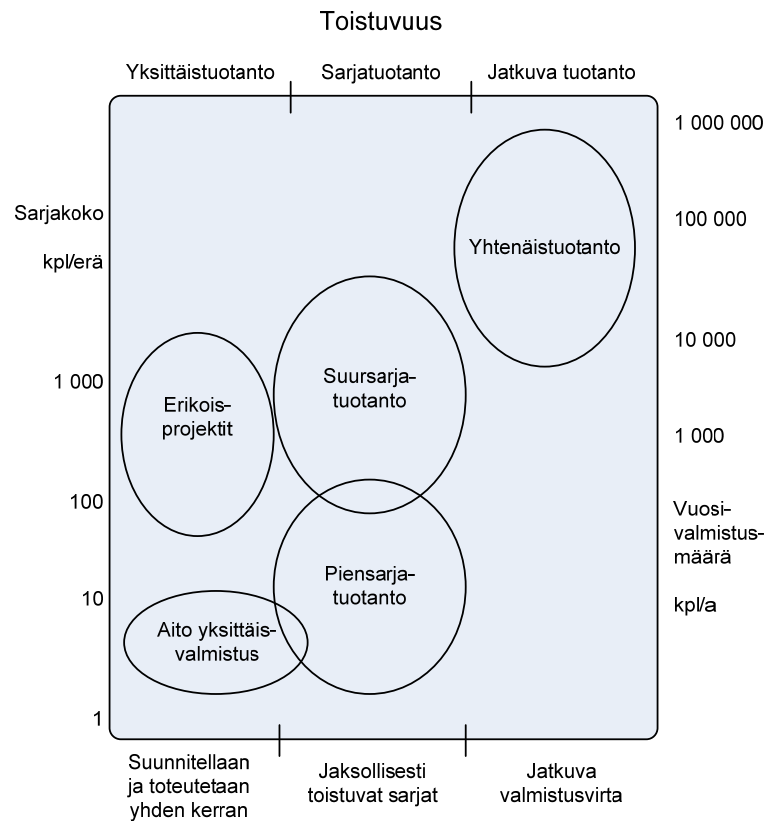
valmistuksen aloittaminen ei edellytä tilauskohtaista tuotesuunnittelua. (Lapinleimu 2000, s. 77)

Valmistusaloitteen mukaan luokiteltaessa tuotantoa puhutaan asiakasohjautuvasta ja varasto-ohjautuvasta tuotannosta. Asiakasohjautuvassa tuotannossa vasta asiakkaan tilaus käynnistää tuotannon. Varasto-ohjautuvassa tuotannossa tuotanto aloitetaan ennen kuin tuotetta on vielä myyty asiakkaalle. Valmiita tuotteita pidetään varastossa ennusteiden pohjalta ja myydään suoraan varastosta. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 304)

Tarkasteltaessa tuotantoa tuotantoerän koon perusteella, käytetään useita erilaisia ja joissain määrin päällekkäisiä käsitteitä. Tavallisimmin käytetään jaottelua kolmeen perusmuotoon eli yksittäis-, sarja- ja yhtenäistuotantoon. Yksittäistuotannossa valmistetaan joko yksi tai muutama tuote kerrallaan asiakkaan tilauksen mukaan. Tuotteen arvo on usein suuri ja lisäksi se on suunniteltu yksilöllisesti asiakastarpeen perusteella. Yksittäistuotannossa ei päästä tarkkoihin suunnitelmiin ennen tilausta, jolloin tuotteen suunnitteluvaiheita tulee tarkastella työnvaiheina kuten muutakin valmistusta. (Lapinleimu et al. 1997, s. 299; Uusi-Rauva et al. 2003, s. 304–305)

Sarjatuotannossa tuotanto tapahtuu puolestaan sarjoissa. Kuitenkin myös tuotanto, jossa valmistetaan toistuvasti yhden kappaleen eriä, katsotaan sarjatuotannoksi. Usein tällaista tuotantoa kutsutaan virheellisesti yksittäistuotannoksi. Sarjatuotannossa sarjojen koot voivat olla 1–100 kappaletta per sarja ja toistuvuus 2–100 sarjaa per vuosi. Sarjatuotannon kilpailukyky perustuu siihen, että suunnitteluvaiheessa kehitetään valmistusvalmiudet niin pitkälle kuin mahdollista. Täten valmistusvaihe on lähes pelkästään jalostavaa työtä. Suunnitteluun ja työvälineisiin on myös taloudelliset perusteet toistuvuuden takia. Usein sarjatuotannossa on samanaikaisesti valmistuksessa eri tuotteita. Sarjatuotannossa valmiuksiin perustuvan toiminnan merkitys korostuu, sillä tuotantojärjestelmä on kehitetty tiettyjen tuotteiden valmistamiseen. Kaikki tuotteet sovelletaan tähän järjestelmään tuotesuunnitteluvaiheessa, jolloin tuotetiedot vastaavat tuotantojärjestelmää. Sarjatuotantojärjestelmää kehitetään luonnollisesti uusien tuotteiden mukana syntyvien vaatimusten mukaan. Monesti sarjatuotanto jaetaan vielä tarkemmin volyymin perusteella suursarja- ja piensarjatuotantoon. (Lapinleimu et al. 1997, s. 46–47, 299; Dickersbach, Keller & Weihrauch 2008, s. 192)

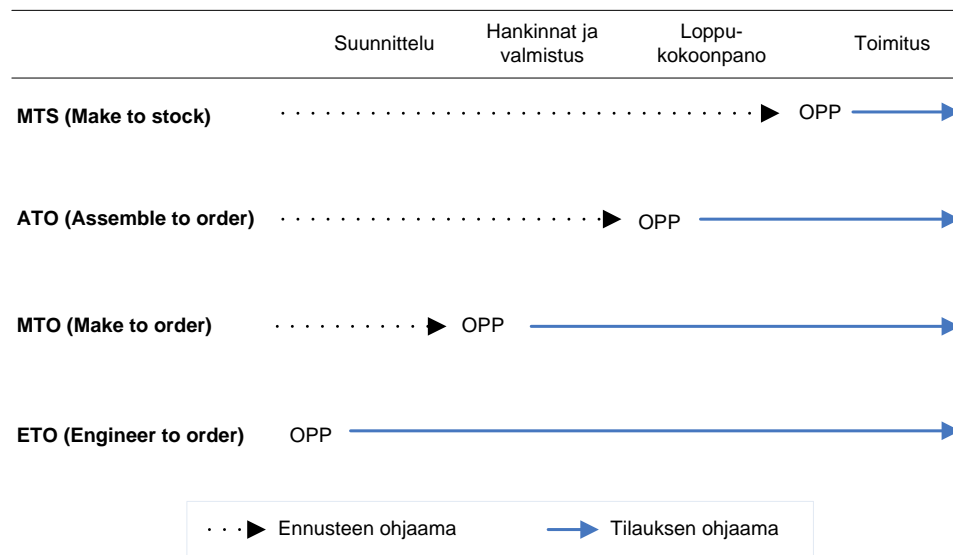
Yksittäis- ja sarjatuotanto ovat molemmat vaihtuvaa eli jaksottaistuotantoa. Yhtenäis- eli massatuotanto on puolestaan jatkuvaa tuotantoa, jolloin valmistus jatkuu tuotannon käynnistyttyään jälkeen samankaltaisena kauan aikaa. Valmistus etenee tasaisena virtana työvaiheesta toiseen. Yhtenäistuotannon osalta puhutaan prosessiteollisuudesta, kun tarkoitetaan kemiallista tai vastaavaa ”putkissa kulkevaa” teollisuutta. Kappaleina valmistavaa teollisuutta kutsutaan kappalevalmistukseksi. (Uusi-Rauva et al. 1999, s. 304–305; Chrysolouris 2006, s. 334–337)



Kuva 13. Erilaiset tuotantomuodot volyymin ja toistuvuuden mukaan (Lapinleimu et al. 1997, s. 45)

Edellä mainittujen luokittelutapojen lisäksi tuotantoa voidaan jaotella asiakastilauksen kohdentamispisteen (OPP, order penetration point) avulla. Tavallisesti kirjallisuudessa esitetään neljä kohdentamispistettä: MTS (make to stock), ATO (assemble to order), MTO (make to order) ja ETO (engineer to order). Asiakastilauksen kohdentamispiste on tuotannossa se kohta, josta lähtien tilaus ohjaa tuotantoa. Samalla se on myös viimeinen asiakastilaukselle kohdentamaton kohta, jossa pidetään asiakkaalle kohdentamatonta vapaata varastoa. Ennen asiakastilauksen kohdentamispistettä tuotanto pohjaa ennustettuihin tai suunniteltuihin tarpeisiin. Tämä mahdollistaa resurssien käytön

optimoinnin. Erilaisia asiakastilauksen kohdentamispisteitä on havainnollistettu kuvassa 14. (Olhager 2003, s. 320; Lehtonen et al. 2004, s. 68–69)



Kuva 14. Erilaisia asiakastilauksen kohdentamispisteitä (Olhager 2003, s. 320)

MTS tuotannossa yritys valmistaa tuotteita varastoon. Tuotteen valmistus aloitetaan ja yleensä myös lopetetaan ennen kuin tuotetta on myyty. Tuote kohdistetaan asiakastilaukselle varastosta. Varaston pitäminen mahdollistaa tuotteen nopean toimituksen. Epäkuranttiusriskin vuoksi MTS tuotanto sopii vain standardituotteille, joita myydään paljon ja joiden kysyntää kyetään ennustamaan tarkasti. Mitä useampia tuotevariantteja asiakkaalle halutaan tarjota, sitä kalliimmaksi MTS tuotanto tulee. (Lehtonen et al. 2004, s. 70; Krajewski, Ritzman & Malhotra 2007, s.131)

ATO tuotannossa on paljon erilaisia tuotteita, mutta tuotteet ovat rakenteeltaan modulaarisia. Modulaarisuus mahdollistaa usean tuotevariantin valmistuksen suhteellisen pienestä määrästä erilaisia moduuleita. Varastossa pidetään tällöin valmiita moduuleita, joista kootaan asiakastilauksen spesifikaation perusteella valmis tuote. Moduuleita valmistetaan varastoon ennusteiden pohjalta. Kilpailutekijänä ATO tuotannossa on erilaisten tuotteiden runsas lukumäärä ja nopea toimitus. Tuotteiden moduloinnin ja välivaraston ansiosta asiakkaalle voidaan tarjota nopeasti paljon erilaisia tuotteita. Lopputuotteiden varastointi ei tule kysymykseen, koska useat eri vaihtoehdot tekevät ennustamisen liian epätarkaksi. (Schroeder 2000, s. 61; Krajewski et al. 2007, s. 131)

Hyvin asiakaskohtainen tuote suunnitellaan tai ainakin valmistetaan kokonaan tilausohjautuvasti. Näin voidaan myös toimia, mikäli pitkäksi venyvä toimitusaika ei ole kilpailuhaitta markkinoilla. Tällöin yritys voi soveltaa joko MTO tai ETO tuotantoa. MTO tuotannossa tuotteen valmistus aloitetaan vasta kun tuote on myyty. Tuotetta ei koota moduuleista kuten ATO tuotannossa vaan hankinnat tehdään pääosin vasta saataessa asiakastilaus. MTO tuotannossa on kyse vakiotuotteista, jotka eivät vaadi erillistä tilauskohtaista tuotesuunnittelua. Tyypillisesti MTO tuotantoa soveltavat yritykset, joiden yksittäiset tuotteet sitovat paljon pääomaa ja joita valmistetaan pienillä volyymeillä. ETO tuotanto eroaa MTO tuotannosta siten, että se sisältää tilauskohtaisen tuotesuunnittelun. Eli asiakastilauksen jälkeen tuote suunnitellaan ja vasta sen jälkeen suoritetaan materiaalihankinnat ja valmistus. (Browne, Harhen & Shivnan 1989, s. 9; Schroeder 2000, s. 60; Lehtonen et al. 2004, s. 70; Krajewski et al. 2007, s. 131)

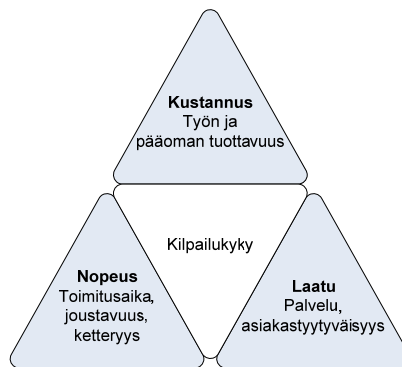
Taulukossa 3 on esitetty tiivistetysti asiakastilauksen kohdentamispisteiden eroavaisuuksia ääripäiden eli ETO ja MTS tuotantojen välillä. Luonnollisesti MTO ja ATO sijoittuvat näiden ääripäiden välimaastoon.

Taulukko 3. Asiakaskohdentamispisteiden vertailu tuotannonohjauksen näkökulmasta

| ETO ← | → MTS |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • toimitusvarmuuspito vaikeahkoa • pitkä toimitusaika • pieni varastoon sitoutunut pääoma • epäkuranttiusriski pieni • tuotejoustavuus suuri • ennusteiden tarkkuus karkea • pieni volyyymi • volyymin vuoksi yksittäisten tuotteiden laatu korostuu • kapasiteetin kuormittaminen vaikeutuu • ohjattavuus vaikeutuu • ohjausmuotona MRP II | <ul style="list-style-type: none"> • toimitusvarmuuspito helppoa • lyhyt toimitusaika • suuri varastoon sitoutunut pääoma • epäkuranttiusriskit kasvavat • tuotejoustavuus pieni • ennusteiden tarkkuus korostuu • suuri volyyymi • volyymin vuoksi yksittäisten tuotteiden laatu ei ole elintärkeää • kapasiteetin kuormittaminen helpottuu • ohjattavuus helpottuu • ohjausmuotona JIT |

2.5 Tuotannon tavoitteet

Yritysten välisen kilpailun perusyksikkönä toimii tuote tai palvelu. Kilpailutekijät korostuvat avoimessa markkinataloudessa, jossa vaihtoehtoisten tuotteiden hinnat ovat lähellä toisiaan. Kilpailutekijöitä ovat esimerkiksi hinta, toimitusaika, joustavuus sekä tuotteen ja toiminnan laatu. Mainitut tekijät ovat asiakkaan ostopäätökseen vaikuttavia kriteereitä. Näiden kilpailutekijöiden pohjalta asiakas tekee arvion tuotteen hintalaatusuhteesta ja siksi niitä pidetään myös yleisesti tuotannon tavoitteina (kuva 15). On yrityskohtaista, kuinka näitä kilpailulähtöisiä tavoitteita painotetaan. (Sakki 2001, s. 16)



Kuva 15. Yrityksen kilpailukykyyn vaikuttavat tuotannon tavoitteet (Slack, Chambers & Johnston 2007, s. 505)

Kuvassa 15 esitetty tuotannon nopeus -tavoite jaotellaan siis usein vielä erikseen joustavuuden sekä toimitusajan ja toimitusvarmuuden tavoitteiksi (Schroeder 2000, s. 24; Shtub 2000, s. 46; Lehtonen et al. 2004, s. 61). Tällöin tuotannon tavoitteiksi saadaan:

- hyvä toimituskyky
- suuri joustavuus
- korkea laatu
- kustannustehokkuus

Seuraavassa esitellään nämä tavoitteet yksitellen luettelon osoittamassa järjestyksessä. Ensimmäinen tavoite eli hyvä toimituskyky pitää sisällään toimitusvarmuuden ja toimitusajan. Useimmiten toimitusvarmuus on asiakkaalle tärkeämpää kuin toimitusaika. Toimitusvarmuudella tarkoitetaan yleisesti sitä, että tuote toimitetaan viimeistään luvattuna toimitusajankohtana. Yrityksen toimitusvarmuuden on oltava hyvä, jotta asiakasyritykset uskaltaisivat luottaa toimittajien lupaamiin toimitusaikoihin. Toimitusvarmuuden lisäksi huomiota on kiinnitettävä, sillä tuotteen toimitus ennen toimitusajankohtaa ei aina ole hyvä asia. Asiakkaat arvostavat nopeaa toimitusta, jonka vuoksi myös toimitusajalla on merkitystä. Toimitusaika kuvaa sitä aikaa, joka kuluu asiakkaan tilauksesta tuotteen toimitukseen. Täten toimitusajan kehittäminen edellyttää nopeaa tilaus-toimitusprosessia. Tilaus-toimitusprosessin nopeus on ensiarvoisen tärkeää asiakasohjautuvassa tuotannossa, jossa tuotteen suunnittelu tai valmistus aloitetaan asiakkaan tilauksen perusteella. (Miettinen 1993, s. 13; Jahnukainen, Lahti & Virtanen 1997, s. 59; Uusi-Rauva et al. 1999, s.334)

Tuotannon toinen tavoite on joustavuus, joka kuvaa yrityksen nopeutta sopeutua muuttuneisiin olosuhteisiin. Joustavuus on tärkeää, sillä yritysten toimintaympäristö on muuttunut nopeatempoisemmaksi. Tämän vuoksi ennusteiden laatiminen on yhä vaativampaa. Yrityksen riippuvuus ennusteista vähenee, jos se kykenee suureen joustavuuteen. Mitä joustavampi yritys on, sitä helpompi sen on toimia asiakaslähtöisesti. Asiakaslähtöinen toiminta edellyttää nimittäin yleensä nopeata reagointikykyä. (Miettinen 1993, s. 14; Sakki 2001, s. 159) Tuotannon joustavuutta voidaan tarkastella muun muassa seuraavalla tavoilla (Heikkilä & Ketokivi 2005, s. 122–123):

- kyky sopeutua tuotantomäärien vaihteluun
- kyky sopeutua tuotekirjon muutoksille
- uusien tuotteiden siirtymisnopeus tuotekehityksestä tuotantoon
- kyky ottaa käyttöön uusia teknologioita eli koneita, laitteita ja järjestelmiä

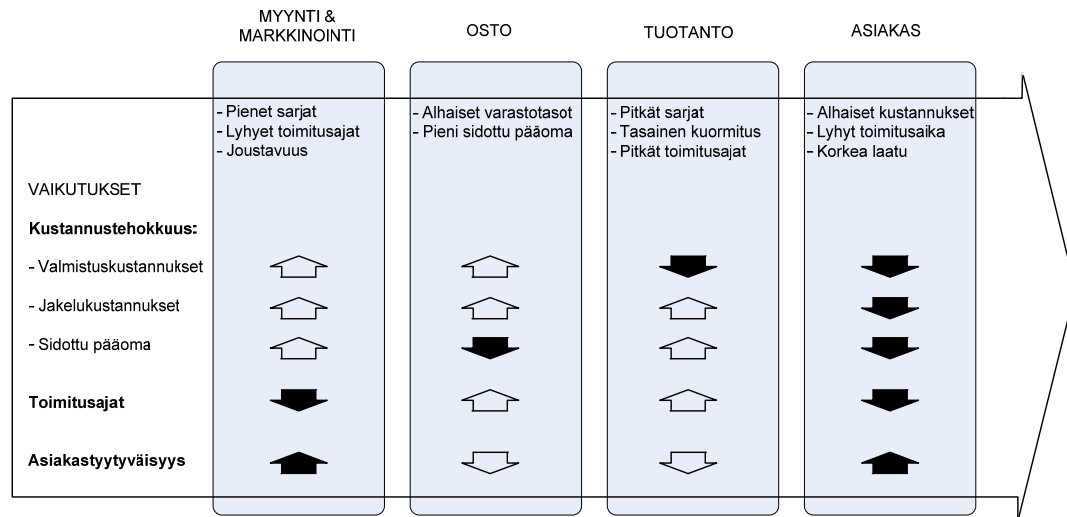
Joustavuuden käsitettä lähellä on myös agiliteetti, josta toisinaan käytetään myös sanaa ketteruus. Agiliteetti tarkoittaa laajempia asioita kuin joustavuus. Agiliteetti on laaja-alaista konsernitason ulottuvaa joustavuutta. Agiili yritys sopeuttaa itsensä niille markkinoille, joilla se suunnittelee toimivansa. (Lapinleimu 2000, s. 42–43; Skurnik 2009, s. 43) Agiliteetin tunnuspiirteitä ovat (Desouza 2007, s. 7):

- nopea reagointi hetkellisiin tilanteisiin
- herkkä keskipitkän aikavälin muutostarpeen havainnointi
- tarvittavien muutosten nopea toteutus
- innovatiivisuus

Tuotannon kolmantena tavoitteena on laatu, jolla yleisesti tarkoitetaan tuotteen vastaavuutta asiakkaan tarpeisiin. Tuotannon näkökulmasta laadulla tarkoitetaan tuotteen ja tuotantoprosessin virheettömyyttä. Tavoitteena on, että valmistettu tuote vastaa tuotesuunnittelun määrittelyä ja asiakkaan sille asettamia vaatimuksia. Tuotantoprosessista pyritään poistamaan kaikki virhelähteet. Virheet lisäävät kustannuksia ja aiheuttavat häiriöitä suunniteltuun toimintaan. Lisäksi virheistä aiheutuu helposti ongelmia yrityksen toimitusvarmuuteen. (Lapinleimu 2000, s. 70)

Tuotannon neljäs tavoite on kustannustehokkuus, jonka ansiosta tuotteen yksikkökustannukset pienentyvät ja hintakilpailukyky paranee. Kilpailuilla markkinoilla yrityksen mahdollisuudet vaikuttaa myyntihintaan ovat rajalliset, jolloin katteen parantaminen kustannusrakenteeseen puuttamalla on usein helpompaa. Tuotannon kokonaiskustannukset voidaan minimoida resurssien tehokkaalla käytöllä sekä pitämällä toimintaan sitoutuneen pääoman määrää mahdollisimman pienenä. (Shtub 2000, s. 55; Uusi-Rauva et al. 2003, s. 307)

Yrityksen päätoimintojen näkökulmasta edellä mainittujen tuotannon tavoitteiden välillä esiintyy ristiriitoja. Kullakin päätoiminnolla on nimittäin omat tavoitteensa, mikä johtaa helposti yrityksen kokonaispäämäärän kannalta osaoptimointiin. Asiakaslähtöisyyden edellytyksenä on kuitenkin tavoitteiden yhtenäistäminen tilaus-toimitusprosessissa. Kuvassa 16 on esitetty näitä päätoimintojentavoiteristiriitaisuuksia ja osaoptimointia. Kuvassa nuolet kuvaavat päätoiminnon tavoitteiden vaikutuksia kustannustehokkuuteen, läpimenoaikoihin ja asiakastyytyvyyteen. Mustalla nuolella kuvataan toiminnon päätavoitetta.



Kuva 16. Päätoimintojen tavoiteristiriitoja (mukailen Hannus 1994, s. 35)

Tuotannon tavoitteita on edellä jäsenetty lähinnä kilpailutekijöiden näkökulmasta. Tuotannolla on kuitenkin myös muita, pääasiassa yhteiskunnan ja työyhteisön määrittelemiä tavoitteita. Näitä ovat esimerkiksi työturvallisuus, ympäristön suojelu, työympäristö, tuoteturvallisuus sekä sosiaalinen vastuu. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 308)

2.6 Tuotantotavoitteiden muotoutuminen toiminta-ajatuksen pohjalta

Yrityksen toiminta-ajatuksen tehtävä on selvittää, mitä varten yritys toimii markkinoilla. Toiminta-ajatuksen tulisi olla pohjana kaikelle yrityksen toiminnalle ja siihen liittyvälle suunnittelulle. (Kamensky 2002, s. 44–45) Toiminta-ajatus määrittelee (Miettinen 1993, s. 28):

- tarpeet, jotka yritys haluaa toiminnallaan tyydyttää
- asiakkaat, joille yritys suuntaa tuotteensa tai palvelunsa
- teknologiat, joiden avulla tarpeet tyydytetään.

Päämäärät eivät tarkoita samaa asiaa kuin yrityksen toiminta-ajatus. Päämäärät ovat täsmennys siitä, mihin yrityksessä toiminta-ajatuksen perusteella pyritään. Edellä mainittiin jo yksi yrityksen päämäärästä: pyrkimys edulliseen taloudelliseen tulokseen. Muita yrityksen päämääriä voivat olla esimerkiksi kasvu, turvaton toimeentulon antaminen yrityksen henkilöstölle tai tietyn markkinaosuuden saavuttaminen. (Uusi-Rauva et al. 1999, s. 78–79)

Toiminnan suunnittelun kannalta on tärkeää määritellä myös keinot, joiden avulla päämäärät saavutetaan. Näitä karkean tason keinoja kutsutaan strategiaksi. Yrityksen kokonaisstrategia siis kertoo sen, kuinka toiminta-ajatuksen pohjalta asetettuihin yrityksen päämääriin tulee pyrkiä. Strategisella tasolla tehdään pitkävaikutteisia päätöksiä, joilla on huomattavan suuri vaikutus yrityksen toiminnan linjauksiin. Strategian ei tule määrittää, että tehdään asioita oikein. Strategian tehtävänä on määrittää, että yrityksessä tehdään oikeita asioita. Näiden linjausten jälkeen voidaan paremmin keskittyä painopistealueille ja tehdä oikeita asioita oikein. Voidakseen päättää, miten yrityksen tulisi toimia, yritysjohto pyrkii ensiksi luomaan kuvan yrityksen vahvoista ja heikoista puolista sekä ympäristön tarjoamista mahdollisuuksista ja uhkista. Tällainen jatkuva päätöksentekoprosessi toisaalta ympäristön kartoituksen, toisaalta yritysanalyysin pohjalta on tärkein osa yrityksen strategista suunnittelua. (Eloranta et al. 1986a, s. 5; Kamensky 2002, s. 39; Hauta-Aho 2007, s. 4, 31–33)

Tuotannon osuus kokonaisstrategian muodostumisessa on huomattava, sillä kokonaisstrategia muodostuu yrityksen päätoimintokohtaisista osastrategioista. Yrityksen kokonaisstrategiasta seuraa vaatimuksia, joihin tuotannon on sopeuduttava. Toisaalta

tuotanto asettaa kokonaisstrategialle reunaehdoja, jotka on otettava strategian luonnissa huomioon. Tuotanto voi myös synnyttää uusia mahdollisuuksia kokonaisstrategialle. Tuotannon ja kokonaisstrategian välistä vuorovaikutusta kutsutaan tuotannon strategiseksi suunnitteluksi ja sen tuloksena sovittuja pelisääntöjä tuotantostrategiaksi. (Eloranta et al. 1986a, s. 5; Stevenson 2007, s. 47)

Tuotantostrategioihin liittyvät päätökset ovat merkittäviä, koska investoinnit tuotantolaitoksiin ja tuotantojärjestelmiin ovat tavallisesti suuria. Tuotantolaitteistoja, -tekniikkaa ja henkilökuntaa koskevat ratkaisut ovat luonteeltaan pitkäaikaisia ja tehtyihin päätöksiin sitoudutaan pitkäksi aikaa. Tämän vuoksi on tärkeää, että tuotannolla on aktiivinen rooli strategisessa suunnittelussa. Tuotantoa koskevia strategisia päätöksiä voidaan tehdä useammasta kuin yhdestä näkökulmasta. Kaksi keskeistä tavoitetta ovat toiminnan kilpailukyvyyn jatkuva kehittäminen sekä toiminnan tulevaisuuden turvaamisen osaamisen jatkuvalla kehittämisellä. (Eloranta et al. 1986a, s. 5; Uusi-Rauva et al. 1999, s. 342; Krajewski et al. 2007, s. 48–49) Yleisesti tuotantostrategia pitää sisällään seuraavan tyyppisiä päätöksiä. (Eloranta et al. 1986a, s. 6):

- keiden asiakkaiden ja millaisiin tarpeisiin yrityksessä keskitytään
- suuret tuotantoinvestoinnit, niiden toteutusajankohta sekä maantieteellinen sijoitus
- tuotantoteknologia eli tuotteiden, raaka-aineiden, tuotantokoneiston kehitysnäkymät ja valinta tuotannon tavoitteet huomioiden
- henkilöstöohjauksen ja toiminnan organisoinnin suuntaviivat
- keskeiset tuotannonohjausperiaatteet, joilla saavutetaan tuotannon tavoitteet

Tuotantostrategia määrittää ne kriteerit, joiden perusteella tuotanto joko onnistuu tai epäonnistuu tavoitteissaan. Tämän vuoksi tuotannolle asetettujen tavoitteiden tulee olla samassa linjassa tuotantostrategian kanssa. Päivittäisen tason tuotantotoiminnan ja sen suunnittelun tulisi toteuttaa tuotantostrategian osoittamia suuntaviivoja viime kädessä tuotannon tavoitteiden kautta. (Eloranta et al. 1986a, s. 6)

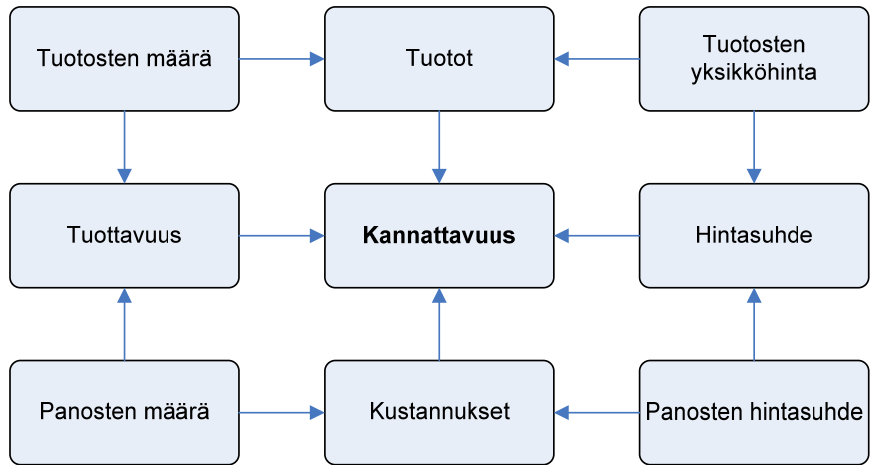
2.7 Tuotannon kehittäminen

Tuotantoa pidetään usein teollisuusyrityksen tärkeimpänä toimintona. Kokonaisvaltaisen toiminnanjohtamisen suurimmat ongelmat liittyvätkin tavallisesti tuotantoprosessin

hallintaan ja kehittämiseen. Tuotannon kehittämisen tulee olla yrityksessä järjestelmällistä ja jatkuvaa. Vain tällä tavoin voidaan tuotantokapasiteetti säilyttää toimintakykyisenä ja joustavana. Kehittämistoiminnassa parannetaan nykyisiä tuotanto-olosuhteita ja -menetelmiä sekä kehitetään uusia. Tuotannon kehittäminen liittyy koko yrityksen kehittämiseen ja niihin näkemyksiin, joita yrityksellä ja sen johdolla on yrityksen tulevaisuuden toiminnasta. Keräämällä tietoa tuotannon nykytilasta ja analysoimalla sitä, saadaan selville yrityksen kehittämiskohteet. (Boncamper 1995, s. 142–144; Uusi-Rauva et al. 1999, s. 326) Tuotantoprosessin kehittämisen tavoitteiksi voidaan asettaa esimerkiksi (Peltonen 1997, s. 119):

- prosessin yksinkertaistaminen
- varastojen pienentäminen
- valmistusteknologian kehittäminen
- vaiheiden vähentäminen
- läpäisyajan lyhentäminen
- ohjauspisteiden vähentäminen ja itseohjautuvuuden saavuttaminen
- häiriöiden eliminoiminen
- ohjauksen havainnollistaminen eli visualisointi

Yleensä tuotantoa kehitettäessä pidetään päämääränä tuottavuuden nostamista. Tuottavuuden merkitys niin yrityksen kannattavuudelle kuin koko toimitusketjun menestymiselle on ilmeinen (kuva 17). Mitä korkeampi tuottavuus on, sitä parempi kannattavuuskin on. Tuottavuuden kohottaminen on tärkeää, sillä pitkällä aikavälillä se on ainoa keino säilyttää toiminnan kannattavuus ja kilpailukyky. Tuottava yritys kykenee myös investoimaan ja varmistamaan näin tulevaisuutensa. Tuottavuus luo edellytykset kustannusten alentamiselle ja hintakilpailukykyyn säilyttämiseksi markkinoilla. Tuottavuutta voidaan parantaa joko pienentämällä panoksia tai lisäämällä tuotoksia. Panosten pienentäminen onnistuu esimerkiksi vähentämällä työtä tai käyttämällä vähemmän tai halvempia materiaaleja. Panosten lisääminen onnistuu esimerkiksi parantamalla laatua tai saavuttamalla tuotteen korkeampi jalostusaste. Perusta tuottavuustyölle on olemassa oleva tilanne. (Boncamper 1995, s. 142–144; Mattila et al. 1998, s. 27–28; Sakki 2001, s. 46)

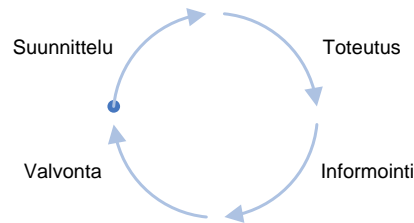


Kuva 17. Tuottavuuden ja kannattavuuden yhteys toisiinsa (Mattila et al. 1998, s. 27)

3 TUOTANNONOHJAUS

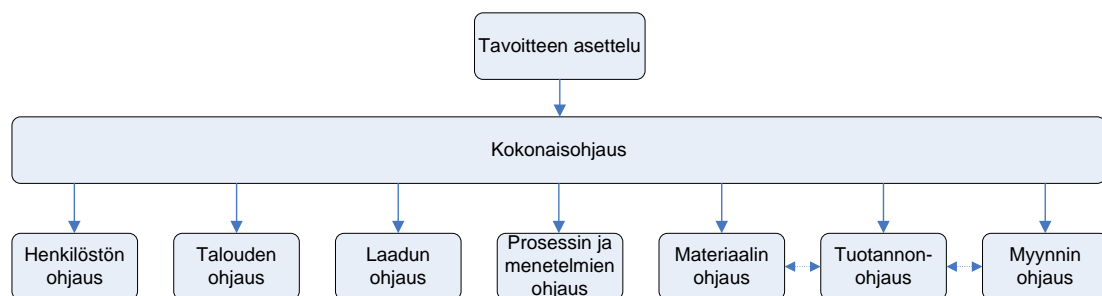
3.1 Yrityksen ohjausjärjestelmä

Yrityksen kokonaisvaltainen toiminnan ohjaus pitää sisällään seuraavat tehtävät: suunnittelu, toteutus, informointi ja valvonta. Näitä ohjauksen tehtäviä ja rakennetta esittää kuva 18. (Miettinen 1993, s. 23)



Kuva 18. Ohjauksen tehtävät ja rakenne

Kaikkea yrityksessä tapahtuvaa toimintaa tulisi pyrkiä ohjaamaan. Ylimmän tason ohjausta kutsutaan kokonaisohjaukseksi ja sen tavoitteena on ohjata koko yrityksen toimintaa. Kokonaisohjauksen lisäksi yrityksissä on tarvetta erilaisille alatason ohjausjärjestelmille, jotka keskittyvät tietyn tarkemmin rajatun alueen ohjaukseen. Alatason ohjausjärjestelmien on tuettava yrityksen kokonaisohjausta. Näitä alatason ohjausjärjestelmiä on esitetty kuvassa 19. (Miettinen 1993, s. 23)



Kuva 19. Teollisuusyrityksen tärkeimmät ohjausjärjestelmät (mukaillen Aaltio et al. 1976, s. 63)

3.2 Tuotannonohjauksen sisältö

Tuotannonohjauksen käsite voidaan yhdistää kaikkeen yrityksen toimintaan, jossa resursseja käytetään tuotteiden tai palveluiden tuottamiseksi asiakkaille. Tuotannonohjauksen yleinen suunta määrittyy tuotannon tavoitteista, jotka puolestaan on

johdettu yrityksen tuotantostrategiasta. Tuotantotavoitteiden saavuttamiseksi tuotannonohjauksen on sovittava yhteen tuotantojärjestelmän eri osat kuten myynti, tuotanto ja osto sekä näiden keskenään ristiriitaiset tavoitteet (kuva 16). Tuotannonohjaus pitää sisällään siis osittain myös materiaalin ja myynnin ohjauksen kuten kuva 18 havainnollistaa. Myynnin ohjauksen tarkoituksena on välittää tuotannonohjaukselle tietoa tuotteiden kysynnästä niin lyhyellä kuin keskipitkälläkin tähtäimellä. Tämän tiedon perusteella tuotannonohjaus kykenee suunnittelemaan tuotantotoimintaa lyhyellä ja pitkällä aikajänteellä. Tuotannon tulee vastaavasti informoida myyntiä tuotteiden toimitusajoista sekä mahdollisista tuotantorajoitteista. Asiakkaiden lisäksi tuotantotoiminnassa tarvitaan raaka-aineita ja komponentteja, joita jalostamalla yhdessä tai useammassa työvaiheessa syntyy lopputuote. Koska materiaalit maksavat, aiheuttavat varastointikustannuksia, sitovat pääomaa ja sisältävät epäkuranttiusriskin, on myös materiaalin ohjaus liitettävä myynninohjauksen tapaan osaksi tuotannonohjausta. (Miettinen 1993, s. 23–24; Häkkinen 2003, s. 15; Gupta et al. 2008, s. 993)

On huomattava, ettei ole olemassa täysin stabiilia tuotantoympäristöä. Tuotannonohjauksen tehtävänä on hallita muutoksia jatkuvasti muuttuvassa tuotantotilanteessa. Muutoksia aiheuttavat sekä yrityksen palveleamat asiakkaat että tuotantoprosessi itse. Tästä syystä ohjausjärjestelmän on oltava jatkuvasti selvillä tuotantoprosessin kulloisestakin tilasta ja tunnettava, mitä mahdollisia muutoksia kyseinen tilanne edellyttää. Tuotannonohjauksen tehtävänä on siis ohjata yrityksen tuotantojärjestelmää niin, että yrityksen päämäärä ja tavoitteet saavutetaan siltä osin kuin ne ovat tuotannosta riippuvaisia. Tarkoituksena on siis sovittaa yhteen markkinoiden kysyntä ja tuotannon resurssit, jotta yritys saavuttaisi asettamansa tuottotavoitteet. Tuotantoa tuotannonohjaus auttaa välttämään ongelmia ja markkinoille se selvittää tuotantojärjestelmän mahdollisuudet ja resurssien vaihtoehtoiset käyttömahdollisuudet. Mikäli ympäristön vaatimuksia ja tuotantoprosessin ominaisuuksia ei pystytä sopeuttamaan toisiinsa, vaikutukset näkyvät päivittäisellä tasolla juuri tuotannonohjauksessa. Tällöin tuotannonohjaus muuttuu palokuntatyöksi, jossa toiminta koostuu kiireellisestä hälytysajosta palopesäkkeille ja sammutustyöstä tavoitteena vahinkojen rajaaminen mahdollisimman pieneksi. (Eloranta et al. 1986a, s. 12–13; Slack et al. 2007, s. 290)

Kun on olemassa edellytykset tuotannon ja yrityksen muiden toimintojen sopusointuun, tuotannonohjaus voi keskittyä muutosten hallintaan. Sen tehtävänä on rakentaa erilaisia

toimintavaihtoehtoja kulloisenkin tilanteen mukaan ja suositella toteutettavaksi niistä kussakin tilanteessa resurssien kannattavan ja tehokkaan käytön kannalta optimaalisin vaihtoehto. (Eloranta et al. 1986a, s. 13)

3.3 Tuotannon ohjattavuus

Tuotannon ohjattavuus määritellään tuotantojärjestelmän kyvyksi sällia aikataulumuutoksia sekä toteuttaa ne häiriöttä. Ohjattavuus on siten lähellä käsitteitä joustavuus ja agilitteetti. Ohjattavuudessa tarkastellaan operatiivista tuotannonohjausta, joka on aina materiaalitoimitusten, valmistuksen ja toimitusten yhteen sovittamista. Uuden tilauksenkin sijoittaminen tuotantosuunnitelmaan tarkoittaa muutosta olemassa olevaan tilanteeseen. (Eloranta & Räisänen 1986b, s. 90; Lapinleimu 2000, s. 67)

Ohjattavuudessa on kysymys siitä, miten helposti ja nopeasti tuotantojärjestelmää pystytään säätämään erilaisiin kysyntä- ja poikkeamatilanteisiin. Jos yrityksen tuotantoprosessi on monimutkainen, on sitä vastaava ohjausjärjestelmä myös monimutkainen. Yksinkertaisessa tuotantoprosessissa selviydytään yksinkertaisilla ohjausjärjestelmillä. Tuotannon ohjattavuutta ei tulisi tarkastella jakamattomana käsitteenä. (Eloranta et al. 1986b, s. 90–91, 97, 133) Ohjattavuuteen vaikuttavat ohjattavuusominaisuudet voidaankin jakaa kolmeen ryhmään (Eloranta et al. 1986b, s. 97):

- toimituskyvyn ohjattavuus
- materiaalien ohjattavuus
- kapasiteetin ohjattavuus

Toimituskyvyn ohjattavuuden kannalta keskeinen kysymys on, millaisia asiakkaan tarpeita voidaan toteuttaa ilman muun tuotannon häiriintymistä. Toimituskyvyn ohjattavuudella on suuri vaikutus moniin ohjauksen tavoitemuuttujiin. Tärkeimpiä niistä ovat toimitusaika, toimitusaikapito, toimituskyvystä johtuvat katemenetykset ja puolivalmisteisiin ja lopputuotteisiin sitoutunut pääoma. (Eloranta et al. 1986b, s. 97–98)

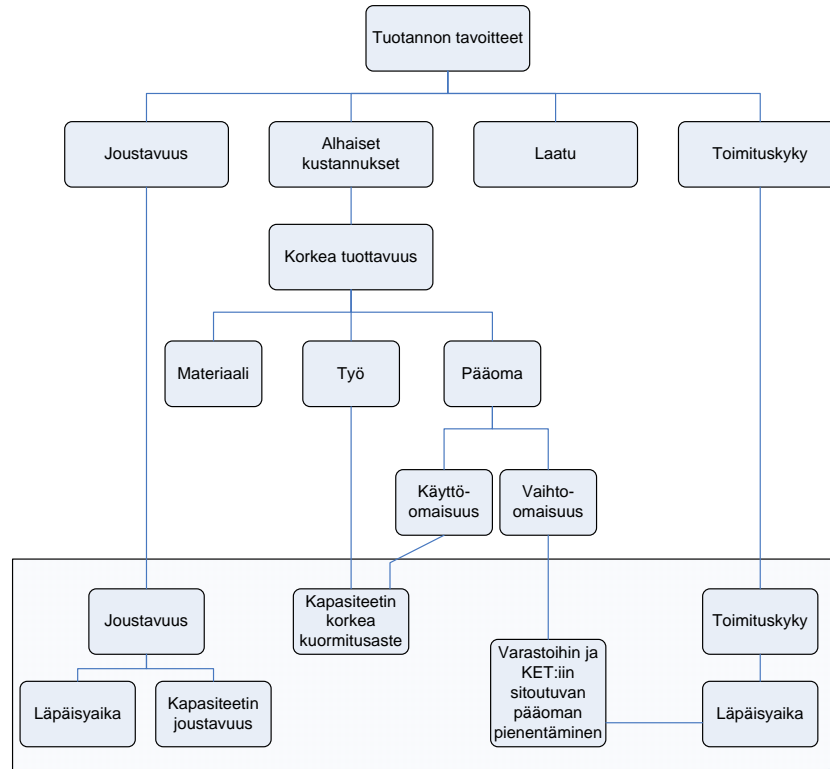
Materiaalien ohjattavuustekijät puolestaan koostuvat joukosta ulkoisia ja sisäisiä ohjattavuustekijöitä. Tärkeimpiä niistä ovat materiaalitarpeen ennakoitavuus, nimikkeiden vaihtokelpoisuus, materiaalien toimitusaika, materiaalien toimitusaikapito ja sekä

materiaalien laatuhäiriöt. Materiaalien ohjattavuus vaikuttaa esimerkiksi vaihto-omaisuuden kiertoon, vaihto-omaisuudesta aiheutuviin kustannuksiin, toimituskykyyn, materiaalien puutekustannuksiin ja kapasiteetin kuormitusasteeseen. (Eloranta et al. 1986b, s. 102)

Tehtaan kapasiteetin ohjattavuus vaikuttaa suuresti yrityksen koko toimintaan. Kapasiteetilla tarkoitetaan jonkin asian tuotantokykyä. Tärkeimpiä kapasiteetin ohjattavuutta ilmentäviä tekijöitä ovat esimerkiksi layout, asetusajat, materiaalivirta, henkilöstötekijät, ylimääräisen kapasiteetin saatavuus ja kapasiteetin kuormitusaste. Tärkeimpiä kapasiteetin ohjattavuudesta riippuvia muuttujia ovat kapasiteettimenetykset, läpäisy aika ja toimitusaika, tehtaan sisäinen ja ulkoinen toimitusaikapito sekä keskeneräinen työ ja puolivalmisteverasto. (Eloranta et al. 1986b, s. 103–104)

3.4 Tuotannonohjauksen tavoitteet

Karkeasti ilmaistuna tuotannonohjauksen tavoitteena on laatia toteutuskelpoinen tuotantosuunnitelma ja toteuttaa se niin, että kukin toiminto hoitaa itsenäisesti oman osuutensa. Tämä merkitsee tuotantosuunnitelman laadinnalle korkeata vaatimustasoa ja monen tekijän huomioonottamista. Vain huolella tehty tuotantosuunnitelma kyetään toteuttamaan häiriöttömästi. Tuotantosuunnitelmaa laadittaessa huomioonotettavista asioista tärkeimmät ovat kapasiteetin korkea kuormitusaste, tuotantoon sitoutuneen vaihto-omaisuuden minimointi, toimitusvarmuus sekä lyhyt läpäisy aika. Mainitut tavoitteet pohjautuvat jo kappaleessa 2.5 kuvattuihin tuotannon yleisiin tavoitteisiin, jotka puolestaan pohjautuivat yrityksen tuotantostrategia. Tuotannon ja tuotannonohjauksen tavoitteiden riippuvuussuhdetta esittää kuva 20. Tuotannonohjauksen tulee siis tukea tuotannolle asetettuja tavoitteita. Tämä mahdollistuu ohjaamalla ja organisoimalla yrityksen resurssien käyttöä tarkoituksenmukaisella tavalla. (Lapinleimu et al. 1997, s. 194; Uusi-Rauva et al. 1999, s. 378–381)



Kuva 20. Tuotannonohjauksen tavoitteiden muodostuminen (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 347)

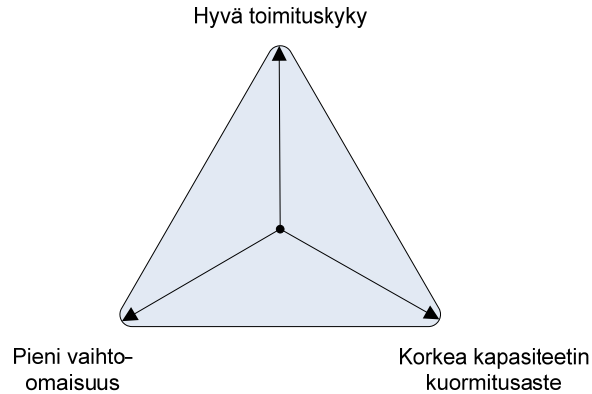
Kapasiteetin korkealla kuormitusasteella tähdätään tuotantolaitteisiin, koneisiin ja tuotantotiloihin sitoutuneen pääoman tuottavuuden nostattamiseen. Tuotantoa suunnitellaan niin, että koneet ja henkilökunta ovat mahdollisimman tehokkaassa käytössä. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 346)

Yrityksen vaihto-omaisuuden minimointi edellyttää puolestaan tuote- ja raaka-ainevarastojen pientä kokoa. Valmistusta ja materiaalitoimintoja tulee ohjata siten, että raaka-aineisiin, keskeneräiseen työhön ja lopputuotevarastoihin sitoutuu mahdollisimman vähän pääomaa. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 346)

Toimituskyky puolestaan kuvaa yrityksen asiakaspalveluastetta. Asiakkaalle luvatut toimitusajat tulee pitää täsmällisesti ja lisäksi yrityksen tulee ylläpitää valmiutta toimittaa tuotteita asiakkaiden tarpeiden mukaisesti. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 346)

Edellä mainitut kolme tavoitetta esitetään usein tasaviuksen kolmion kärkinä kuvan 21 tapaan. Jos mainittuja kolmea tekijää painotetaan yhtä paljon, on tavoitteiden painopiste kolmion keskellä. Aina tämä ei suinkaan ole paras ratkaisu vaan optimaalinen painopiste

on määritettävä yrityskohtaisesti. Painopisteen sijainti siis määrittää tuotannonohjaukselle yleiset suuntaviivat. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 348)



Kuva 21. Tuotannonohjauksen tavoitteet (Kauppinen, Kivistö & Strömberg 1985, s. 28)

Kuvan 21 tavoitteet ovat keskenään ristiriitaisia. Tuotannonohjauksen tehtävänä on pyrkiä sovittamaan yhteen nämä keskenään ristiriitaiset tavoitteet. Esimerkiksi hyvän toimituskyvyn edellytyksenä on tuotteiden, puolivalmisteiden ja raaka-aineiden varastointi sekä usein myös pienten sarjojen valmistus. Korkeaa kuormitusastetta taas tavoitellaan valmistamalla vakiotuotteita suurina sarjoina. Pitkät sarjat edellyttävät suuria varastoja sekä vakiotuotteiden tasaista kysyntää. Tuotteiden asiakaskohtaiset erikoisversiot, jotka poikkeavat muusta tuotannosta, häiritsevät kapasiteetin tehokasta käyttöä. Vaihtomaisuuden minimoinnilla pyritään puolestaan sitouttamaan raaka-aineisiin, keskeneräiseen työhön ja loppuvarastoihin mahdollisimman vähän pääomaa. Keskeneräiseen tuotantoon (KET) sitoutuneen pääoman vähentäminen edellyttää pieniä valmistussarjoja ja puolivalmistevarastojen vähentämistä. (Uusi-Rauva et al. 1999, s. 379–380)

Tuotannonohjauksen neljännellä tavoitteella eli lyhyellä läpäisyajalla voidaan saavuttaa samanaikaisesti nämä kolme keskenään ristiriitaista tavoitetta. Läpäisyajalla tarkoitetaan aikaa, joka kuluu jonkin toimintakokonaisuuden aloittamisesta sen valmiiksi saattamiseen. Läpäisy aika voidaan määrittellä erilaisille kokonaisuuksille kuten koko tilaukselle, valmistukselle, osavalmistukselle tai kokoonpanolle. Tilauksen läpäisyajalla tarkoitetaan koko sitä aikaa, joka kuluu asiakkaan ostotilauksen käsittelystä tilauksen toimitusehdon toteutumiseen. Lyhyt läpäisy aika tarkoittaa käytännössä yrityksen tuotannon suunnittelua

niin, että tilausten ja tuotanto-erien läpäisyajat ovat mahdollisimman lyhyet. (Eloranta et al. 1986b, s. 29, 57; Lapinleimu et al. 1997, s. 53; Uusi-Rauva et al. 1999, s. 379)

Asiakasohjautuvassa tuotannossa läpäisyajan lyhentämisellä on suora vaikutus toimitusaikaan. Varasto-ohjautuvassa tuotannossa lyhyet läpäisyajat puolestaan mahdollistavat varastojen täydentämisen nopeasti. Lyhyen läpäisyajan valmistuksessa tilauksia tehdään peräkkäin ja vähemmän rinnatusten kuin pitkän läpäisyajan valmistuksessa. Tämä merkitsee sitä, että töitä on vähemmän yhtä aikaa valmistuksessa tai valmisteltavina. Täten valmistuksen palvelu- ja reaktiokyky kasvaa. Lyhyen läpäisyajan valmistuksessa työnjärjestely on myös helpompaa ja keskeneräiseen tuotantoon sitoutuva pääoma pienempi, koska vaihto-omaisuudesta merkittävä on puskurivarastossa tai valmistuksessa olevaa keskeneräistä työtä. Lisäksi karsimalla kaikki ylimääräinen odotusaika pois pienentää yleensä epäselvyyksien ja häiriöiden määrää. (Eloranta et al. 1986b, s. 5; Lapinleimu et al. 1997, s. 55; Jahnukainen et al. 1997, s. 60; Uusi-Rauva et al. 1999, s. 381)

Läpäisyajan lyhentämisellä on muitakin positiivisia vaikutuksia. Lyhyt läpäisy aika on indikaattori hyvin toimivasta, joustavasta ja tehokkaasta tuotantojärjestelmästä. Läpäisy aikkaa ei yksinkertaisesti saa lyhyeksi toimimalla huonosti. Lisäksi lyhyt läpäisy aika antaa pelivaraa tuotannon ajoitukseen ja parantaa siten ohjattavuutta. Jos esimerkiksi markkinat hyväksyvät neljän viikon toimitusajan ja oma läpäisy aika on kaksi viikkoa, toiset kaksi viikkoa voidaan käyttää tuotannon kuorman tasoittamiseen. (Lapinleimu et al. 1997, s. 55)

3.5 Tuotannonohjaukseen vaikuttavat tekijät

Yrityksen tuotannonohjaus tapahtuu olemassa olevan tuotantojärjestelmän puitteissa. Tuotantojärjestelmän ominaisuudet vaikuttavat tuotannonohjaukseen ja tuotannon tavoitteiden saavuttamiseen. . Esimerkiksi korkeasti automatisoidussa tuotannossa investoinneista aiheutuvat pääomakustannukset ovat kiinteitä, jolloin resurssi tulee saada tuottamaan mahdollisimman paljon. Tällöin kapasiteetin kuormitusaste tulee saada korkeaksi, sillä pääomakustannukset ovat olemassa vaikka valmistus olisi pysäytetty. Monimutkaiset ja hankalasti hallittavat tuotantoprosessit tekevät tuotannonohjauksen tavoitteiden saavuttamisen vaikeaksi. Yrityksen tuotannolle asetetut tavoitteet vaikuttavat

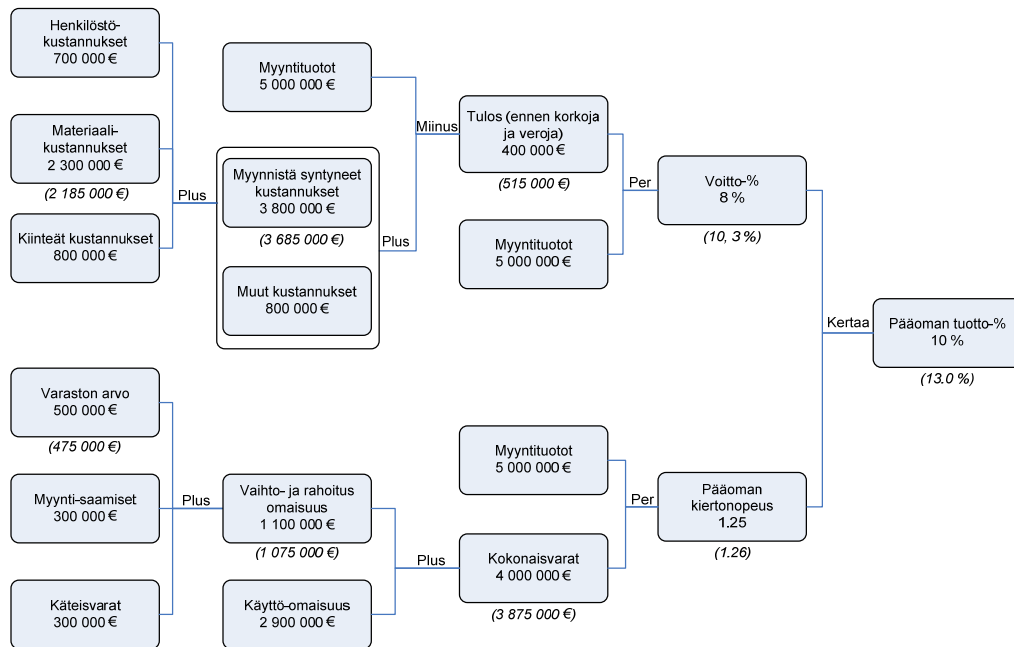
tuotannonohjauksen tavoitteiden keskinäiseen tärkeyteen. Jos tavoitteena ovat matalat kustannukset, niin kapasiteetin korkea kuormitusaste ja pieni vaihto-omaisuuden arvo ovat tärkeitä. Asiakaskohtaisilla tuotteilla kilpailu edellyttää puolestaan valmiutta asiakkaan toivomusten huomiointiin kaikessa yrityksen toiminnassa, jolloin yrityksen tulee toimia asiakasohjautuvasti. Toimitusvarmuutta tavoiteltaessa toimituskyky tulee varmistaa materiaalivarastolla ja nopeilla läpäisyajoilla. (Häkkinen 2003, s. 15; Uusi-Rauva et al. 2003, s. 348–349)

Yrityksen tuotannonohjausta hankaloittaa se, että yrityksen eri toiminnoilla on erilaiset käsitykset tavoitteiden tärkeydestä. Tätä yrityksen eri toimintojen ristiriitaisuutta havainnollisti jo aiemmin esitetty kuva 16. Myynnin kannalta hyvä toimituskyky ja joustavuus asiakaskohtaisten toiveiden toteuttamisessa ovat tärkeitä. Tuotanto pyrkii puolestaan kapasiteetin korkeaan käyttöasteeseen. Yrityksen taloudesta vastaavat henkilöt kiinnittävät huomion toimintaan sitoutuneen pääoman suuruuteen. Toimintojen väliset ristiriidat hankaloittavat usein tuotannonohjauksen tarkoituksenmukaista toimintaa. Tuotannonohjauksen tavoitteiden saavuttamista voidaan kuitenkin usein kehittää tehokkaimmin tuotantojärjestelmän ominaisuuksia kehittämällä. Läpäisyajojen lyhentäminen on esimerkiksi yksi tehokas tuotannonohjauksen kehittämisen keinoista. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 348–349)

3.6 Tuotannonohjauksen vaikutus yrityksen kannattavuuteen

Yrityksen toiminnan on oltava kannattavaa, jotta yritys kykenisi maksamaan korvauksen omistajilleen heidän yritykseen siihen sijoittamastaan pääomasta. Yrityksen suhteellista kannattavuutta voidaan parantaa kahdella tapaa (kuva 22) (Kauppinen et al. 1985, s. 25–26):

- parantamalla tuottojen ja kustannusten suhdetta, joka heijastuu voittoprosenttiin
- parantamalla pääomien käytön tehokkuutta, joka näkyy pääoman kiertonopeudessa



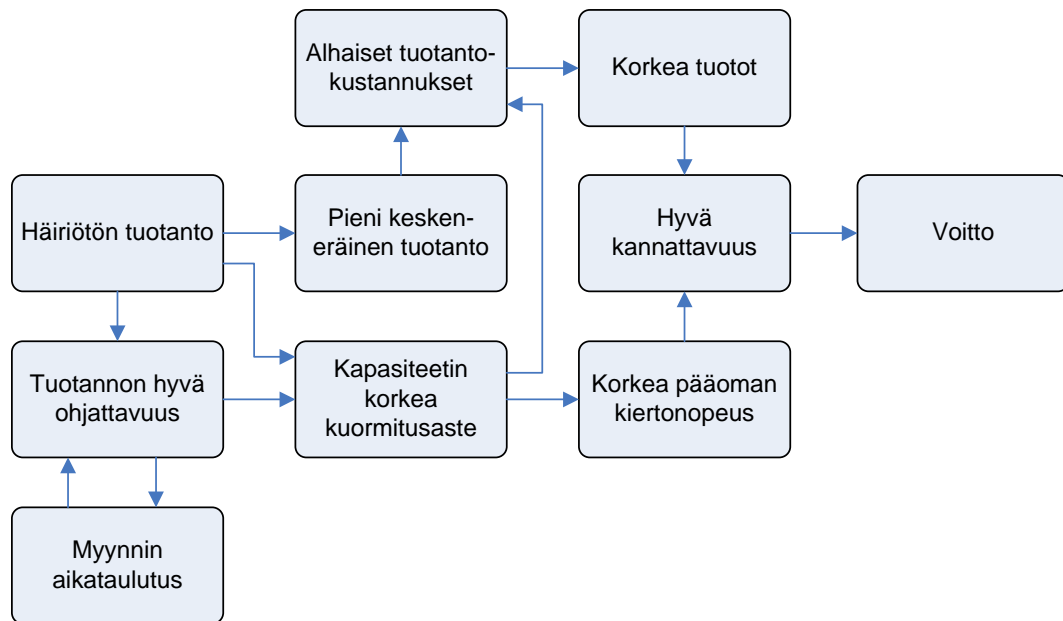
Kuva 22. Pääoman tuotto-%:n muodostuminen (Burt, Dobler & Starling 2003, s. 47)

Kuvan 22 laskentakaavalla saadaan laskettua käytetyin kannattavuutta kuvaava tunnusluku eli pääoman tuottoaste (Return On Investment, ROI). Kuvaan on merkattu kursivoiden, kuinka kulujen vähentäminen 5 % kasvattaa pääoman tuotto-%:n 30 %. Sijoitetun pääoman tuottoaste kuvaa sitä, kuinka yritykseen sijoitettu korollinen vieras ja oma pääoma on saatu tuottamaan. Taustalla on nähtävä sijoittajan muut sijoitusvaihtoehdot. Onkin ymmärrettävä, että ellei yritys toimi kannattavasti, eivät sijoittajat ole siitä ajan mittaan kiinnostuneita ja yritys lakkaa olemasta. Tuotannonohjauksella pystytään vaikuttamaan voimakkaasti sijoitetun pääoman tuotto-%:n. (Kauppinen et al. 1985, s. 25; Burt et al. 2003, s. 47)

Yrityksen käyttöomaisuus muodostuu tuotantolaitoksen maapohjasta, rakennuksista, koneista, kuljetusvälineistä, työkaluista, organisaatiosta ja teknisestä sekä taloudellisesta tiedosta ja taidosta. Tämä käyttöomaisuus ei käyttämättömänä hyödytä yritystä. Merkitystä on sen kyvyllä tuottaa tuotteita, jotka ovat sekä teknisesti että taloudellisesti myyntikelpoisia. Tämän vuoksi yrityksen käyttöomaisuuden kapasiteetti on käytettävä tehokkaasti tuotantoon. Toinen merkittävä seikka on materiaalivirran ja tuotannon ohjaaminen siten, että materiaaliin ja keskeneräiseen tuotantoon sidottu pääoma pysyisi mahdollisimman pienenä. Näihin tavoitteisiin päästään vain hyvin hoidetun tuotannonohjauksen avulla. Lisäksi tulee huomioida, että kustannukset kasvavat mikäli

joudutaan poikkeamaan suunnitellusta aikataulusta ja kuormituksesta. Tämän takia esimerkiksi tuotteiden toimitusajan myöhemmät muutokset, joko kiirehtimiset tai myös viivästyksset, tarkoittavat kustannusten nousua. (Kauppinen et al. 1985, s. 26, 136)

Yrityksen tuotannonohjauksen tulisikin edesauttaa mahdollisimman häiriötöntä tuotantoa. Kun tuotanto käy tehokkaasti ja häiriöttömästi voidaan tuotannosta esimerkiksi poistaa puskurit sekä pienentää varastoja. Kustannuksia ei myöskään tällöin kulu kiirehtimiseen ja myöhästymisiin ja siten päästään kokonaisuudessaan alhaisiin tuotantokustannuksiin ja edelleen korkeisiin tuottoihin. Lisäksi kun tuotanto on häiriötöntä, kapasiteettia käytetään silloin, kun on suunniteltu. Toisaalta häiriötön tuotanto johtaa lyhyisiin ja täsmällisiin läpäisyaikoihin ja parantuneen ohjattavuuden kautta päästään palvelemaan myyntiä entistä paremmin. Kun kapasiteetti on käytössä suunnitelmien mukaisesti, ja kun aikataulut päästään laatimaan entistä täsmällisemmin, kapasiteetin kuormitusaste kohoaa. Vielä kun keskeneräistä tuotantoa on kyetty pienentämään, pääoman kiertonopeus paranee. Korkea kiertonopeus ja kasvaneet tuotot yhdessä johtavat hyvään kannattavuuteen ja voittoon kuvan 23 esittämällä tavalla. (Lapinleimu et al. 1997, s. 361)



Kuva 23. Tuotannonohjauksen vaikutus kannattavuuteen (mukaiillen Lapinleimu et al. 1997, s. 361)

Aiemmin mainitulla läpäisyajan lyhentämisellä on myös vaikutusta yrityksen kannattavuuteen, koska se mahdollistaa korkean kapasiteetin kuormitusasteen, pienen vaihto-omaisuuden ja hyvän toimituskyvyn. Eräässä Ruotsalaisessa teollisuutta koskevassa

tutkimuksessa havaittiin, että läpäisyajan lyhentäminen puolella johti seuraavanlaisiin tuloksiin (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 350, cit. PIMS/Indevo 1992)

- tuotantokustannukset - 8,5 %
- keskeneräinen tuotanto - 47 %
- kannattavuus + 9,5 %
- sitoutunut pääoma -15 %.

Läpäisyajan lyhentäminen on siis verrannollinen yrityksen kannattavuuden kanssa. Tätä väitettä tukee myös taulukko 4, jossa on lueteltu läpäisyajan minimoinnin kokemusperäiset säännöt.

Taulukko 4. Läpäisyajan lyhentämisen säännöt (Stalk & Hout 1990, s. 76–78)

0,05-5 %:n SÄÄNTÖ

Useimmissa tuotteen tai palvelun valmistusprosesseissa vain 0,05 – 5 % koko valmistukseen kuluva ajasta tuotteen tai palvelun arvoa aidosti lisätään. Muu aika on hukka-aikaa.

3/3 SÄÄNTÖ

Hukka-aika jakautuu yleensä tasaisesti kolmeen osaan seuraavasti:

- odotusaika, jossa tuote odottaa siirtymistä seuraavaan vaiheeseen
- virheiden korjaamiseen kuluva fyysinen tai henkinen työpanos
- valmistusprosessin ohjaamiseen kuluva aika

¼-2-20 SÄÄNTÖ

Läpäisyajan lyhentäminen ¼:lla nostaa monesti työn tuottavuuden ja pääoman kierron kaksinkertaiseksi, mikä puolestaan vähentää kokonaiskustannuksia 20 %.

3x2 - SÄÄNTÖ

Aikaan perustuvaa kilpailua tehokkaasti soveltavien yritysten tulosmarginaali on keskimäärin kolme kertaa parempi kuin keskimääräisen kilpailijan ja kasvuprosentti keskimäärin kaksi kertaa parempi kuin keskimääräisen kilpailijan.

3.7 Erilaisten tuotannonohjaustekniikoiden vertailu

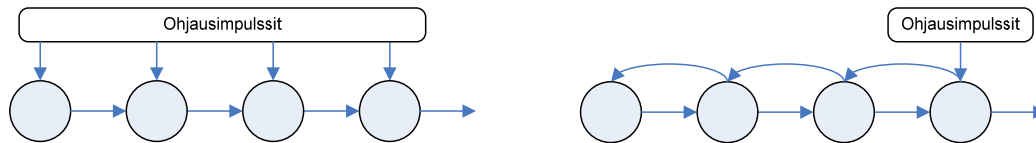
Yrityksen tuotantoa voidaan ohjata erilaisilla menetelmillä. Tässä kappaleessa esitetään neljä yleistä tuotannonohjaustekniikkaa: MRP II, JIT, Lean sekä kapeikkoajattelu.

MRP II (Manufacturing Resource Planning) perustuu vahvasti tietojenkäsittelyyn ja on itse asiassa massiivinen tietokanta, jonka tiedostoihin on talletettu nimiketiedot, osaluettelot, rakennetiedot, osien vaiheistukset, läpäisyajat, eräkoot, varastosaldot sekä tiedot tekeillä olevista töistä. Tilausten tai myyntiennusteen perusteella luodaan lopputuotteiden tuotantosuunnitelma (taulukko 5). (Kauppinen 2004, s. 44)

Taulukko 5. Esimerkki tuotantosunnitelmasta (mukaiillen Brady, Monk & Wagner 2001, s. 81)

| Tuotetehdas X | Tammikuu | Helmikuu | Maaliskuu | Huhtikuu | Toukokuu |
|---------------|----------|----------|-----------|----------|----------|
| Tuote A | 10 | 30 | 10 | 15 | 25 |
| Tuote B | 10 | 10 | 20 | 20 | 10 |
| Tuote C | 30 | 10 | 15 | 15 | 15 |

Tuotantosunnitelman ja tuotannon perustietojen perusteella tietokone tarkentaa lopputuotteet eri osatasoille, laskee osien nettotarpeet ja tarvepäivämäärät sekä tulostaa työmääräimet. Nimikekohtainen hankinta ja valmistus pyritään ajoittamaan siten, että esimerkiksi samaan kokoonpanoon liittyvät osat työntyisivät kokoonpanovaiheeseen mahdollisimman samanaikaisesti. MRP II perustuu työntöohjaukseen eli se työntää materiaalin tuotannon läpi laskelmiin pohjautuen (kuva 24). (Hannus 1994, s. 165; Uusi-Rauva et al. 1999, s. 397; Kauppinen 2004, s. 44)



Kuva 24. Työntöohjaus (vasen) ja imuohjaus (oikea) (Sipper & Bulfin 1997, s. 34)

MRP II-järjestelmä on monimutkainen ja edellyttää toimiakseen kurinalaisuutta tietojen päivityksessä. Tietoja on syötettävä jatkuvasti ja tarkasti, sillä kaikki järjestelmän käyttäjät perustavat päätöksensä syötettyihin tietoihin. Pahin MRP II:n puute on kuitenkin sen puutteellinen kapasiteetin käytön suunnittelu. Tuotantoaikataulua laskiessaan järjestelmä olettaa kaikkien resurssien omaavan rajattoman kapasiteetin, vaikka todellisuudessa jotkut resurssit toimivat pullonkaulan tavoin. Ristiriita vie perustan MRP II:n logiikalta ja tekee siitä tehottoman työkalun kapasiteetin suunnittelussa. MRP II suorittaa siis materiaalien ajoituksen oikein, mutta töiden ajoituksen kannalta tulos on monesti epärealistinen. Kun kapasiteetin riittävyys ei muodostu yritykselle ongelmaksi, MRP II on hyvä ja toimiva järjestelmä. (Kauppinen 2004, s. 44) Puutteellisesta kapasiteetin suunnittelusta on hyvä huomata, että sitä voidaan hallita myös MRP II-järjestelmän ulkopuolellisilla ohjelmilla.

JIT on oikeastaan tuotannonohjaustekniikan sijaan toimintatapa, joka perustuu turhan eliminoinnille, visuaaliselle lattiatason tuotannonohjaukselle, kerralla valmiiksi periaatteelle, prosessien yksinkertaistamiselle ja alihankintaverkostoille. Puhtaasti JIT -

toimintatapaan perustuva prosessi on toisaalta hyvin herkkä häiriöille. Muun muassa tästä syystä alihankkijasuhhteissa korostuu luotettavuus ja täsmällisyys. JIT -toiminta ei sinänsä edellytä monimutkaisia tietojärjestelmiä, vaan parhaat järjestelmät ovat päinvastoin yksinkertaisia, keveitä ja visuaalisuuteen perustuvia ohjausjärjestelmiä. JIT -periaatteella toimittaessa tuotannon ongelmakohdat eli pullonkaulat tulevat esiin. Tämän jälkeen pullonkauloja ryhdytään poistamaan yksi kerrallaan esimerkiksi asetusajoja lyhentämällä. (Hannus 1994, s. 166; Kauppinen 2004, s. 44)

JIT perustuu imuohjaukseen (kuva 24), joka on työntöohjaukselle täysin päinvastainen periaate. Imuohjaus perustuu tavallisesti viimeisen työvaiheen ohjaamiseen. Muita työvaiheita ohjataan välittämällä tarvetieto viimeisestä vaiheesta sitä edeltävään vaiheeseen, joka puolestaan tilaa tarvitsemansa osat edelliseltä vaiheelta. Työpisteiden välissä on pieni puskurivarasto, jonka koko mitoitetaan siten, että siinä olevat materiaalit kattavat täydennyserän toimitusajan materiaalarpeet. Imuohjaus voidaan toteuttaa käytännössä esimerkiksi kaksilaatikkojärjestelmällä, läpivirtaushyllyllä tai jollain muulla järjestelmällä, jossa täydennyksen laukaisee visuaalinen impulssi. (Eloranta et al. 1986b, s. 135; Hannus 1994, s. 165; Lehtonen et al. 2004, s. 75)

Lean on yrityksen toimintatapa, jota leimaa keveys ja joustavuus. Asiakkaan haluamat tuotteet ja palvelut pyritään saamaan aikaan mahdollisimman vähillä resursseilla. Lean -toimintatavassa pyritään yksinkertaistamaan tuotanto niin, että kaikki lisäarvoa tuottamaton työ voidaan karsia pois. Lisäksi tuotteet tehdään kerralla valmiiksi. Seurauksena tästä on työpanoksen väheneminen, keskeneräisen tuotannon väheneminen ja tuotevarastojen pieneneminen. Lean -toimintatavassa on runsaasti samoja piirteitä kuin esimerkiksi JIT -toimintatavassa, mutta Lean käsitettä voidaan pitää paljon JIT -toimintatapaa laajempänä. JIT muodostaa kuitenkin Lean -toimintatavan ytimen. (Miettinen 1993, s. 61–62; Karrus 1998, s. 188; Slack et al. 2007, s. 469) Lean korostaa muun muassa (Miettinen 1993, s. 61–62):

- matalaa ja monitaitoista organisaatiota
- alihankintojen käyttöä niissä osissa, missä se on sisäistä valmistusta kannattavampaa
- jatkuvaa vertausta kilpailijoihin (Benchmarking)
- jatkuvaa tuotteiden ja prosessien parantamista (Kaizen)

Kapeikkoajattelu liittyy JIT ja Lean -toimintatapojen tapaan pullonkaulojen poistamiseen tuotannosta. Kapeikkoajattelussa lähestyminen ongelmaan on vain erilainen. Kapeikkoajattelussa paneudutaan kriittisten resurssien kapasiteettisuunnitteluun ja puututaan siten ongelmiin jo ennen kuin ne ovat päässeet aiheuttamaan harmeja tuotannossa. Kapeikkoajattelu on ymmärrettävä laaja-alaisena, sillä se auttaa keskittymään olennaisimpiin ongelmiin. Varsinaiset käytännön ratkaisut löytyvät kuitenkin usein JIT:in, Lean:in tai MRP II:n keinoin. (Kauppinen 2004, s. 44–45)

Edellä mainitut neljä tekniikkaa painottavat eri asioita eri tavoilla. Taulukossa 6 esitetään tiivistetty vertailu MRP II, JIT/Lean ja kapeikkoajattelu -ohjausperiaatteiden hyvistä ja huonoista puolista.

Taulukko 6. Eri ohjaustekniikoiden vertailua (Kauppinen 2004, s. 44–45)

MRP II

- + Pitkällä tähtäimellä ainoa mahdollinen suunnitteluväline monimutkaisessa tuotannossa
- + Mahdollistaa valmistuksen reaaliaikaisen seurannan ja jopa tuhansien nimikkeiden hallinnan
- + Kattava ohjelmistotuki
- Kapasiteetin käytön suunnittelu, epärealistiset tuotanto-ohjelmat
- Edellyttää tietojen jatkuvaa päivitystä
- Jäykkyys, muodollisuus, paljon "paperisotaa"

LEAN/ JIT

- + Itseohjautuvuus
- + Luo hyvät edellytykset jatkuvalla kehitykselle: laadun parantaminen, lyhyt läpäisy aika, alhainen KET
- + Ei "paperisotaa"
- Yrityskulttuurin muutostarve: koko henkilöstö saatava toimimaan yhteisen tavoitteen hyväksi, mikä voi olla vaikeaa
- Raaka-ainetoimittaja ja alihankkijat voivat olla kyvyttömiä tai haluttomia toimituksiin → tuotannon vaarantuminen
- Ei sovi monimutkaiseen tuotantoon
- Ei sisällä suunnittelumekanismeja
- Ei ohjelmistotukea

Kapeikkoajattelu

- + Auttaa keskittämään rajalliset kehitysresurssit kaikkein olennaisimpaan
- + Realistiset tuotantoaikataulut
- + Tuo nopeasti tuloksia
- + Voidaan soveltaa minkälaiseen tuotantoon tahansa
- Edellyttää perinteisen ajattelutavan hylkäämistä → muutosvastarinta
- Jos kuormitustilanne on monimutkainen, tarvitaan tietotekniikan apua

MRP II, JIT, Lean tai kapeikkoajattelu eivät varsinaisesti ole kilpailijoita tai toisensa poissulkevia vaihtoehtoja. Pikemminkin ne täydentävät toisiaan painottaen hieman eri asioita. Monessa tapauksessa paras järjestelmä olisi näiden kolmen yhdistelmä. Tällöin sovellettaisiin ensin kapeikkoajattelua pullonkaulojen tuotantosuunnitelman luontiin keskipitkällä ajanjaksolla. Tätä saatua tuotantosuunnitelmaa käytettäisiin sitten MRP II:n tuotantosuunnitelmana materiaaliarpeiden ja muiden kuin pullokaulatyönvaiheiden

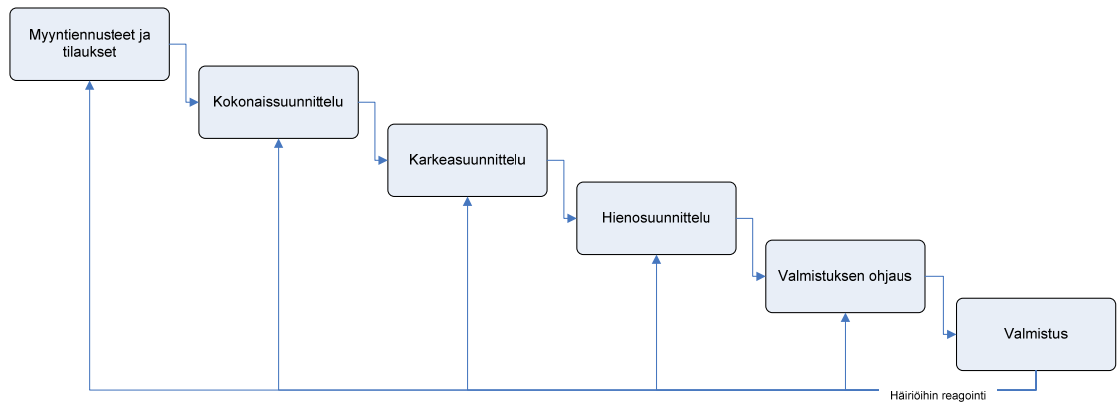
ajoittamisessa, jolloin hyödynnettäisiin MRP II:n parasta puolta eli tietojenkäsittelyvoimaa. Toistuva osa tuotannosta ja lyhyen tähtäimen toiminta hoidettaisiin visuaalisiin impulsseihin perustuvalla imuohjauksella. (Kauppinen 2004, s. 45)

4 TUOTANNONOHJAUSPROSESSI JA -JÄRJESTELMÄ

4.1 Yleistä tuotannonohjausprosessista

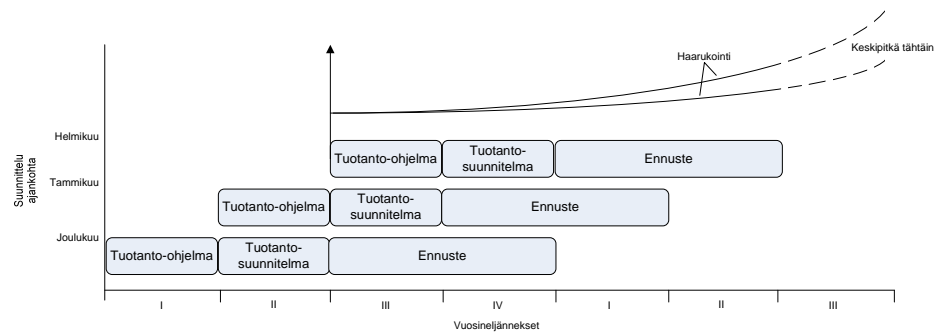
Tuotannonohjauksen suunnittelutehtävät ja päätöksenteko jakautuvat organisaation eri tasoille. Ylimmällä tasolla ei tehdä yksityiskohtaisia suunnitelmia. Sen sijaan ylimmällä tasolla pyritään huolehtimaan yleisellä tasolla resurssien riittävydestä ja tuotannon koordinoinnista. Ohjaus tarkentuu siirryttäessä lähemmäksi valmistusta ohjaavaa tasoa, jolloin tuotannonohjausta voidaan tarkastella vaiheittain etenevänä ohjausprosessina. Ohjausjärjestelmän rakenne ja toimintaperiaatteet ovat sidoksissa yrityksen toimialaan, tuotteeseen, tuotantokoneistoon, tietojärjestelmiin, kilpailutilanteeseen ja yrityksen henkilökuntaan. Tuotannonohjausjärjestelmä on usein historiallisen kehityksen tulos. Järjestelmään sisältyvät eri osa-alueet ovat kehittyneet eri aikakausina tehtyjen valintojen myötä. Tämän vuoksi ohjausjärjestelmien rakenne ja toiminta voivat vaihdella suuresti saman toimialan yritysten kesken. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 353–354)

Kuvassa 25 on havainnollistettu yleistä tuotannonohjausprosessia. Tuotannonohjausprosessista on korostettava, että näennäisesti selkeästi etenevässä prosessissa tapahtuu koko ajan uudelleensuunnittelua ja eri suunnittelutehtävien välistä koordinaatiota. Uudelleensuunnittelun ja koordinoinnin määrä on suoraan riippuvainen suunnitelmien yksityiskohtaisuudesta ja suunnittelutilanteen monimutkaisuudesta. Reaalimaailman tuotantotoiminnassa onkin tavallista, että viime hetkellä ilmaantuu päätöksentekoon vaikuttavia asioita, joiden vuoksi joudutaan tekemään uudelleensuunnittelua. Tuotantohäiriöstä, materiaalipuutteista ja laitevioista seuraa siksi usein töiden uudelleenjärjestelyä. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 353)



Kuva 25. Tuotannonohjausprosessin vaiheet (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 353)

Tuotannon suunnittelussa käytetään usein rullaavan suunnittelun periaatetta, jossa ennusteet ja alustavat suunnitelmat täsmentyvät ajan kuluessa (kuva 26). Myyntiennusteiden epätarkkuus kasvaa eksponentiaalisesti ajan suhteen. Myyntiennusteet muuttuvat myöhemmin tuotantosuunnitelmiksi, joita edelleen tarkennetaan tuotanto-ohjelmiksi toteutusajankohdan lähestyessä. Suunnitelmien kehittyessä ajan kuluessa, tehdään uusia alustavia suunnitelmia myöhemmille ajanjaksoille. Tarkkaa ja yksityiskohtaista suunnittelua lykätään hyvin usein viimeiseen mahdolliseen ajankohtaan, jotta välttäisi suunnitelmien jatkuvilta muutoksilta. (Eloranta et al. 1986b, s. 133; Uusi-Rauva et al. 2003, s. 354)



Kuva 26. Rullaavan suunnittelun periaate (Aaltio et al. 1976, s. 75)

Seuraavassa käydään läpi kolme yrityksen suunnittelutasoa: kokonais-, karkea- ja hienosuunnittelu. Yrityksen ohjausprosessin vaiheet ja sisältö voivat poiketa tästä esityksestä, sillä tarvittava suunnittelutasojen määrä on yksilöllistä. Pienet tuotantoyksiköt ja yksinkertaiset tuotantoprosessit saattavat pärjätä kahdella tai jopa ainoastaan yhdellä suunnittelutasolla. Suurien projektien hallinta edellyttää puolestaan hyvin laajojen

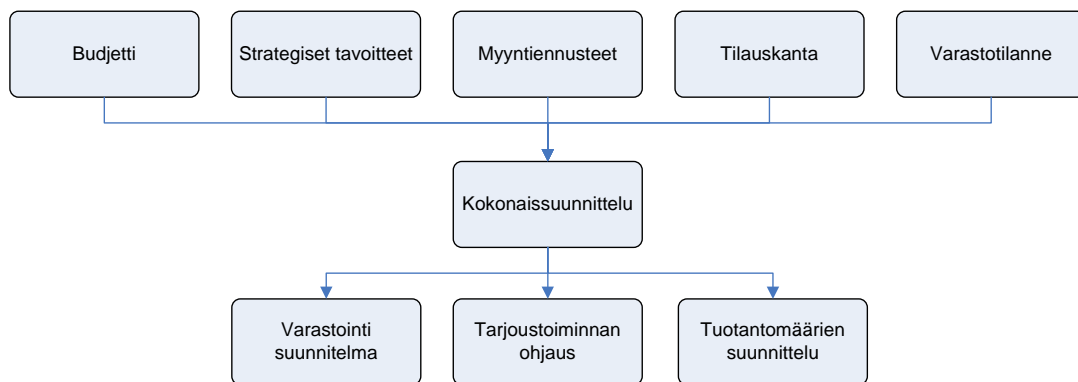
asiakaskokonaisuuksien hallintaa. Tällöin suunnittelutehtävien ja tasojen määrä on suurempi. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 354)

4.2 Kokonaissuunnittelu

Kokonaissuunnittelulla tarkoitetaan ylimmän tason suunnittelua, jonka puitteissa tehdään tuotannon kokonaisvolyyymiä koskevat suunnitelmat. Suunnittelu voidaan tehdä vuotuisen budjettisuunnittelun osana. Suunnitelmia joudutaan kuitenkin usein tarkistamaan tai muuttamaan budjettikauden aikana. Kokonaissuunnittelun tehtäviä ovat muun muassa tuotantovolyyymien määrittely, varastotasojen suunnittelu sekä eri resurssien ja kapasiteetin kokonaistarpeen määrittely. Resurssien ja kapasiteetin suunnittelun tärkeimmät kysymykset ovat: millaisia resursseja tarvitaan, kuinka paljon ja milloin. Varastotasojen suunnittelu korostuu erityisesti varasto-ohjautuvassa tuotannossa. Kokonaissuunnittelun tarkoituksena on saada kysyntä ja tuotannon mahdollisuudet kohtaamaan toisensa keskipitkällä aikavälillä. (Schroeder 2000, s. 233; Uusi-Rauva et al. 2003, s. 355; Krajewski et al. 2007, s. 568; Stevenson 2007, s. 178)

Kokonaissuunnittelu pohjautuu yrityksen tilauskantaan, myyntiennusteisiin sekä varastotilanteeseen. Kokonaissuunnittelun tietoja käytetään lähtökohtana tarkempien suunnitelmien teolle. Kokonaissuunnittelun perusteella voidaan suunnitella kapasiteetin muutokset, materiaalivarastojen tasot, palkata lisää henkilökuntaa sekä tehdä kausisopimuksia toimittajien ja alihankkijoiden kanssa. (Uusi-Rauva et al. 1999, s. 390)

Kuva 27 esittää yrityksen kokonaissuunnittelua.



Kuva 27. Yrityksen kokonaissuunnittelu (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 356; Krajewski et al. 2007, s. 570)

Kokonaissuunnittelun tärkeimpänä lähtötietona toimivat tuotteiden myyntiennusteet. Ennusteita tarvitaan, koska kysynnän muutokset tapahtuvat nopeammin kuin mihin yrityksen tuotantoprosessi kykenee reagoimaan. Ennusteilla pyritään siis ennakoimaan tulevaisuuden kysyntää ja sen pohjalta sopeuttamaan kapasiteetti sekä materiaalivarastot tulevaisuuden tuotantotarpeisiin. (Shtub 2000, s. 391; Uusi-Rauva et al. 2003, s. 357)

Nykyiset globaalit markkinat ovat tehneet ennustamisesta erittäin vaikeata. Häiriöt kansainvälisessä taloudessa ovat lisäksi vaikeasti ennakoitavissa. Ennustevirheet aiheuttavat yrityksille runsaasti ongelmia. Ennusteet ovat harvoin oikeassa, mutta ne ovat silti parempia kuin toimiminen ilman ennusteita. Ylimääräinen kapasiteetti tai liian suuret varastot aiheuttavat kustannusten nousua ja täten vaikuttavat yrityksen kannattavuuteen. Henkilökunnan lomauttaminen tai irtisanominen väärin ennusteiden vuoksi johtaa sekä henkisiin että taloudellisiin tappioihin. Tämän vuoksi yritysten tulisi vähentää riippuvuutta ennusteista kehittämällä tuotantonsa joustavuutta ja reagointikykyä. Tuotannonohjauksen onnistuminen riippuu suuresti ennusteista, mikä on tuotannonohjauksen vaikeimpia ongelmia. (Eloranta et al.1986b, s. 133; Ptak & Schragenheim 2000, s. 49; Schroeder 2000, s. 238–239; Uusi-Rauva et al. 2003, s. 357)

Tuotannonohjauksessa ollaan kiinnostuneita tavallisesti lyhyen ja keskipitkän aikajänteen ennusteista. Käytettyjä ennustemenetelmiä ovat esimerkiksi toteutuneen myynnin analysointi sekä regressioanalyysi. Toteutuneiden myyntitietojen analysoinnissa luotetaan siihen, että aikaisemmin toteutuneiden kysyntämäärien perusteella voidaan ennustaa tulevaisuuden kysyntää. Ennusteen laatimisessa käytetään erilaisia matemaattisia menetelmiä, joissa voidaan huomioida esimerkiksi kausivaihtelut ja trendimuutokset. Menetelmä sopii hyvin esimerkiksi kulutushyödykkeiden tulevan kysynnän ennustamiseen. Regressioanalyysi puolestaan perustuu jonkin selittävän tekijän sekä tuotteen kysynnän väliseen yhteyteen. Joillain toimialoilla voidaan hyödyntää regressioanalyysiä varsin tehokkaasti. Hissivalmistajan on helppo arvioida hissien kokonaiskysyntää rakennuslupatilastojen perusteella tai tuulivoimageneraattorien valmistaja voi arvioida tuotteiden kysyntää tuulivoimalainvestointien perusteella. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 357)

Edellä kuvatut menetelmät soveltuvat parhaiten volyymiltaan suurien tuotteiden kysynnän arviointiin. Yksittäisiä tuotteita valmistavat yritykset joutuvat turvautumaan henkilökunnan kuten esimerkiksi myyntipäällikön subjektiivisiin arvioihin tuotteiden menekistä. Lisäksi

ennusteissa voidaan hyödyntää asiakkaille kohdistuvia kyselyitä tulevista tilausmääristä. Arvioinnin tarkkuutta voidaan parantaa jakamalla ennustettava kokonaisuus pienempiin osiin. Kysyntäarvioin tekeminen myyntialueittain, tuoteryhmittäin tai asiakasryhmittäin lisää ennusteen tarkkuutta. Pienivolyymisten tuotteiden toimittajat joutuvat arvioimaan jopa tarjouskohtaisesti kaupan toteutumisen todennäköisyyttä. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 357)

Kokonaissuunnittelun yksi tärkeimmistä tehtävistä on kysynnän vaihtelujen hallinta, koska kapasiteetin joustavuus on useimmiten pienempi kuin kysynnänvaihtelut. Yrityksen on suunniteltava etukäteen, millä tavalla kysynnänvaihteluun reagoidaan. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 358) Keskeisimmät keinot ovat (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 358):

- tuotteiden varastointi
- kapasiteetin muuttaminen
- toimitusaikojen siirto tai toimitusten menettäminen
- kysyntään vaikuttaminen

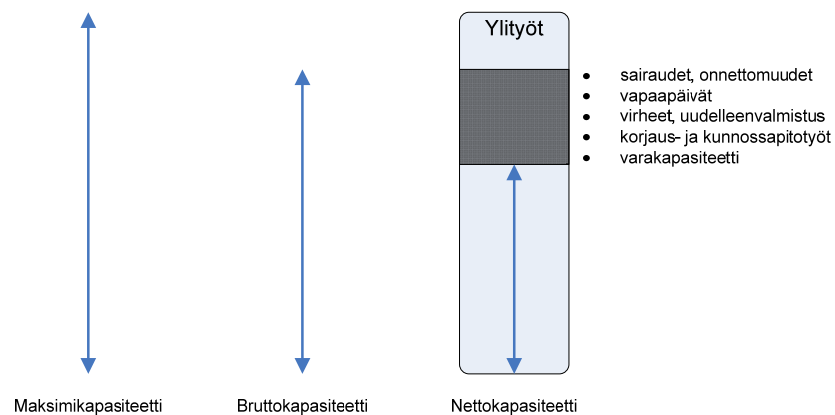
Kokonaissuunnitelmaa tehtäessä tulee harkita, mitä keinoja käytetään kysynnänvaihtelujen hallinnassa. Toimintamallin valinta pohjautuu useimmiten eri vaihtoehtojen kustannusten analysointiin. Kustannusten lisäksi on huomioitava henkilöstön tyytyväisyys, yrityksen imago sekä eri vaihtoehtoihin liittyvät riskitekijät. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 358)

4.3 Karkeasuunnittelu

Seuraava vaihe kokonaissuunnittelun jälkeen on karkeasuunnittelu. Karkeasuunnittelu on kokonaissuunnittelua tarkempaa suunnittelua. Karkeasuunnittelussa tehdään alustava tuotanto-ohjelma ja ylläpidetään kuormitussuunnitelmaa. Tuotanto-ohjelmasta nähdään, koska eri tuotteet tai tuotesarjat valmistuvat. Kuormitussuunnitelman perusteella puolestaan tutkitaan riittääkö kapasiteetti uusien tilausten valmistukseen. Tilausten vaatimaa kapasiteettiä on tällöin verrattava olemassa olevaan kapasiteettiin. Tätä varten on määriteltävä tuotannon vaatimat resurssit ja tehtävä yleissuunnitelma resurssien käytöstä. Henkilö-, kone- ja laitekapasiteetti määritellään yleisellä tasolla ja tarvittaessa päätetään kapasiteetin lisäämisestä tai vähentämisestä. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 359)

Karkeasuunnittelun perusteella ei tavallisesti ohjata valmistusta vaan päähuomio kohdistuu resurssien ja tuotannon yhteensovittamiseen. Karkeasuunnittelun keskeisimpiä tehtäviä on hallita yrityksen toimituskykyä. Toimitusaikojen määrittely tehdään alustavan tuotanto- tai kuormitussuunnitelman perusteella. Asiakasohjautuvassa tuotannossa asiakkaalle luvutut toimitusajat pohjautuvat karkeasuunnitteluun. Varasto-ohjautuvassa tuotannossa karkeasuunnittelu puolestaan seuraa varastotilannetta sekä tilauskannan kehittymistä. Toimituskykyä pidetään yllä suunnittelemalla sopivan kokoiset täydennyserät. Joissain tapauksissa materiaalien saatavuus määrittelee toimituskyvyn. Toimitusaikojen määrittely ja tuotantoerien ajoitus riippuu tällöin siitä, koska tarvittavat materiaalit ovat saatavilla. Ajoituksella tarkoitetaan tuotannon eri tehtävien suoritusajankohtien määrittelyä. Karkeasuunnittelun ja kuormitussuunnittelun lisäksi myös hienosuunnittelu edellyttää työvaiheiden ajoitusta. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 359)

Karkeasuunnittelu tarvitsee suunnittelun pohjaksi tuotesarjojen kapasiteetti- ja materiaalitarpeiden määrittelyä. Vakiotuotteiden kapasiteetti- ja materiaalitarpeet ovat yleensä tarkkaan tiedossa jo etukäteen. Kapasiteetti voidaan ilmoittaa esimerkiksi työvälineille, tuotantohenkilöstölle tai tuotantotilalle. Tuotannonohjauksessa käytetään nettokapasiteettia, sillä se kuvaa todellista kapasiteettia. Nettokapasiteetti on tyypillisesti 70–90 % bruttokapasiteetista (kuva 28). (Miettinen 1993, s. 37; Uusi-Rauva et al. 2003, s. 359)



Kuva 28. Brutto-, netto- ja maksimikapasiteetti (Kauppinen et al. 1985, s. 102)

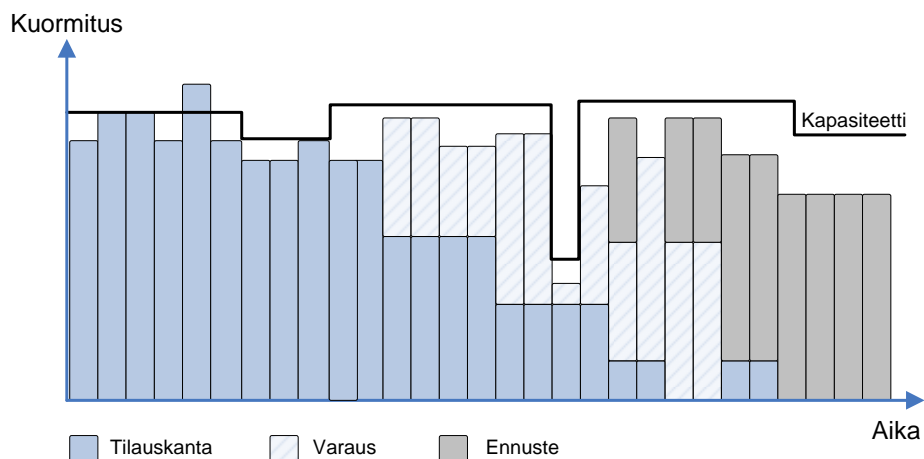
Nettokapasiteetti- ja materiaalitiedot ovat tavallisesti määriteltyinä valmiiksi yrityksen tietojärjestelmissä. Tarvittavien resurssien laskenta on tällöin helppoa ja myös tarkkaa.

Asiakkaan antamien spesifikaatioiden pohjalta valmistettavat tuotteet ovat vaikeammin suunniteltavissa. Tarkan suunnittelun vaatimien tietojen hankinta ja laskenta on tällöin vakiotuotteita vaikeampaa. Tällöin karkeasuunnittelussa turvaututaan yleensä likimääräisiin arvioihin kapasiteettitarpeista tai materiaalimenekistä. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 359)

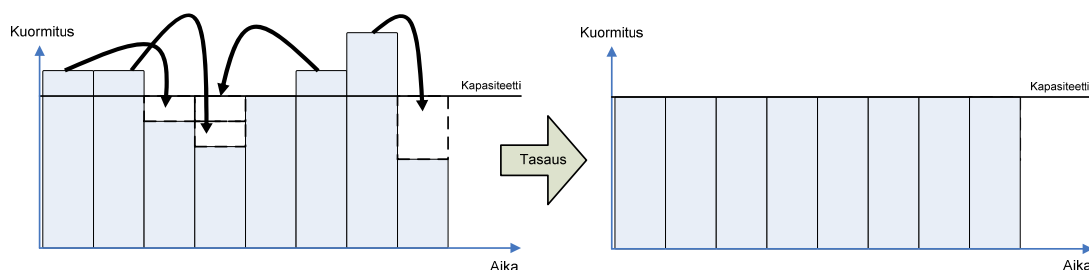
Karkeasuunnittelussa käytetään yleensä suuria kuormitusryhmiä, sillä toimitusaikojen määrittely ja resurssien käytön yleissuunnittelu eivät tavallisesti vaadi kapasiteetin yksityiskohtaista tarkastelua. Tehtaan, verstaan tai solujen kapasiteetti ovat riittävän tarkkoja karkeasuunnittelun tarpeisiin. Karkeasuunnittelu perustuu usein avain- tai pullonkaula kuormitusryhmien suunnitteluun. Koska pullonkaula kuormitusryhmien kapasiteetti on pienempi kuin muiden kuormitusryhmien, ne rajoittavat ensimmäisenä tuotannon toimituskykyä. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 359–360)

Karkeasuunnittelussa kapasiteettia tarkastellaan tavallisesti viikon jaksoissa, mikä on riittävän tarkkaa karkeasuunnittelun tarpeisiin. Kuormitusryhmien kuormitus lasketaan yhteen tarkasteltavalta ajanjaksolta. Laskennassa ei oteta huomioon kapasiteettitilannetta, vaan kuormitus tehdään rajoittamattomaan kapasiteettiin. Tällöin puhutaan karkeakuormituksesta. Rajoittamattomaan kapasiteettiin tapahtuva ajoitus on usein riittävä karkeasuunnittelun tarpeisiin. Karkeakuormituksen tarkoituksena on tarkastella kapasiteetin yleistä riittävyyttä, joten hetkellinen yli- tai alikapasiteetti ei aiheuta ongelmaa. Myöhemmin hienosuunnittelun hienokuormituksessa tulee huomioida todellinen eli rajallinen kapasiteetti. Rajattomaan kapasiteettiin suoritettua ajoitusta voidaan tällöin hyödyntää hienosuunnittelun tarkemman ja yksityiskohtaisemman ajoituksen lähtökohtana. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 359, 362)

Karkeasuunnittelun apuna käytetään usein kuormituskuvaajaa, joka esittää valitun kuormitusryhmän kuormitusta eri tarkastelujaksoilla (kuva 29). Kuormituskuvaajassa esitetään käytettävissä oleva kapasiteetti, aikaisemmin toteutunut kuormitus sekä tulevaisuuteen suunniteltu kuormitus. Kuormituskuvaajan avulla suunnitellaan tuotantoa, määritellään toimitusaikoja sekä tutkitaan kuormituksen tasausta tai kapasiteetin sopeutuksen tarvetta. Kuva 30 esittää kuormituksen tasausta. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 360)



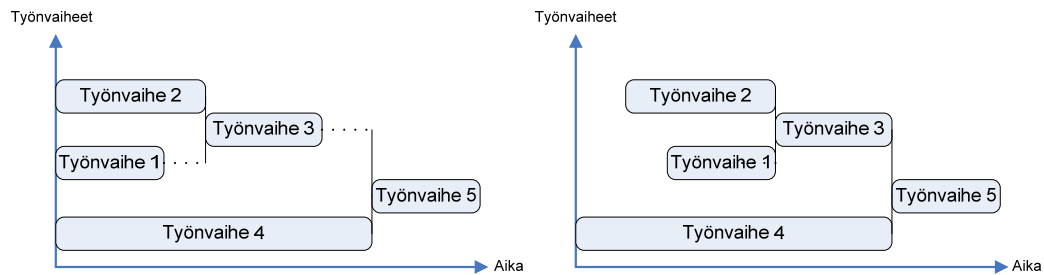
Kuva 29. Esimerkki kuormituskuvaajasta (Stevenson 2007, s 655)



Kuva 30. Kuormituksen tasauksen periaate (Stevenson 2007, s.727)

4.4 Hienosuunnittelu

Karkeasuunnittelua seuraa hienosuunnittelu, jonka tehtävänä on tuotannon yksityiskohtainen suunnittelu. Hienosuunnittelun tuloksena syntyy tarkka tuotanto-ohjelma, jonka pohjalta tuotanto toteutetaan. Tuotanto-ohjelma pyritään laatimaan siten, että tuotannonohjauksen tavoitteet toteutuvat mahdollisimman hyvin. Hienosuunnittelun lähtökohtana on karkeasuunnittelussa toteutettu tuotantoerien karkea ajoitus. Hienosuunnittelussa suunnitellaan tuotantoerien eri työvaiheiden tarkka ajoitus sekä luodaan tarkka suunnitelma tuotantoresurssien käytöstä. Tuotantoerien ajoittamisella pyritään luomaan työjärjestys, joka tekee mahdolliseksi korkean tuottavuuden toimitusaikapidon kärsimättä. Ajoitus voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla: taaksepäin tai eteenpäin ajoituksella (kuva 31). (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 361)



Kuva 31. Eteenpäin (vasen) ja taaksepäin (oikea) ajoituksesta (Chung-Hsing 2000, s. 185)

Taaksepäin ajoituksessa lähdetään liikkeelle tuotantoerän suunnitellusta valmistumisajankohdasta. Tästä ajankohdasta lasketaan taaksepäin viimeisen vaiheen vaatima aika, jolloin saadaan selville viimeisen vaiheen aloitusajankohta. Tästä ajankohdasta lasketaan taas taaksepäin toiseksi viimeisen vaiheen vaatima aika. Näin käydään lävitse koko työnvaiheketju. Taaksepäin ajoitus on tietojärjestelmissä useimmiten sovellettu menetelmä. (Vollmann, Berry & Whybark 1997, s. 24; Uusi-Rauva et al. 2003, s. 361–362)

Eteenpäin ajoituksessa lähtökohtana on tuotantoerän valmistuksen aloitusajankohta. Aloitusajankohtaan lisätään ensimmäisen vaiheen vaatima aika, jolloin saadaan ensimmäisen vaiheen lopetusajankohta. Seuraavat vaiheet ajoitetaan samalla periaatteella tästä hetkestä eteenpäin, kunnes kaikki vaiheet ovat ajoitetut. (Vollmann et al. 1997, s. 24; Uusi-Rauva et al. 2003, s. 362)

Sekä taaksepäin että eteenpäin ajoitusten tarkkuutta voidaan parantaa käyttämällä siirto- ja odotusaikoja eri vaiheiden välillä (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 362). Toinen vaihtoehto on sisällyttää siirto- ja odotusajat yksittäisten työnvaiheiden keston. Tällöin siirto- ja odotusaikojen läpinäkyvyys kuitenkin katoaa.

Hienosuunnittelussa ajoitus perustuu tuotantoerän vaatiman valmistusajan laskentaan, mikä edellyttää tuotteen eri työnvaiheiden kestojen tuntemista. Kapasiteettitarpeiden perusteella lasketaan, kuinka pitkään kukin työnvaihe kestää. Esimerkiksi, jos tuotantoerän kokoonpano vaatii 200 tuntia kokoonpanoaikaa ja kokoonpanosolun kapasiteetti on 100 tuntia per päivä, kokoonpanon vaatima aika on 2 työpäivää. Ajoitustietojen tarkkuus ja yksityiskohtaisuus riippuu hienosuunnittelun tarkkuusvaatimuksesta. Aikaisemmin yrityksessä ohjattiin tarkasti jopa yksittäisiä työnvaiheita, mutta nykyisin pyritään kehittämään tuotantoprosessin itseohjautuvuutta. Tämä mahdollistaa hienosuunnittelun

toteuttamisen karkeammalla tasolla. Esimerkiksi tuotantosoluista voidaan muodostaa yksi kuormitusryhmä, jota ohjataan kuten yksittäistä työvaihetta. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 360–362)

Tehtaan kokonaiskapasiteettia rajoittavat pullonkaula työvaiheet kannattaa lisäksi suunnitella huolellisesti. Pullonkaulassa menetetty tuotanto on pois koko tehtaan tuotannosta, jolloin pullonkaulan kuormitusasteen pitää olla korkea. Tuotantoa ajoitettaessa pitää huolehtia, että pullonkaula työvaihe ei pysähdy muiden vaiheiden myöhästelyn vuoksi. On kuitenkin huomattava, että korkeisiin kapasiteetin kuormitusasteisiin pyrkiminen pidentää helposti läpäisyajoja. Erityisesti läpäisyajat pitenevät helposti tuotannossa, jossa on paljon erillisiä työvaiheita. Tällöin joudutaan päättämään tavoitellaanko korkeampaa tuottavuutta vai nopeita läpäisyajoja. Pullonkaulavaiheissa kannattaa korostaa hieman enemmän tuottavuuden maksimointia, muissa vaiheissa läpäisyajojen lyhentäminen on oleellisempaa. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 361)

Tarkkaa tuotanto-ohjelmaa laadittaessa on tunnettava tuotannon sen hetkinen tilanne. Eri kuormitusryhmien työjonot, aiempien tuotanto-ohjelmien jättämät ja tuotantohäiriöt vaikuttavat käytettävissä olevaan kapasiteettiin. Hienosuunnittelua häiritsevät erilaiset muutokset ja häiriöt, jotka edellyttävät tuotannon uudelleensuunnittelua. Tämän vuoksi hienosuunnittelua lykätään usein viimeiseen mahdolliseen hetkeen. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 361)

4.5 Valmistuksen ohjaus

Valmistuksen ohjaus on hienosuunnittelun jälkeinen vaihe. Valmistuksenohjaus on valmistavan teollisuuden tuotannonohjauksen näkyvin osa-alue, sillä se sisältää päivittäisen työnjohdon toiminnot ja siten muodostaa rajapinnan organisaation eri tasojen välille. Valmistuksen ohjauksessa ilmenevät raja-aidat ja informaatiokatkokset ovat usein merkittävin tekijä yrityksen heikolle tuottavuudelle. Tuotannon toteuttaminen ja toiminnan kehittäminen vaativat seuranta. Suunnitelmat ovat hyödyttömiä, ellei niitä noudateta. Lisäksi suunnitelmat saattavat sisältää puutteita, jotka havaitaan vasta käytännön toteutuksessa. Valvonnan avulla saadaan myös nopeasti havainto, mikäli tuotannossa esiintyy häiriöitä. Seuranta tulee ulottaa oman toiminnan lisäksi myös toimittajiin ja alihankkijoihin. Yhteistyöyritysten heikko laatu vaikuttaa nimittäin myös oman yrityksen

toiminnan laatuun. Monilla yrityksillä on ongelmia toimitusvarmuuden kanssa. Toimitusten jatkuva seuranta antaa välittömästi tiedon ilmenevistä häiriöistä. Myöhästyvät toimitukset heikentävät asiakaspalvelun tasoa, karkottavat asiakkaita ja madaltavat yrityksen kannattavuutta. Toimitusten seuranta ei kuitenkaan yksinään riitä. Ilmenevät ongelmat on myös korjattava. (Hokkanen, Karhunen & Luukkanen 2002, s. 237–238)

Valmistuksen ohjaukseen sisältyy työn suorittamisen yksityiskohtainen suunnittelu, työnjakelu, työtehtävien ohjaaminen, valvonta ja raportointi. Näiden tehtävien sisältöön ja vaikeuteen vaikuttavat huomattavasti tehtävien toistuvuus ja yrityksen layout. Ohjauksen näkökulmasta haastavimpia ovat tilaustuotteet, joita valmistetaan yksittäin. Suunnittelun tarve ja merkitys on tällöin suuri. Vakiotuotteiden jatkuva valmistus on sen sijaan helpompaa, koska tehtävät toistuvat samanlaisina. Vakiotuotteiden ohjaukselta edellytetään kuitenkin erityistä tarkkuutta kustannusten minimoimiseksi. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 367)

Funktionaalissa layoutissa, missä koneet ja työpaikat on siis ryhmitelty työtehtävän samankaltaisuuden perusteella, valmistuksen ohjaus perustuu eri työpisteisiin ajoitettujen tuotantoerien ohjaamiseen. Valmistuksen tehokas ohjaus on kuitenkin työlästä ja valmistustietojen reaaliaikainen ylläpito on tavallisesti hankalaa, sillä työpisteitä on paljon. Usein tapahtuukin niin, että työn aloituksen jälkeen työtä ei aktiivisesti ohjata, vaan sen annetaan edetä omaan tahtiin vaiheesta toiseen. Vasta jonkin työnvaiheen myöhästymä havahduttaa ohjaamaan työtä aktiivisesti eteenpäin. Soluissa ja linjatuotannossa työnhjaus on funktionaalista layoutia selkeämpää, sillä ohjauspisteiden määrä on vähäisempi. Työnvaiheen aloittamisen jälkeen osa etenee itsenäisesti solun tai linjan läpi. Työnhjaus perustuu solu- tai linjakohtaisiin työmääräimiin ja ohjauksessa voidaan soveltaa joko työntö- tai imuohjausta. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 367)

Yrityksen karkea- ja hienosuunnittelu edellyttävät toteutuneiden tapahtumien takaisinraportointia. Raportointitietojen avulla voidaan seurata esimerkiksi tuotannon tehokkuutta, vaihe- ja läpäisyajoja sekä kuormitusta. Aiemmin raportointitietoja kerättiin työpapereihin tai tuntiraportointityökortteihin, mutta toiminnan nopeutuminen sekä suunnittelun aikajänteiden lyhentyminen edellyttävät nykyisin nopeampaa raportointia. Nykyään onkin tavallisesti, että työntekijät ja työnjohtajat voivat syöttää raportointitiedot suoraan yrityksen tietojärjestelmään. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 368)

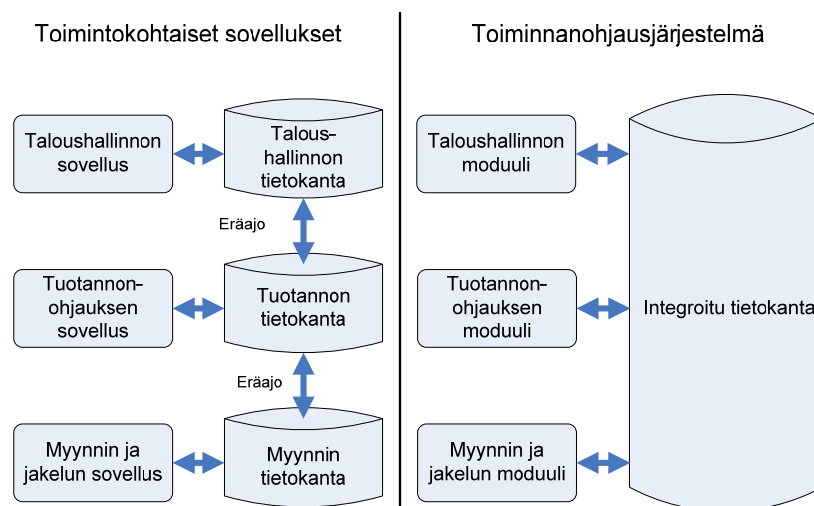
4.6 Tietotekniikan tukema tuotannonohjaus

Tuotannon keskeinen ongelma on saada tuotettua oikea määrä oikeita tuotteita oikeaan paikkaan ja oikeaan aikaan. Lisäksi tämän pitäisi tapahtua kannattavasti. Haasteeksi nousee silloin se, miten hallitaan ja ohjataan esimerkiksi materiaaleja, toimitusaikoja ja kapasiteettia. Käytännön tietoteknisissä sovelluksissa on noussut merkittäväksi ongelmaksi tietojärjestelmän pitäminen ajantasaisena. Yrityksen tuotannon on päästävä toteuttamaan päätehtävänsä tuotantoa eikä aikaa saa hukata massiivisten tietojärjestelmien ylläpitoon. Tämän vuoksi ohjattavien muuttujien lukumäärä tulisi pitää järkevänä. Avainsana tietojärjestelmän käyttöönotossa on siis yksinkertaistaminen. Kaikkien asioiden yksityiskohtainen tunteminen ei ole tarpeellista. Yksinkertaistaminen tarkoittaa sitä, että toiminnassa havaitaan selkeät kokonaisuudet. Lisäksi näihin kokonaisuuksiin tulee kehittää tehokkaat säännöt, joiden mukaan toimitaan aina samalla tavalla. Tärkeää on myös, ettei tietojärjestelmää rakenneta nykytoiminnan päälle ilman kritiikkiä. (Lapinleimu et al. 1997, s. 237–238)

Tietotekniikan kehittyminen vaikuttaa merkittävästi yrityksen tuotannonohjaukseen sekä tuotantoprosessin ominaisuuksiin. Nykyisin tuotannonohjaus sisältyy usein osaksi toiminnanohjausjärjestelmää. Toiminnanohjausjärjestelmien eli ERP-järjestelmien historia kytkeytyy MRP-järjestelmiin (Material Requirements Planning) ja MRP II-järjestelmiin (Manufacturing Resource Planning), joita käytettiin 1970- ja 1980-luvuilla. MRP:tä käytettiin materiaalitoimintojen hallintaan, kun taas MRP II:tä käytettiin materiaalitoimintojen hallinnan lisäksi myös kapasiteetinsuunnittelussa ja hallinnassa. 1990-luvun alussa MRP II-järjestelmiin lisättiin entistä enemmän tuotannonohjaustason toiminnallisuuksia. Lisäksi MRP-järjestelmien päälle alettiin liittää myös yrityksen muiden toimintojen ohjelmistoja, joiden kehittäminen oli aiemmin kulkenut melko erillään. Tällaisia ohjelmistoja olivat muun muassa taloushallinnon- ja henkilöstöhallinnanohjelmistot. Näin päädyttiin nykyiseen eri yrityksen toiminnot integroivaan ERP-järjestelmään. MRP II -järjestelmät eroavat ERP-järjestelmistä lähinnä siten, ettei niitä ole integroitu taloushallinnon järjestelmiin ja toisaalta niissä ei huomioida, että toiminta voisi samaan aikaan tapahtua useassa toimipaikassa. (Uusi-Rauva et al. 1999, s. 458; Hyvönen 2000, s. 5; Kettunen & Simons 2001, s. 46–47; Granlund & Malmi 2004, s. 32)

ERP-järjestelmä on ohjelmisto, joka integroi saumattomasti yrityksen kaikki tietovirrat. ERP-järjestelmä on kokoelma hyviä tietoteknisiä ratkaisuja, jotka on integroitu saumattomasti toisiinsa. Kyseessä ei siis ole kokoelma parhaista ratkaisuista, sillä integraation nimissä ERP-järjestelmässä yleensä joudutaan tinkimään sovelluskohtaisista ominaisuuksista. ERP-järjestelmän tietovirrat liittyvät esimerkiksi talouteen, henkilöstöhallintoon, asiakkaisiin ja tuotantoon. ERP-järjestelmän ytimen muodostaa yksi kokonaisvaltainen tietokanta, johon kaikki tieto syötetään vain kerran (kuva 32). Tiedon syöttäminen vain kertaalleen vähentää virhemahdollisuuksia ja viivästyksiä, mikä lisää tiedon luotettavuutta. Toisaalta tällöin korostuu syötettävän tiedon oikeellisuus. ERP-järjestelmän tietokanta tarjoaa tietoa sen päälle rakennettujen ohjelmistomodulien avulla. Moduleita on olemassa erilaisia ja niitä voidaan ottaa käyttöön yksitellen. Yksi tällainen on tuotannonohjauksen moduuli. (Granlund et al. 2004, s. 32, 34; Lehtonen et al. 2004, s. 128)

ERP-järjestelmän tavoitteena on lisätä tiedon läpinäkyvyyttä yrityksen eri toimintojen välille. Lisäksi ERP-järjestelmän tarkoituksena on hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti yrityksen resursseja. Järjestelmän avulla pystytään hallinnoimaan systemaattisesti sellaisia tieto- ja tapahtumamääriä, joiden hallinnoiminen käsin olisi mahdotonta. Uusien ERP-järjestelmien käyttöönotossa ongelmaksi muodostuu usein yrityksen vaatimuksien määrittely. Puutteellinen vaatimusmäärittely heijastuu myöhemmin voimistuneena muutosvastarintana ja työtyytymättömyytenä. (Pohjola 1991, s. 1-2; Granlund et al. 2004, s. 32, 34; Lehtonen et al. 2004, s. 128)

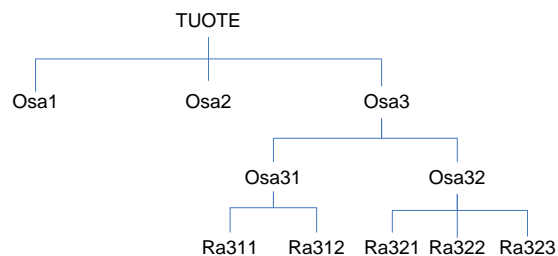


Kuva 32. ERP-järjestelmän ja erillisjärjestelmien ero (Metso 2007, kalvo nro 253)

ERP-järjestelmän lähtökohtana on yrityksen tuotannonohjaus. ERP-järjestelmän käyttö ei kuitenkaan ole välttämätöntä, sillä on olemassa myös vain tuotannonohjaukseen keskittyneitä tietojärjestelmiä. Erityisesti pien- ja keskisuurille yritykselle ERP-järjestelmät voivat olla liian raskaita toiminnan pienen volyymin vuoksi. (Pohjola 1991, s. 1-2; Lehtonen et al. 2004, s. 139).

Joka tapauksessa tietojärjestelmien käytön merkitys tuotannonohjauksessa on kasvanut, sillä toiminnan aikajänteet ovat lyhentyneet. Vaatimukset valmistuksen lyhyistä läpäsijajoista ja tuotteen lyhyistä toimitusajoista edellyttävät tietojenkäsittelyrutiineilta nopeutta ja luotettavuutta. Toiminnan varmuusmarginaaleja on samanaikaisesti supistettu, koska varastoja on pienennetty. Lyhyet aikajänteet ja pienet varmuusmarginaalit perustuvat tehokkaaseen, reaaliaikaiseen ja luotettavaan tuotannonohjaukseen. Tuotannonohjausta tukeva tietojärjestelmä antaa yritykselle merkittävän kilpailuedun, sillä se mahdollistaa nopeat toimitukset ja resurssien tehokkaan käytön. (Uusi-Rauva et al. 1999, s. 407)

Erilaisia tuotannonohjauksen mahdollistavia tietojärjestelmiä on markkinoilla lukuisia, mutta niiden näennäisestä erilaisuudesta huolimatta eri ohjelmistot toimivat keskeisiltä osiltaan samoilla periaatteilla. Materiaalin ja kapasiteetin hallinta perustuu tavallisesti tarvelaskentaan, joka pohjautuu tuotteen rakenteeseen. Tuoterakenne kertoo tuotteiden ja puolivalmisteiden valmistukseen tarvittavat raaka-aineet ja komponentit (kuva 33). Tuoterakenteeseen liittyvä työnvaiherakenne määrittelee valmistuksen työvaiheet ja vaiheissa tarvittavan kapasiteetin. Useimmiten tuoterakenteen materiaali- ja kapasiteettitarpeet määritellään yhtä lopputuotetta kohden. Tuoterakenteeseen voi kuulua puolivalmisteita tai komponentteja, joilla taas on oma tuoterakenteensa. Nämä muodostavat puolestaan oman rakennetasonsa. Alemman rakennetason nimikkeiden määrä määräytyy ylätasoon nimikemäärien perusteella. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 374, 407; Stevenson 2007, s. 638–639; Slack et al. 2008, s. 444)



Kuva 33. Tuoterakenteen periaatekuva (Stevenson 2007, s. 639)

Tarvelaskennan yhteydessä ajoitetaan myös samalla tuotanto eli kullekin työvaiheelle määritetään aloitusajankohdat työvaiherakenteen pohjalta. Materiaalitarpeiden ajoitus ja kapasiteetin kuormituksen ajankohta perustuvat tähän ajoitukseen. Useimmiten tietojärjestelmien tarvelaskennassa käytetään siis taaksepäin ajoitusta, sillä sen ansiosta pääoma sitoutuu keskeneräiseen tuotantoon mahdollisimman myöhäisessä vaiheessa. (Vollmann et al. 1997, s. 17–18; Uusi-Rauva et al. 2003, s. 374)

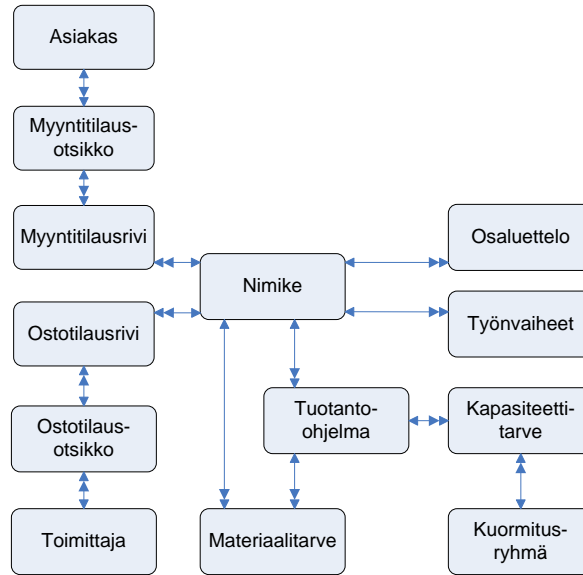
Kapasiteetin kuormitus perustuu tarvelaskennassa laskettuihin kapasiteettitarpeisiin ja kohdistuu ajoituksen määrittelemälle jaksolle. Kuormituksesta pidetään kirjaa kuormituskirjanpidon muodossa, joka ilmaisee kuormituksen tarkasteltavana ajanjaksona (taulukko 7). (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 375) Kuormituksessa ja siten myös ajoituksessa tarvittavia tietoja ovat (Lapinleimu et al. 1997, s. 314):

- tuotteen valmistuksen läpäisy aika
- osavalmistuksen läpäisy aika
- valmistusajat työyksiköittäin
- standardieräkoot (tavoite on yhden tuotteen osat).

Taulukko 7. Esimerkki kuormitusryhmäkohtaisesta kuormitusraportista (Stevenson 2007, s.616)

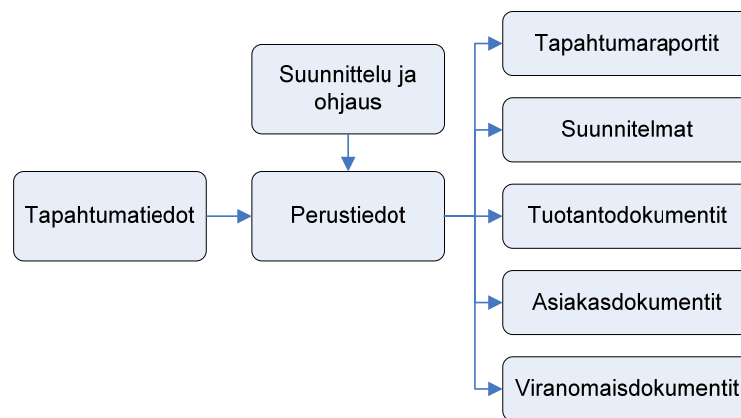
| Kuormitus | | Työyksikkö PWT81 | |
|-----------|--------------|------------------|---------------|
| Viikko | Kapasiteetti | Kuorma | Kuormitusaste |
| 20 | 300 | 250 | 83 % |
| 21 | 400 | 360 | 90 % |
| 22 | 340 | 320 | 94 % |
| 23 | 340 | 400 | 118 % |

Tuotannonohjausjärjestelmän tarvitsemat tiedot voidaan jakaa perustietoihin ja tapahtumatietoihin. Perustiedot sisältävät yrityksen toimintaan liittyvien asioiden kuvaukset ja määrittelyt. Perustiedoissa määritellään esimerkiksi asiakastiedot, nimiketiedot, tuoterakenteet, työvaiheet ja kuormitusryhmät. Perustietoja hallitaan erilaisten tunnusten avulla. (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 371) Kuvassa 34 on esitetty esimerkki tuotannonohjauksessa tarvittavasta perustietojoukosta.



Kuva 34. Tuotannonohjauksen tarvitsemia perustietoja (Mankki 1988, s. 4)

Tuotannonohjausjärjestelmän tapahtumatiedot puolestaan kuvaavat jonkin tapahtuman. Näitä ovat esimerkiksi myyntitilaus, tarvelaskenta ja varastotapahtumat. Tapahtumatietojen hallinta perustuu jokaiselle tapahtumalle annettavaan tunnukseen. Tilauksilla on tilausnumero, tarvelaskennalla on tuotantotilausnumero ja toimituksella on toimitusnumero. Tapahtumaan liitetään joukko perustietoja, jotka määrittelevät tarkasti tapahtuman sisällön. Myyntitilaustapahtuman kuvauksessa asiakasnumero määrittelee asiakkaan tiedot, nimikenumerot kertovat tarkemmin myydyistä nimikkeistä ja toimitusehtokoodit ilmoittavat toimitustiedot. (Uusi-Rauva et al. 1999, s. 460) Kuvassa 35 on kuvattu tuotannonohjausjärjestelmän toimintaperiaate.



Kuva 35. Tuotannonohjausjärjestelmän toimintaperiaate (Uusi-Rauva et al. 2003, s. 372)

Toiminnanohjaus- ja tuotannonohjausjärjestelmien toimintaperiaatteisiin vaikuttavat keskeisesti perustietojen sekä ohjelmiston toimintamallien määrittely. Valmisohjelmistoissa toimintavaihtoehto ja tietorakenteet ovat tavallisesti ohjelmistotoimittajan määrittelemiä. On kuitenkin tavallista, että ohjelmistot tarjoavat useamman vaihtoehdon haluttujen toimintojen toteuttamiseksi. Tällöin ohjelmiston käyttöönottovaiheessa valitaan yritykselle parhaiten soveltuva vaihtoehto. Tarvittaessa voidaan ohjelmiston toimintaa muokata ohjelmoimalla osa ohjelmistoa asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Ohjelmistojen muokkaukset yleensä aiheuttavat ongelmia versiopäivitysten yhteydessä. (Uusi-Rauva et al. 1999, s. 460–461; Granlund et al. 2004, s. 36)

4.7 Nykyaikainen tuotannonohjausjärjestelmä

Tuotannonohjausjärjestelmän tarkoituksena on viimekädessä sopeuttaa markkinoiden tarpeet ja tuotannon mahdollisuudet sekä tukea yrityksen kokonaisstrategiaa. Käytännössä tämä pitää sisällään materiaalien, koneiden, ihmisten ja toimittajien ohjauksen. Yritys tarvitsee tuotannonohjausjärjestelmää tuotannon tavoitteiden saavuttamiseksi. Tuotannonohjausjärjestelmän tehtävänä on täten tukea yrityksen tuotantoprosessia. Järjestelmä voi olla joko manuaalinen sovellus, automaattinen sovellus tai näiden kahden sekoitus. Tuotannonohjausjärjestelmä on yrityskohtainen ja siihen vaikuttaa muun muassa yrityksen tuotantojärjestelmä. (Vollmann et al. 1997, s. 1; Häkkinen 2003, s. 15, 17)

Tuotannonohjausjärjestelmä on informaatiojärjestelmä, jonka tehtävänä on tuottaa kaikki tuotannonohjauspäätösten taustalla oleva tieto. Informaatiovirta on tuotannonohjauksen keskusjärjestelmä, joka hankkii, varastoi ja muokkaa päätöksenteossa tarvittavaa informaatiota. Informaatiovirta myös välittää annetut ohjausimpulssit eteenpäin ja toisaalta toimittaa palautteen takaisin päätöksentekijöille. Tuotannonohjausjärjestelmä tuottaa informaatiota tehokkaan päätöksenteon tueksi. Järjestelmä itsessään ei tee päätöksiä tai valvo toimintaa vaan siitä ovat vastuussa käyttäjät. Tuotannonohjausjärjestelmä kuitenkin tukee päätöksentekotilannetta. (Vollmann et al. 1997, s. 2) Tyypillisiä tuotannonohjausjärjestelmän tukemia päätöksentekotilanteita valmistavassa yrityksessä ovat (Vollmann et al. 1997, s. 2):

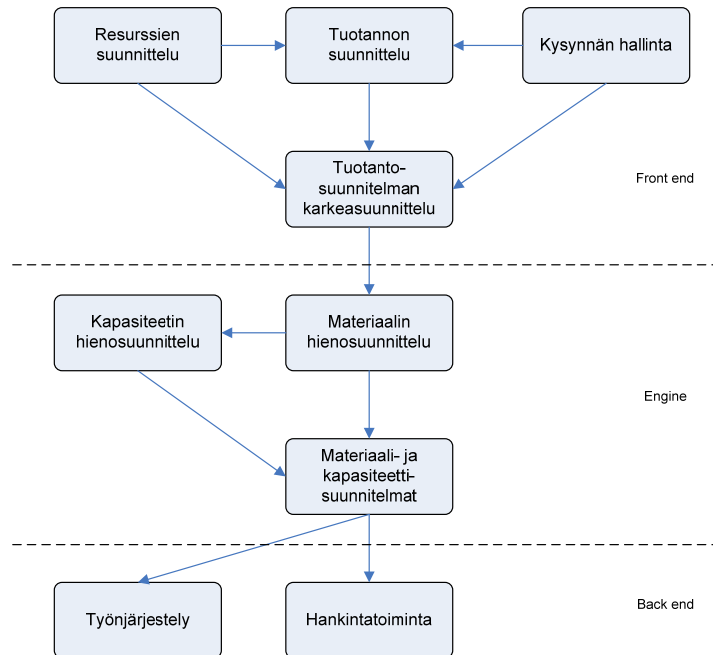
- kysyntää vastaavan kapasiteetin ja kapasiteetin kuormituksen suunnittelu
- materiaalitarpeiden ja toimitusajan suunnittelu

- kapasiteetin tarkoituksenmukainen käytön varmistaminen
- sopivan varastotason ja keskeneräisen tuotannon suunnittelu
- tuotantoresurssien ajoitus
- toimitusajoista sopiminen asiakkaiden ja toimittajien/alihankkijoiden kanssa
- pidemmän tähtäimen yhteistyösopimusten tukeminen
- asiakastarpeiden selvittäminen jatkuvasti muuttuvassa toimintaympäristössä
- poikkeamiin reagointi
- informaation tuottaminen muille päätoiminnoille tuotannon tapahtumista.

Tuotantojärjestelmä ei ole staattinen, vaan muuttuu ajan kuluessa. Tästä johtuen myös tuotannonohjausjärjestelmää on kyettävä muuttamaan. Olennaista on kuitenkin ymmärtää tuotannonohjausjärjestelmä strategian toteuttamisen työkaluna eikä sinänsä strategiana. Ohjausjärjestelmä auttaa fyysisen tuotantojärjestelmän säätämisessä markkinoiden kysynnän mukaisesti ja tätä kautta yrityksen kannattavaan liiketoimintaan. (Häkkinen 2003, s. 23)

Yrityksen ohjausjärjestelmän osiin pilkkomisen tavoin, voidaan myös tuotannonohjausjärjestelmä jakaa osiin. Yleinen tapa on jakaa tuotannonohjausjärjestelmä kolmeen osaan: Front end, Engine ja Back end. Front end sisältää osajärjestelmiä, joiden avulla yrityksen kokonaissuunnittelu kytetään tuotantoprosessiin. Engine sisältää puolestaan osajärjestelmiä, joiden avulla laaditaan yksityiskohtaiset tuotantosuunnitelmat. Kolmas osa eli Back end sisältää osajärjestelmät, joilla ohjataan lattiataason suorituksia lyhyellä aikavälillä. Suurin osa kaupallisista tuotannonohjausjärjestelmistä toimii esitetyn kaltaisen kolmivaiheista jaottelun pohjalta. (Vollmann et al. 1997, s. 4, 6; Häkkinen 2003, s. 20)

Mainitut kolme osajärjestelmää on esitetty tarkemmin kuvassa 36, joka esittää yleistä tuotannonohjausjärjestelmän rakennetta. Mukana kuvassa ovat kaikki oleelliset tuotannonohjausjärjestelmän osa-alueet. Todellinen tuotannonohjausjärjestelmä sisältää esitettyä enemmän tietosyötteitä, osa-alueita ja palauteyhteyksiä. (Vollmann et al. 1997, s. 4) Seuraavaksi käydään jokainen osa-alue lyhyesti lävitse.



Kuva 36. Valmistavan yrityksen tuotannonohjausjärjestelmän rakenne (Vollmann et al. 1997, s. 5; Häkkinen 2003, s. 21)

Yrityksen kaiken toiminnan taustalla tulee olla jonkinlainen arvio tulevasta. Näitä arvioita kutsutaan ennusteiksi. Tuotannonohjausta kiinnostaa ennusteissa lähinnä tuotteiden kysyntä. Tämän vuoksi ennusteet toimivat tuotannonohjausprosessin ensimmäisenä vaiheena, sillä ne toimivat myöhemmin muiden tuotannonohjausvaiheiden lähtötietoina. *Kysynnän hallinnalla* tarkoitetaan tuotteiden kysynnän ennustamista, tilausten käsittely- ja tilausvahvistusprosesseja. Tässä vaiheessa koordinoidaan kaikki liiketoimintaan liittyvät tekijät, joilla on vaikutusta tuotantokapasiteettiin. *Tuotannosuunnitteluvaiheessa* asetetaan tuotantosuunnitelmalle pitkän aikavälin tavoitteet. Tällöin tuotantotoiminnan rooli määritellään osana yrityksen strategista suunnitelmaa. Tuotannosuunnitteluvaihe on vähiten ymmärretty osa tuotannonohjausta. Tuotannosuunnitteluvaihe kytkee tuotantoprosessin markkinoihin ja muuhun liiketoiminnan strategiseen ajatteluun. *Resurssisuunnitteluvaiheessa* määritellään tuotantosuunnitelman edellyttämä kapasiteettitarve nyt ja tulevaisuudessa. Pidemmällä tähtäimellä resurssisuunnittelu painottuu investointeihin ja muihin liiketoiminnan rakenteisiin. Lyhyellä tähtäimellä resurssisuunnittelu painottuu henkilö- ja konetunteihin. *Tuotantosuunnitelman karkeasuunnitteluvaiheessa* lyhyen tähtäimen tuotantosuunnitelma tarkennetaan tuotetasolle niin, että tuotanto tietää mitä tuotteita ja niiden versioita tulevaisuudessa

aiotaan valmistaa. (Nahmias 1989, s. 36; Vollmann et al. 1997, s. 4; Häkkinen 2003, s. 21–22)

Materiaalin hienosuunnitteluvaiheessa laaditaan yksityiskohtainen tuotanto-ohjelma, jossa lopputuotteet on purettu alemmille osatasoille. Tässä vaiheessa voidaan hyödyntää tuotteiden rakenteisiin perustuvaa tarvelaskentajärjestelmää, joka ajoittaa puolivalmisteiden valmistusajankohdat ja osto-osien ja raaka-aineiden toimitusajankohdat. *Kapasiteetin hienosuunnittelu* perustuu materiaalin hienosuunnitteluun. Tässä lasketaan materiaalisuunnitelman toteuttamiseen tarvittava henkilö- ja konekapasiteetti. *Materiaali- ja kapasiteettisuunnitelmat* vahvistetaan, kun niiden toteuttamissuunnittelu on saatu päätökseen. (Vollmann et al. 1997, s. 4-5; Häkkinen 2003, s. 22)

Työnjärjestelytoiminnassa toteutetaan edellä aikaansaatua materiaalisuunnitelmaa. Laaditaan tarvittavat työmääräimet ja muut valmistuksen edellyttämät dokumentit. Lisäksi laaditaan yksityiskohtainen valmistustilausten toteutusajataulu. Ajataulua on päivitettävä jatkuvasti, koska erilaiset ongelmatilanteet ja muut poikkeamat aiheuttavat muutostarpeita ajoitukseen. Valmistuksen tehokkuuden seurantaraportointi laaditaan tässä vaiheessa. Raportoinnissa verrataan toteutunutta toimintaa suunnitelmiin ja ryhdytään tarvittaviin toimenpiteisiin poikkeamien korjaamiseksi. *Hankintatoiminta* on kytketty työnjärjestelyyn, jotta raaka-aineiden ja osien toimitusajat mahdollisimman saumattomasti liittyvät valmistukseen. Valmistuskapasiteetin ostaminen on erotettava raaka-aineiden ja komponenttien ostorutiineista. (Vollmann et al. 1997, s. 6; Häkkinen 2003, s. 22)

5 KARKEAKUORMITUKSEN KEHITTÄMINEN

5.1 Tarve kapasiteetin kuormittamisen kehittämiseksi

Tuulivoimajeneraattorit-tulosyksikkö on toiminut itsenäisenä tulosyksikkönä vuodesta 2006. Koko toiminnan ajan käytössä on ollut DG-toiminnanohjausjärjestelmä. DG:tä on käytetty esimerkiksi Suomessa tehtävien töiden ajoittamiseen. Vaikka ajoitusta on käytetty, ei Suomen tuotetehtaan kapasiteetin kuormittamisessa ole käytetty tietotekniikkaa. Kuormittaminen on perustunut puhtaasti tuotantopäällikön näkemykseen ja kokemukseen. Kuormittaminen on toiminut tällä tavoin kohtalaisesti, mutta tuotantovolyyymien noustessa ja Suomen tuotetehtaan siirtyessä tilanahtauden vuoksi toiselle paikkakunnalle, on syntynyt tarve kehittää kuormittamista. Tarkemman kapasiteetin kuormittamisen ansiosta kapasiteetti kyetään käyttämään tehokkaammin hyväksi. Tällöin voidaan ehkäistä sekä ylitettä alikuormitusta. Varsinkin ylikuormitus tilanteet johtavat helposti ylitöihin sekä toimitusaikojen pitkittymiseen ja sitä myöten keskeneräisen tuotannon kasvuun. Toisaalta tuntemalla tarkemmin tuotannon kuormitus, kyetään myyntiä informoimaan paremmin tuotannon kulloisestakin tilasta.

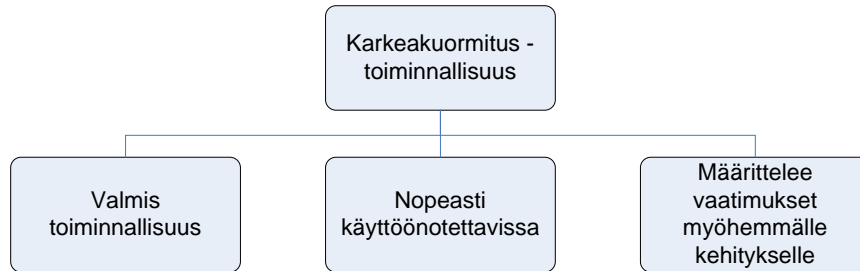
Kapasiteetin korkea kuormitusaste on yksi tuotannonohjauksen tavoitteista. Kuormitusasteen kohottamisen taustalla on taloudelliset syyt. Resursseista syntyy kustannuksia, joten niitä tulisi käyttää hyväksi mahdollisimman paljon. Kapasiteetin optimaalinen kuormittaminen on kuitenkin työlästä ilman tietotekniikan apua. Näppituntumalla tehtyjen suunnitelmien tilalle pitäisi saada todellista tietoa hyödyntävä sovellus. Tämän vuoksi tulosyksikössä haluttiin käyttöön jonkinlainen apusovellus kapasiteetin kuormittamiseen.

Kuormitus -sovelluksen toteuttamiseksi nähtiin kaksi vaihtoehtoa. Joko kuormitus -sovellus rakennettaisiin taulukkolaskentaohjelmalla tai vaihtoehtoisesti käyttöön otettaisiin DG:n valmis karkeakuormitus -toiminnallisuus. Vaihtoehtoista päädyttiin jälkimmäiseen.

5.2 DG:n karkeakuormitus -toiminnallisuuden käyttöönoton hyödyt

DG:n toiminnallisuuden käyttöönotolle nähtiin olevan monia perusteita. Karkeakuormitus -toiminnallisuus oli useita vuosia vanha toiminnallisuus, jota oli käytetty Tahtikoneet ja

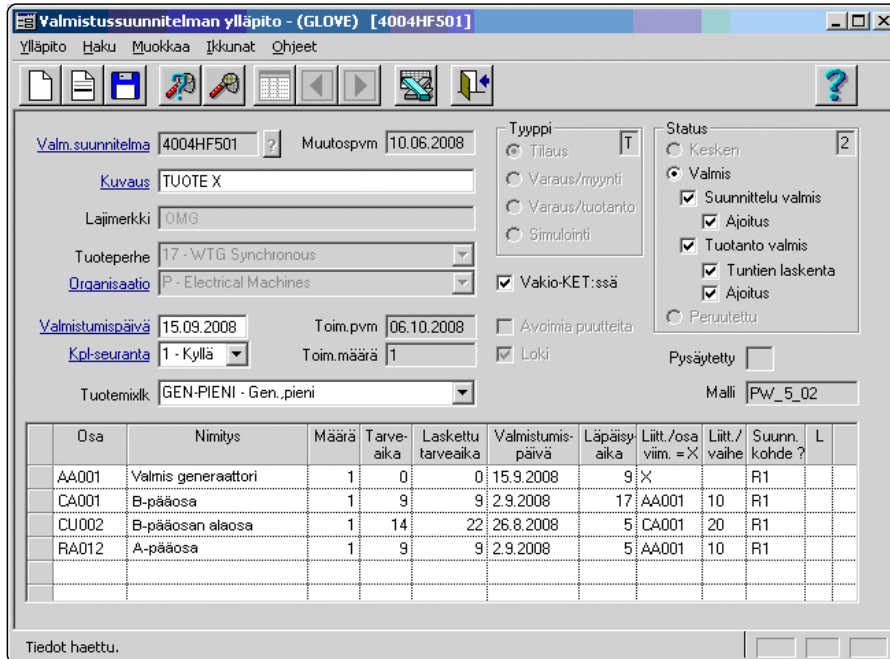
Induktiokoneet -tulosityksiköissä jo pitkään. Tämän vuoksi toiminnallisuuden tiedettiin olevan virheetön ja vakaa. Toiseksi toiminnallisuuden tiedettiin olevan käyttöönotettavissa nopeasti muutaman päivityksen jälkeen. Kolmanneksi toiminnallisuuden käytöstä saataisiin arvokkaita käyttökokemuksia, mikäli myöhemmässä vaiheessa kuormitus päätettäisiin toteuttaa esimerkiksi mainitulla taulukkolaskentaohjelmalla. Kuva 37 esittää tiivistetysti perusteet, miksi toiminnallisuuteen päädyttiin.



Kuva 37. Karkeakuormitus -toiminnallisuuden käyttöönoton hyödyt

5.3 Karkeakuormitus – toiminnallisuuden käyttöönotto

Karkeakuormitus -toiminnallisuuden käyttöönoton perustana toimi DG:n perustietojen päivittäminen. Päivitys tuli tehdä, sillä perustiedoissa oli tapahtunut muutoksia esimerkiksi Suomen tuotetehtaan muuton vuoksi. Toiminnanohjausjärjestelmä DG:ssä tuotannon perustietoja ylläpidetään valmistussuunnitelmamalleilla. Jokaisella vakiotuotteella on oma valmistussuunnitelmamallinsa. Valmistussuunnitelmamalli kertoo osien tarveajat suhteessa toimituspäivämäärään, joten työvaiheiden ja materiaalihankintojen päivämääräkohtainen ajoitus tapahtuu näiden tietojen perusteella. Siten valmistussuunnitelmamalli vaikuttaa myös kuormitusajankohtaan. DG:ssä jokaisella valmistettavalla tuotteella eli työnumerolla tulee olla valmistussuunnitelmamalli, jonka pohjalta järjestelmä luo automaattisesti työnumerolle päivämääräkohtaisen valmistussuunnitelman. Kuvassa 38 on näkymä esimerkki työnumeron valmistussuunnitelmasta. Työnumerolle eli tilaukselle käytetty valmistussuunnitelmamalli on näkyvissä oikeassa reunassa. Kuvassa on valmistussuunnitelman päänäkymä, josta pääsee porautumaan syvemmälle osaluetteloihin ja työvaiheisiin.



Kuva 38. DG:n valmistussuunnitelma -näkyvä

Karkeakuormitus –toiminnallisuuden käyttöönottoa varten valmistussuunnitelmamalleille tuli päivittää kaksi perustietoa: standardiosat ja standardivaiheet. Lisäksi valmistussuunnitelmamallien lisäksi tuli määrittellä Suomen tuotetehtaan työyksiköille eli kuormitusryhmille kapasiteetti. Kuormitusryhmiä muodostui siis kaksi: osakokoonpano- ja loppukokoonpanosolu. Nämä valittiin kuormitusryhmiksi, sillä ne sitovat suurimman osan tuotetehtaan tuotantohenkilöstöstä ja lisäksi niissä käytetään kriittisiä työvälineitä.

Valmistussuunnitelmamallin standardiosa on työnumeron rakenteelle määritelty osaluettelon taso. Standardiosa pitää sisällään kyseiseen osaan sisältyvät aliosat ja materiaalit (kuva 39). Standardiosille päivitettiin tarveajat ja osien läpäsyaajat. Tarveajat kertovat, montako työpäivää ennen valmistuspäivämäärää osan tulee olla valmis. Osien läpäsyaajat puolestaan kertovat, montako työpäivää osien valmistus kestää.

| Osa | Nimitys | Tarve-aika | Vaiheiden läp.aika | Materiaalin tarveaika |
|---------|----------------------|------------|--------------------|-----------------------|
| 0000000 | Kone | 5 | 4 | 26 |
| AA010 | Käyttöohje | 5 | | 5 |
| AS001 | Kuljetuskukitus | 5 | | 15 |
| CA001 | B-pääosa | 25 | 11 | 46 |
| DA001 | Litäntä | 10 | 11 | 25 |
| LG001 | Laakerointi N-pää | 25 | 1 | 30 |
| RA010 | A-pääosa | 25 | 16 | 51 |
| UA001 | Suojukset | 7 | 1 | 15 |
| ZA001 | Varusteet lähettämi | 5 | 5 | 15 |
| ZP001 | Varusteet kokoonpano | 10 | 1 | 20 |

Kuva 39. Esimerkki standardiosista

Standardivaiheilla puolestaan määritellään työnvaiheiden ajoitus (kuva 40). Ajoitus lasketaan vaiheiden läpäisyajojen mukaan taaksepäin viimeisestä ensimmäiseen vaiheeseen. Viimeisen vaiheen valmistuspäivä on vaiheelle merkityn osan valmistuspäivä. Standardivaiheista tuli päivittää osien valmistukseen kuuluvien työnvaiheiden suorittavien työyksiköiden eli kuormitusryhmien tunnuksat sekä työnvaiheiden kestot tuotannon henkilöstötunteina.

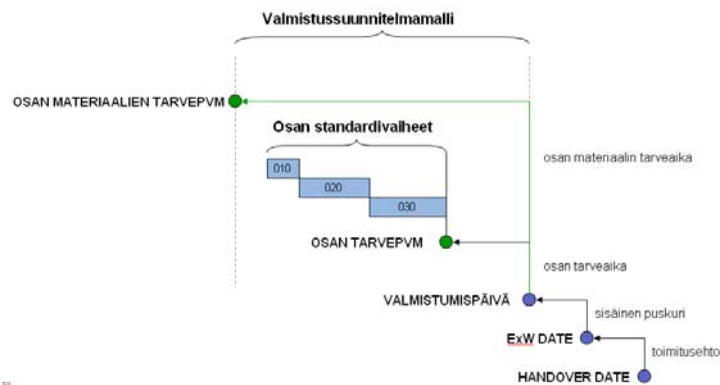
| Osa | Vaihe | Vaiheen nimi | Työyks. | Suunn.tunnit | Läpäisy-aika | Palkka-laji ? | Tvr ? | Seur.pite ? |
|---------|-------|--------------------------|---------|--------------|--------------|---------------|-------|-------------|
| 0000000 | 010 | Kytke ja asenna kaapelit | PwT82 | 80,00 | 3 | | | |
| 0000000 | 020 | Koesta | PwT83 | 16,00 | 1 | | | |
| CA001 | 010 | Niputa soljet | PwT42 | 80,00 | 3 | | | |
| CA001 | 020 | Asenna umpio | PTT50 | 8,00 | 4 | | | |
| CA001 | 030 | Syväjäädytä laippa | PwT42 | 8,00 | 2 | | | |
| CA001 | 040 | Poista kuoret | PwT42 | 80,00 | 2 | | | |
| DA001 | 005 | Seitä litännän osat | PwT89 | 4,00 | 1 | | | |
| DA001 | 010 | Kokoa litäntä | PwT82 | 16,00 | 10 | | | |
| LG001 | 010 | Kerää putket | PwT82 | 12,00 | 1 | | | |
| RA010 | 005 | Asenna letkupidikkeet | PwT89 | 4,00 | 1 | | | |
| RA010 | 010 | Koesta POR | PwT81 | 60,00 | 15 | | | |
| UA001 | 010 | Kokoa suojukset | PwT82 | 16,00 | 1 | | | |
| ZA001 | 010 | Asenna | PwT82 | 80,00 | 5 | | | |
| ZP001 | 010 | Liimaa pellinsuojus | PwT82 | 4,00 | 1 | | | |

Kuva 40. Standardivaiheiden päivitys

Valmistussuunnitelmamallien lisäksi DG:hen tuli syöttää työyksiköiden kapasiteetti, jotta kuormitusta kyettäisiin vertaamaan olemassa olevaan kapasiteettiin. Kapasiteetti määritettiin tuotantohenkilöstön nettokapasiteettina, koska se kuvaa todennukaista

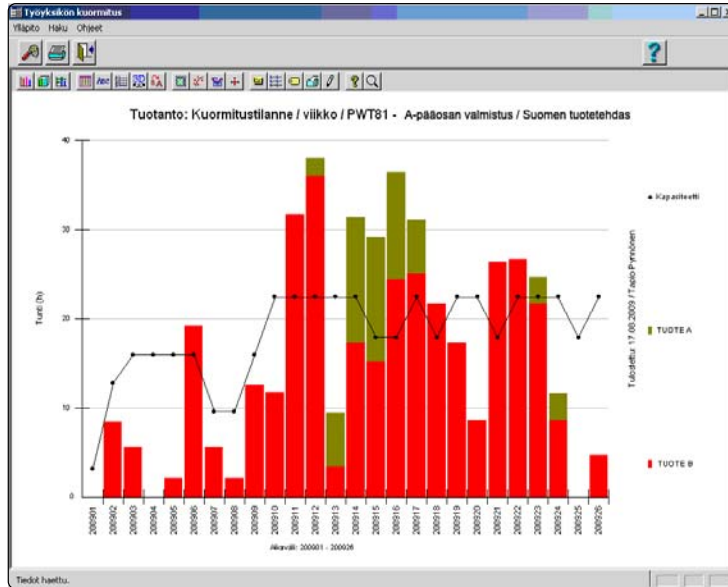
tilannetta parhaiten. Tuotantohenkilöstön kapasiteettitiedot saatiin Suomen tuotetehtaan tuotantopäälliköltä.

Kuvassa 41 on kuvattu, kuinka päivitetty tiedot liittyvät toisiinsa ja valmistussuunnitelmamalliin. Päivitettyjä tietoja tarvittiin siis kuormitustuntien sijoittumiseksi mahdollisimman todenmukaisesti oikealle ajankohdalle. Kuormituksen laskenta tapahtuu osana DG:n MRP II -laskentaa.



Kuva 41. DG:n päivitettyjen perustietojen liittyminen toisiinsa

Kuva 42 puolestaan esittää valmista karkeakuormitus –toiminnallisuutta, jossa vaakakselina on aika ja pystyakselina kapasiteetti. Toiminnallisuuden avulla kyetään tarkastelemaan kuormitusryhmän kuormitusta graafisesti. Kuvan musta viiva kuvaa ajankohdan kapasiteettia ja eriväriset pylväät eri tuotteiden aiheuttamaa kuormitusta. Kuormitusta voi halutessa tarkastella myös numeerisessa kuormituskirjanpidon muodossa, jolloin saadaan tarkemmin selvitettyä kunkin ajankohdan ali- tai ylikapasiteetti. Kuormituskuvaaja päivittyy automaattisesti DG:hen syötettyjen asiakastilausten perusteella.



Kuva 42. Karkeakuormitus -toiminnallisuuden piirtämä kuormituskuvaaja

5.4 Karkeakuormitus -toiminnallisuuden hyödyt ja puutteet

Käyttöön otettu –toiminnallisuus parantaa tuotannon kuormitustilanteen läpinäkyvyyttä. Sen avulla voidaan havaita jo hyvissä ajoin kuormituspiikit, jolloin kuorman tasaamiselle jää enemmän aikaa. Kuten kuvasta 42 nähdään, ei kuormitusryhmän kapasiteetti ole tasainen. Tämän vuoksi toiminnallisuus helpottaa kuormitustyötä todella paljon verrattuna kokemusperäiseen kuormittamiseen. Yli- ja alikapasiteetin tasaaminen lisäävät kuormitusryhmien tuottavuutta. Tasainen ja ennen kaikkea kapasiteetin rajoissa oleva kuormitus merkitsee myös vähemmän häiriöitä tuotantoon. Tällöin tuotanto etenee todennäköisemmin suunnitelmien mukaan, jolloin vältetään toimitusten viivästymiseltä ja kasvaneelta keskeneräiseltä tuotannolta. Lisäksi toiminnallisuuden avulla voidaan simuloida erilaisia kuormitustilanteita syöttämällä DG:hen varauksia. Näin tekemällä kyetään kapasiteettitarpeita suunnittelemaan etukäteen. Toiminnallisuutta on käytetty apuna alustavan tuotanto-ohjelman teossa, joten se välittää myös informaatiota myynnille tuotannon mahdollisuuksista. Koska kuormituskuvaaja näyttää kuormitusryhmien tilanteen erikseen, auttaa tämä kiinnittämään tuotannon johdon huomion kuormitusasteeltaan kriittisempään kuormitusryhmään.

Toiminnallisuus sisältää myös puutteita. Koska kyseessä on karkeakuormitusta kuvaava toiminnallisuus, tapahtuu kuormitus äärettömään kapasiteettiin. Tällöin kuormituspiikit on

tasattava manuaalisesti. Tämä on työläs toimenpide, sillä tasaus on DG:stä johtuen hidasta ja kankeaa. Lisäksi kuormitusasteen simulointi on myös työlästä, sillä varausten syöttäminen ja muuttaminen on edellisen tapaan työlästä. Kuormituskuvaaja on staattinen eli se ei muutu valmistuksen todellisen tilanteen mukaan. Ainoastaan toimitusajan muuttaminen vaikuttaa kuormitukseen. Tämän vuoksi toiminnallisuus soveltuu lähinnä kapasiteetin yleisen tason tarkasteluun, johon se on oiva apuväline.

6 TOIMITUSVARMUUDEN JA HIENOKUORMITUKSEN KEHITTÄMINEN

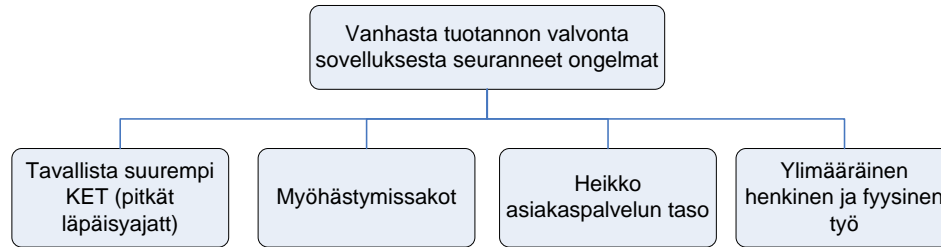
6.1 Tarve toimitusvarmuuden ja hienokuormituksen kehittämiseksi

Tuulivoimajeneraattorit -tulosyksikössä on aiemmin seurattu Suomen tuotetehtaan tuotantoprosessia tilauskohtaisesti. Tätä varten on käytössä ollut taulukkolaskentaohjelmalla tehty sovellus, jossa on ollut riveinä tilaukset ja sarakkeina seurattavat työvaiheet. Lisäksi on seurattu tiettyjen kriittisten komponenttien toimituksia. Kun tietty työvaihe on valmistunut tai komponentti on saapunut, tapahtuma on merkitty värikoodilla valmistuneeksi. Taulukko 8 kuvaa yksinkertaista sovelluksen rakennetta.

Taulukko 8. Yksinkertaistettu esimerkki aiemmin käytetystä toimitusvarmuuden valvonta -sovelluksesta

| Tnro | Toim.pvm. | Akseli saapunut | Poraus aloitettu | Vaihe X | Vaihe X + 1 | Lähetys |
|-----------|-----------|-----------------|------------------|---------|-------------|---------|
| 1676AD222 | 1.1.2009 | | | | | |
| 1676AD223 | 10.1.2009 | | | | | |
| 1676AD224 | 15.1.2009 | | | | | |

Käytetyn toimitusvarmuuden valvonta -sovelluksen suurimpana puutteena on ollut sen kyvyttömyys näyttää tulevaisuuteen liittyvää informaatiota. Sovelluksessa ei ole ollut toimituspäivämäärän lisäksi muita päivämääriä, jolloin sovelluksen käyttäjän on pitänyt itse arvioida valmistuksessa olevan tilauksen tilanne suhteessa toimituspäivämäärään. Koska työvaiheketju sisältää useita työvaiheita ja koska toimitusaika on pitkä, on mahdollinen tilauksen myöhästymä havaittu vasta lähellä tilauksen toimituspäivämäärää. Tällöin toimitusajankohta on ollut jo niin lähellä, että korjaavilla toimenpiteillä ei ole kyetty saavuttamaan myöhästymää. Myöhästymisestä on seurannut toimitusvarmuuden aleneman lisäksi keskeneräisen tuotannon kasvua, koska tilausten läpäisyajat ovat kasvaneet. Toisaalta myöhästymät ovat johtaneet ylimääräiseen työhön tuotannossa ja toimistolla. Myöhästymisistä on aiheutunut myös myöhästymissakkoja ja muutenkin heikko asiakaspalvelun taso, jolla on vaikutusta esimerkiksi tulosyksikön imagoon ja myöhempiin tilauksiin. Näistä mainituista tekijöistä on seurannut ylimääräisiä kustannuksia, mikä on heijastunut viimekädessä kannattavuuteen. Kuva 43 kuvaa käytössä olleesta toimitusvarmuuden valvonta sovelluksesta seuranneita asioita.



Kuva 43. Käytössä olleesta toimitusvarmuuden valvonta sovelluksesta aiheutuneet ongelmat

Näiden mainittujen tekijöiden vuoksi toimitusvarmuuden valvonnan kehittämiseksi oli tulosyksikössä perusteltua tarvetta. Tämän vuoksi käytössä olleen sovelluksen tilalle päätettiin rakentaa uusi sovellus. Käytössä ollut sovellus tarkasteli nykyhetkeä, kun uuden sovelluksen haluttiin kykenevän näyttämään nykyhetken lisäksi myös tulevaisuuteen liittyvää informaatiota. Tulevaisuutta koskevan tiedon näyttäminen mahdollistaisi paremman hienosuunnittelun teon ja valmistuksen ohjauksen. Lisäksi haluttiin, että sovellus pystyisi näyttämään myöhästymän heti kun se syntyy, jolloin korjaavat toimenpiteet kyettäisiin suorittamaan ajoissa. Tällöin riskit tilauksen myöhästymiselle saataisiin mahdollisimman pieniksi. Yleisesti uudella sovelluksella haluttiin lisätä läpinäkyvyyttä tuotantoprosessiin ja parantaa tiedon kulkua, mille oli jo pelkästään tuotetehtaan toiselle paikkakunnalle muuton takia tarvetta.

Koska aiemmin käyttöön otetussa DG:n karkeakuormitus –toiminnallisuus soveltui lähinnä karkeasuunnitteluun, haluttiin uuden sovelluksen soveltuvan myös siis hienosuunnitteluun ja valmistuksen ohjaukseen. Hienokuormitukseen haluttiin mukaan myös kriittiset työvälineet. Lisäksi kuormittamisesta haluttiin tehdä siinä mielessä dynaaminen, että kuormitus huomioisi todelliset kuormitusryhmien valmistuspäivämäärät. Kuormitusryhmien valmistuspäivämäärät poikkeavat usein valmistussuunnitelman avulla ajoitetuista, sillä reaali maailman tuotannossa esiintyy häiriöitä. Tämän vuoksi eri työvaiheiden suunnitellut ajankohdat muuttuvat, vaikka toimituspäivämäärä pysyisikin ennallaan. Kuormituksen liittäminen uuteen sovellukseen mahdollistaisi myös tuotannosuunnittelun, koska kuormaa ja kapasiteettia kyettäisiin tällöin suunnittelemaan etukäteen. Erityisen hyödyllinen tämä olisi kriittisten työvälineiden osalta, sillä niiden kuormitusta ei nähty DG:n karkeakuormitus –toiminnallisuudessa.

6.2 Uuden sovelluksen toteuttamistavan valinta

Uuden sovelluksen kehittämiseen nähtiin olevan kolme erillistä vaihtoehtoa:

- käytössä olevan taulukkolaskentasovelluksen kehittäminen
- kokonaan uuden taulukkolaskentasovelluksen rakentaminen
- valmisohjelmiston hankkiminen yrityksen ulkopuolelta

Vaihtoehtoista parhaaksi katsottiin uuden taulukkolaskentasovelluksen rakentaminen. Käytössä olevan sovelluksen päivitys ei olisi ollut järkevää, sillä uudesta versiosta haluttiin niin toiminnallisesti ja rakenteellisesti erilainen. Valmisohjelmiston hankkiminen ei myöskään tullut kyseeseen, sillä Sähkökoneet-liiketoimintayksikkö oli samanaikaisesti ottamassa käyttöön uutta ERP-järjestelmää. ERP-järjestelmän käyttöönottoprojekti oli käytännössä jäädyttänyt kaikki muut liiketoimintayksikön tietotekniset hankkeet. Toisaalta valmisohjelmiston hankkimiseen liittyvä vaatimusmäärittely olisi helpompaa taulukkolaskentasovelluksen rakentamisen jälkeen. Tällöin tunnettaisiin tarkasti ne ominaisuudet, jotka ohjelmiston on pakko sisältää.

6.3 Sovelluksen rakentaminen: tuotannon perustiedot

Uuden sovelluksen ensimmäinen toteutusvaihe sisälsi Suomen tuotetehtaan tuotannon perustietojen perustamisen kunkin tuotteen osalta (taulukko 9). Jokaisesta tuotetehtaalla valmistettavasta tuotteesta muodostettiin työvaiheketjut, jotka kuvaavat tuotteen tekemiseen tarvittavat vaiheet niiden suorituksen mukaisessa järjestyksessä. Perustiedot toimivat DG:n valmistussuunnitelmamallien tavoin eli niitä tarvitaan valmistuksen ajoittamiseksi ja kuormittamiseksi.

Taulukko 9. Uuden sovelluksen perustiedot

| | | S | | | | | | | |
|------------|------|------------------------------------|-----|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------------|--|
| | | Tuote A | | | | Kuormitusryhmä 1 | | 190 | |
| | | Lähetyspuskuri | | 4 | | Kuormitusryhmä 2 | | 220 | |
| | | kirikyky | | 8 % | | | | | |
| GANT-dataa | nro | otsikko | ero | ero- vertaus | tavoite- pvm | hälytys- raja | Päivitys-vastuu | Päivitys viikonpäivä | |
| 270 | 270 | A-pääosan keskus saapunut | 3 | 250 | 30 | -5 | TJ | ma,ke | |
| 260 | 260 | A-pääosan setti valmis | 3 | 250 | 30 | -5 | TJ | ma,ke | |
| | RT_a | 250 A-pääosan aloitus | 6 | 240 | 27 | -5 | TJ | ma,ke | |
| 250 | RT_v | 240 A-pääosa valmis | 3 | 220 | 21 | -4 | TJ | ma,ke | |
| | | 230 Alaosa kokoonpantu | 5 | 220 | 23 | -4 | TJ | ma,ke | |
| | | 220 Alaosa asennettu A-pääosaan | 3 | 70 | 18 | -4 | TJ | ma,ke | |
| 210 | 210 | B-pääosan runko ulk tuotetehtaalla | 7 | 190 | 57 | -7 | Ulk.tuotetehdas | ma,ke | |
| 210 | 190 | Sidonta valmis | 10 | 180 | 50 | -7 | Ulk.tuotetehdas | ma,ke | |
| 190 | 180 | Liitos valmis | 3 | 170 | 40 | -6 | Ulk.tuotetehdas | ma,ke | |
| 170 | 170 | B-pääosa Helsingissä | 1 | 160 | 37 | -5 | Ulk.tuotetehdas | ma,ke | |
| 170 | 160 | Tarkastus | 1 | 150 | 36 | -5 | TJ | ma,ke | |
| | | 150 Nidontavälineet asennettu | 2 | 140 | 35 | -5 | TJ | ma,ke | |
| | | 140 Nidonta aloitus | 3 | 130 | 33 | -5 | TJ | ma,ke | |
| 140 | 130 | Nidonta lopetus | 2 | 120 | 30 | -5 | TJ | ma,ke | |
| 120 | 120 | Nidontavälineet purku ja mittaus | 2 | 110 | 28 | -5 | TJ | ma,ke | |
| 120 | 110 | B-pääosa Suomen tuotetehtaalla | 7 | 80 | 26 | -5 | TJ | ma,ke | |
| 100 | 100 | Tukikartio Suomen tuotetehtaalla | 5 | 80 | 24 | -4 | TJ | ma,ke | |
| 90 | 90 | Kokoonpanosetti valmis | 5 | 80 | 24 | -4 | TJ | ma,ke | |
| | KP_a | 80 Kokoonpanon aloitus | 4 | 70 | 19 | -4 | TJ | ma,ke | |
| | | 70 Roottorinosto staattoriin | 3 | 60 | 15 | -4 | TJ | ma,ke | |
| 80 | KP_v | 60 KP valmis | 2 | 50 | 12 | -3 | TJ | ma,ke | |
| 60 | 50 | Koestettu | 3 | 40 | 10 | -3 | TJ | ma,ke | |
| 50 | 40 | Maalaus valmis | 2 | 30 | 7 | -3 | TJ | ma,ke | |
| 40 | 30 | Pakkaus valmis | 1 | 20 | 5 | -3 | TJ | ma,ke | |
| 30 | 20 | Lähetysvalmiina | 4 | 10 | 4 | -3 | TJ | ma,ke | |
| 10 | 10 | Lähetys | | | | | TJ | ma,ke | |

Perustietoihin kirjattiin kaikki tuotteen valmistuksen vaiheet, joita haluttiin seurata. Jokaiselle Suomen tuotetehtaalla valmistettavalle tuotteelle tuli rakentaa taulukon 9 mukainen perustietojoukko. Tulosyksikön valmistamat tuotteet ovat vakiotuotteita eli sovellukseen kirjatut vaiheet muuttuvat harvoin. Työnvaiheiden lisäksi perustietoihin sisällytettiin myös kriittisen komponenttien seuranta, sillä niiden saapumisella ajallaan on oleellinen merkitys tuotannon häiriöttömyyden kannalta. Kullekin seurattavalle vaiheelle määritettiin (taulukko 9):

- vaihenumero (Nro)
- vaiheen nimi (Seurattava vaihe)
- vaiheiden väliset riippuvuudet (Erovertaus)
- vaiheen ero työpäivinä seuraavaan tästä riippuvaiseen vaiheeseen (Ero)
- vaiheen vertausluku lähetysvalmiuteen nähden (Tavoitepvm)
- myöhästymän hälytysraja (Hälytysraja)
- päivitysvastuussa oleva henkilö ja päivitysajankohta

Vaiheen vertausluku eli tavoitepäivämäärä kertoo vaiheesta sen, kuinka monta työpäivää ennen lähetysvalmiutta vaiheen valmistuksen tulee olla aloitettu tai valmistunut. Hälytysraja taas ilmaisee sen, milloin vaiheen myöhästymä on liian suuri. Hälytysrajan ylittyessä sovellus antaa visuaalisen hälytyksen. Kirikyky ilmaisee tuotetehtaan kykyä kirii myöhästymää kiinni. Se on määritetty toistaiseksi kokemusperäisen arvioin, mutta myöhemmin sitä voidaan tarkentaa tarkastelemalla toteutunutta myöhästymän kiinniottamista. Kirikyky vaikuttaa hälytysrajaan, jonka perusteella sovellus päättää myöhästymien visuaalisista hälytyksistä. Kunkin vaiheen kestoon sisällytettiin odotus- sekä sisäiset siirtoajat, jotta mallista saataisiin mahdollisimman todenmukainen. Odotus- ja siirtoaikoja ei kirjattu omiksi vaiheikseen, koska niille ei nähty tarvetta. Vaihetietojen ja kirikyvyn lisäksi kullekin tuotteelle määritettiin myös lähetyspuskuri. Päivitystiedoissa puolestaan määritettiin kunkin seurattavan vaiheen päivämäärästä vastuussa oleva taho ja ajankohta, jolloin päivämäärä tulisi päivittää.

Taulukosta 9 voidaan lukea esimerkiksi, että tuotantoprosessin ensimmäinen valvottava vaihe on A-pääosan saapumispäivämäärä. Viimeinen valvottava vaihe on valmiin tuotteen lähetys. Ero -sarake kertoo sen, kuinka monta työpäivää vaiheen tulee olla valmis ennen Ero-vertaus sarakkeessa ilmoitettua vaihetta. Työnvaiheketjua luetaan väärinpäin eli se toimii taaksepäin ajoituksen periaatteella. Esimerkiksi tuotteen tulee olla lähetysvalmiina (puskuri) 4 työpäivää ennen lähetystä. Tai tuotteen pakkauksen tulee olla valmis 1 työpäivää ennen kuin tuote on lähetysvalmiina.

Työnvaihetietojen perustamisen jälkeen selvitettiin sovelluksen toinen perustieto eli kuormitusryhmä. Kuormitusryhmiä muodostettiin sovellukseen kaksi: osakokoonpano- ja loppukokoonpanosolu. Samat kuormitusryhmät olivat olleet käytössä jo ennen tehtaan muuttoa ja siksi niitä käytettiin myös käyttöönotetussa karkeakuormitus - toiminnallisuudessa. Kullekin tuotteelle tuli myös määrittää kuormitusryhmän kuormitustunnit (taulukko 9). Kuormitustunnit ilmoittavat sen, kuinka monta työtuntia tuotteen käsittely vaatii kuormitusryhmän kapasiteetista.

Kolmas sovellukseen tarvittu tieto oli kuormitusryhmien nettokapasiteetti (taulukko 10). Nettokapasiteettitiedot oli jo aiemmin määritetty DG:ssä, josta kapasiteettitiedot saatiin helposti kopioitua rakennettavaan sovellukseen. Nettokapasiteettia tarvitaan siis kuormitusasteen laskemiseksi, jolloin tietyllä aikajaksolla kuormitusryhmän

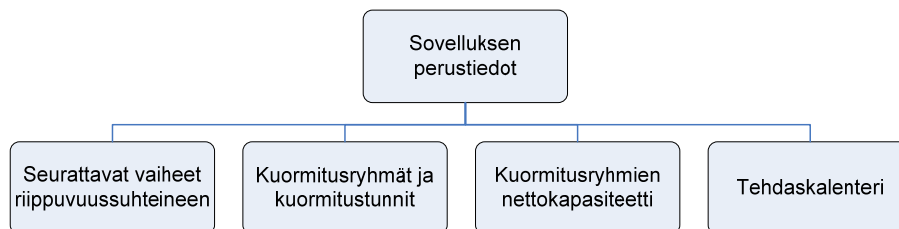
nettokapasiteettia verrataan kuormitusryhmään kohdistuvaan kuormitukseen. Kuormitusryhmistä kerättiin myös tiedossa olevat kapasiteettimuutokset, sillä henkilöstökapasiteetti vaihtelee paljon.

Taulukko 10. Esimerkki sovelluksen nettokapasiteettitiedoista

| Kuormitusryhmä 1 | | | Kuormitusryhmä 2 | | |
|------------------|------------|---------|------------------|------------|---------|
| | 6,4 h/tt | | | 6,4 h/tt | |
| | henkilöstö | tunteja | | henkilöstö | tunteja |
| 1.1.2009 | 10 | 64 | 1.1.2009 | 8 | 51,2 |
| 9.2.2009 | 10 | 64 | 12.1.2009 | 12 | 76,8 |
| 22.2.2009 | 10 | 64 | 26.1.2009 | 13 | 83,2 |
| 2.3.2009 | 14 | 89,6 | 9.2.2009 | 13 | 83,2 |
| 29.6.2009 | 8 | 51,2 | 23.2.2009 | 14 | 89,6 |
| 20.7.2009 | 4 | 25,6 | 30.3.2009 | 6 | 38,4 |
| 27.7.2009 | 10 | 64 | 1.6.2009 | 8 | 51,2 |
| 3.8.2009 | 8 | 51,2 | 8.6.2009 | 8 | 51,2 |
| 10.8.2009 | 6 | 38,4 | 15.6.2009 | 8 | 51,2 |
| 17.8.2009 | 10 | 64 | 22.6.2009 | 11 | 70,4 |
| 24.8.2009 | 10,4 | 66,56 | 29.6.2009 | 10 | 64 |
| 31.8.2009 | 13,2 | 84,48 | 6.7.2009 | 10 | 64 |
| 7.9.2009 | 14 | 89,6 | 13.7.2009 | 10 | 64 |
| 1.1.2010 | 14 | 89,6 | 20.7.2009 | 10 | 64 |
| | | | 27.7.2009 | 7 | 44,8 |
| | | | 3.8.2009 | 9 | 57,6 |
| | | | 10.8.2009 | 8 | 51,2 |
| | | | 31.8.2009 | 8 | 51,2 |
| | | | 1.1.2010 | 8 | 51,2 |

Neljäs ja viimeinen sovelluksen perustieto oli tehdaskalenterin määrittäminen. Tehdaskalenterin käyttö lisää sovelluksen todenmukaisuutta, koska sen avulla voidaan käsitellä ainoastaan todellisia työpäiviä. Tehdaskalenteri saatiin kopioitua sovellukseen myös DG:stä.

Sovellus tarvitsi siis neljän perustiedon määrittäksen. Nämä perustiedot on esitetty tiivistetysti kuvassa 44. Perustiedot pyrittiin kirjaamaan sillä tarkkuustasolla, että ne vastaisivat todellisuutta mahdollisimman hyvin. Liian tarkat tiedot olisivat olleet vaivalloisia ylläpidon suhteen. Lisäksi tietojen tarkkuutta voitaisiin jälkikäteen lisätä helposti, jos sille olisi tarvetta.



Kuva 44. Uuden sovelluksen perustiedot

6.4 Sovelluksen rakentaminen: taulukon rakenne

Sovellukseen perustettiin kullekin Suomen tuotetehtaalla valmistettavalle tuotteelle avoimien töiden välilehdet (taulukko 11). Tuotteille tarvittiin omat välilehdet, koska tuotteiden työnvaiheketjut poikkeavat toisistaan.

Taulukko 11. Uuden sovelluksen avoimien töiden -välilehti

| | A | B | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
|----|------------------|------------------|---------------------------|---|---|------------|----------|---|---|------------|----------|---|---|------------|
| 1 | Valmistusmalli | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Kuormitusryhmä 1 | Kuormitusryhmä 2 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | TIIRO | ExW | A-pääosan keskus saapunut | | | | | | | | | | | |
| 18 | 1111AA111 | 15.6.2009 | to 30.4 | | | 30.4.2009 | to 30.4 | | | 30.4.2009 | ke 6.5 | | | 6.5.2009 |
| 19 | 1111AA112 | 19.6.2009 | to 7.5 | | | 7.5.2009 | to 7.5 | | | 7.5.2009 | ti 12.5 | | | 12.5.2009 |
| 20 | 1111AA113 | 26.6.2009 | ke 13.5 | | | 13.5.2009 | ke 13.5 | | | 13.5.2009 | ma 18.5 | | | 18.5.2009 |
| 21 | 1111AA114 | 26.6.2009 | ke 13.5 | | | 13.5.2009 | ke 13.5 | | | 13.5.2009 | ma 18.5 | | | 18.5.2009 |
| 22 | 1111AA115 | 3.7.2009 | ke 20.5 | | | 20.5.2009 | ke 20.5 | | | 20.5.2009 | ti 26.5 | | | 26.5.2009 |
| 23 | 1111AA116 | 10.7.2009 | to 28.5 | | | 28.5.2009 | to 28.5 | | | 28.5.2009 | ti 2.6 | | | 2.6.2009 |
| 24 | 1111AA117 | 17.7.2009 | to 4.6 | | | 4.6.2009 | to 4.6 | | | 4.6.2009 | ti 9.6 | | | 9.6.2009 |
| 25 | 1111AA118 | 31.7.2009 | to 18.6 | | | 18.6.2009 | to 18.6 | | | 18.6.2009 | ke 24.6 | | | 24.6.2009 |
| 26 | 1111AA119 | 7.8.2009 | pe 26.6 | | | 26.6.2009 | pe 26.6 | | | 26.6.2009 | ke 1.7 | | | 1.7.2009 |
| 27 | 1111AA120 | 21.8.2009 | pe 10.7 | | | 10.7.2009 | pe 10.7 | | | 10.7.2009 | ke 15.7 | | | 15.7.2009 |
| 28 | 1111AA121 | 12.10.2009 | ma 31.8 | | | 31.8.2009 | ma 31.8 | | | 31.8.2009 | to 3.9 | | | 3.9.2009 |
| 29 | 1111AA122 | 19.10.2009 | ma 7.9 | | | 7.9.2009 | ma 7.9 | | | 7.9.2009 | to 10.9 | | | 10.9.2009 |
| 30 | 1111AA123 | 26.10.2009 | ma 14.9 | | | 14.9.2009 | ma 14.9 | | | 14.9.2009 | to 17.9 | | | 17.9.2009 |
| 31 | 1111AA124 | 2.11.2009 | ma 21.9 | | | 21.9.2009 | ma 21.9 | | | 21.9.2009 | to 24.9 | | | 24.9.2009 |
| 32 | 1111AA125 | 12.11.2009 | to 1.10 | | | 1.10.2009 | to 1.10 | | | 1.10.2009 | ti 6.10 | | | 6.10.2009 |
| 33 | 1111AA126 | 25.12.2009 | to 12.11 | | | 12.11.2009 | to 12.11 | | | 12.11.2009 | ti 17.11 | | | 17.11.2009 |

Aiemmin määritetyt sovelluksen perustiedot linkitettiin avoimien töiden välilehdelle kuvan 45 osoittamalla tavalla. Perustietojen avulla siis mahdollistettiin työnvaiheketjujen sisältämien yksittäisten työnvaiheiden ajoitus ja samalla myös kuormituksen sijoittuminen mahdollisimman totuudenmukaiselle ajankohdalle.

| Tuote A | | | | | Kuormitusryhmä 1 | | | | | Kuormitusryhmä 2 | | | | |
|----------------|-----------------------------------|-----|------|------|------------------|--------------------|------|------|------|------------------|------|------|------|------|
| Lähteyspuskuri | | | | | 8 h | | | | | 8 h | | | | |
| Kirjitys | | | | | 8 h | | | | | 8 h | | | | |
| ke | otakke | ero | erov | erov | erov | erov | erov | erov | erov | erov | erov | erov | erov | erov |
| 270 | A-pääosan keskus saapunut | 3 | 250 | 30 | -5 | TJ | ma | ke | | | | | | |
| 260 | A-pääosan setti valmis | 3 | 250 | 30 | -5 | TJ | ma | ke | | | | | | |
| 250 | A-pääosan aloitus | 6 | 250 | 27 | -5 | TJ | ma | ke | | | | | | |
| 240 | A-pääosa valmis | 20 | 250 | 21 | -4 | TJ | ma | ke | | | | | | |
| 230 | Alaosa kokoonpantu | 5 | 220 | 24 | -4 | TJ | ma | ke | | | | | | |
| 220 | Alaosa asennettu A-pääosaan | 3 | 70 | 18 | -4 | TJ | ma | ke | | | | | | |
| 210 | B-pääosan runko uk tuotetehtaalla | 7 | 180 | 57 | -7 | Ulk tuotetehtähdas | ma | ke | | | | | | |
| 190 | Nidonta valmis | 10 | 180 | 50 | -7 | Ulk tuotetehtähdas | ma | ke | | | | | | |
| 180 | Litosa valmis | 3 | 170 | 40 | -6 | Ulk tuotetehtähdas | ma | ke | | | | | | |
| 170 | B-pääosa Helsingissä | 1 | 160 | 37 | -5 | Ulk tuotetehtähdas | ma | ke | | | | | | |
| 160 | Tarkastus | 1 | 150 | 36 | -5 | TJ | ma | ke | | | | | | |
| 150 | Nidontaväliset asennettu | 2 | 140 | 35 | -5 | TJ | ma | ke | | | | | | |
| 140 | Nidonta aloitus | 3 | 130 | 33 | -5 | TJ | ma | ke | | | | | | |
| 130 | Nidonta lopetus | 2 | 120 | 30 | -5 | TJ | ma | ke | | | | | | |
| 120 | Nidontaväliset purku ja mittaus | 2 | 110 | 28 | -5 | TJ | ma | ke | | | | | | |
| 110 | B-pääosa Suomen tuotetehtaalla | 7 | 80 | 26 | -5 | TJ | ma | ke | | | | | | |
| 100 | Tekstari: Suomen tuotetehtaalla | 5 | 80 | 24 | -4 | TJ | ma | ke | | | | | | |
| 90 | Kokoonpanosetti valmis | 5 | 80 | 24 | -4 | TJ | ma | ke | | | | | | |
| 80 | Kokoonpanon aloitus | 4 | 70 | 19 | -4 | TJ | ma | ke | | | | | | |
| 70 | Ruottinmestot staattorin | 3 | 60 | 15 | -4 | TJ | ma | ke | | | | | | |
| 60 | KP valmis | 2 | 60 | 12 | -3 | TJ | ma | ke | | | | | | |
| 50 | Koerastus | 3 | 40 | 10 | -3 | TJ | ma | ke | | | | | | |
| 40 | Maalaus valmis | 2 | 30 | 7 | -3 | TJ | ma | ke | | | | | | |
| 30 | Pakkauus valmis | 1 | 20 | 5 | -3 | TJ | ma | ke | | | | | | |
| 20 | Lähtyväminä | 10 | 10 | 4 | -3 | TJ | ma | ke | | | | | | |
| 10 | Lähtyvä | | | | | | | | | | | | | |

Kuva 45. Perustietojen automaattinen kohdistus avoimien töiden välilehdille

Jokaiselle seurattavalle vaiheelle luotiin neljä saraketta. Sarakkeet sisältävät seuraavia tietoja lukien vasemmalta oikealle:

- perustietojen perusteella ajoitettu päivämäärä
- ennustettu tai toteutunut päivämäärä, jossa taustaväri riippuu sisällöstä:
 - vihreä = päivämäärä on toteutunut
 - harmaa = päivämäärä on työnjohdon ennustama
 - lila = päivämäärä on tuotannosuunnittelun ennustama
- pelivaraa ja myöhästymistä kuvaava sarake, jossa taustaväri riippuu sisällöstä:
 - vihreä = vaiheen ennustettu tai toteutunut päivämäärä on ennen ajoitettua päivämäärää eli väri kertoo pelivaran
 - keltainen = vaiheen ennustettu tai toteutunut päivämäärä on myöhässä alle hälytysrajan osoittaman arvon
 - punainen = vaiheen ennustettu tai toteutunut päivämäärä on myöhässä enemmän kuin hälytysrajan arvo
- vaiheiden uudelleen ajoitettu päivämäärä, jonka sovellus laskee jo toteutuneiden vaiheiden perusteella. Uudelleen ajoitettujen päivämäärien perusteella sovellus laskee tilauksen todennäköisen myöhästymän heti kun työnvaihe myöhästyy

Ainoastaan ennustetun tai toteutuneen päivämäärän sisältämä sarake täytetään manuaalisesti. Muut sarakkeiden arvot sovellus laskee automaattisesti. Sovellus suorittaa työnvaiheiden ajoituslaskennan, kun avoimien töiden välilehdelle on syötetty työnnumero ja työnumeron toimituspäivämäärä.

Kuten on jo mainittu, toimitetaan toinen generaattorin pääkomponenteista ulkomaiselta tuotetehtaalta. Tämän vuoksi ulkomaisen tuotetehtaan B-pääosan valmistus haluttiin liittää mukaan rakenteilla olevaan sovellukseen. On ymmärrettävä, että ulkomaisen tuotetehtaan myöhästymä vaikuttaa generaattorin toimitusaikaan. Tämän vuoksi ulkomaiselle tuotetehtaalle tuli rakentaa oma raportointisovelluksensa (taulukko 12). Ulkomaiselta tuotetehtaalta ei kyetä kirjaamaan tietoja suoraan rakenteilla olevaan sovellukseen, sillä tekniikka rajoittaa tämän.

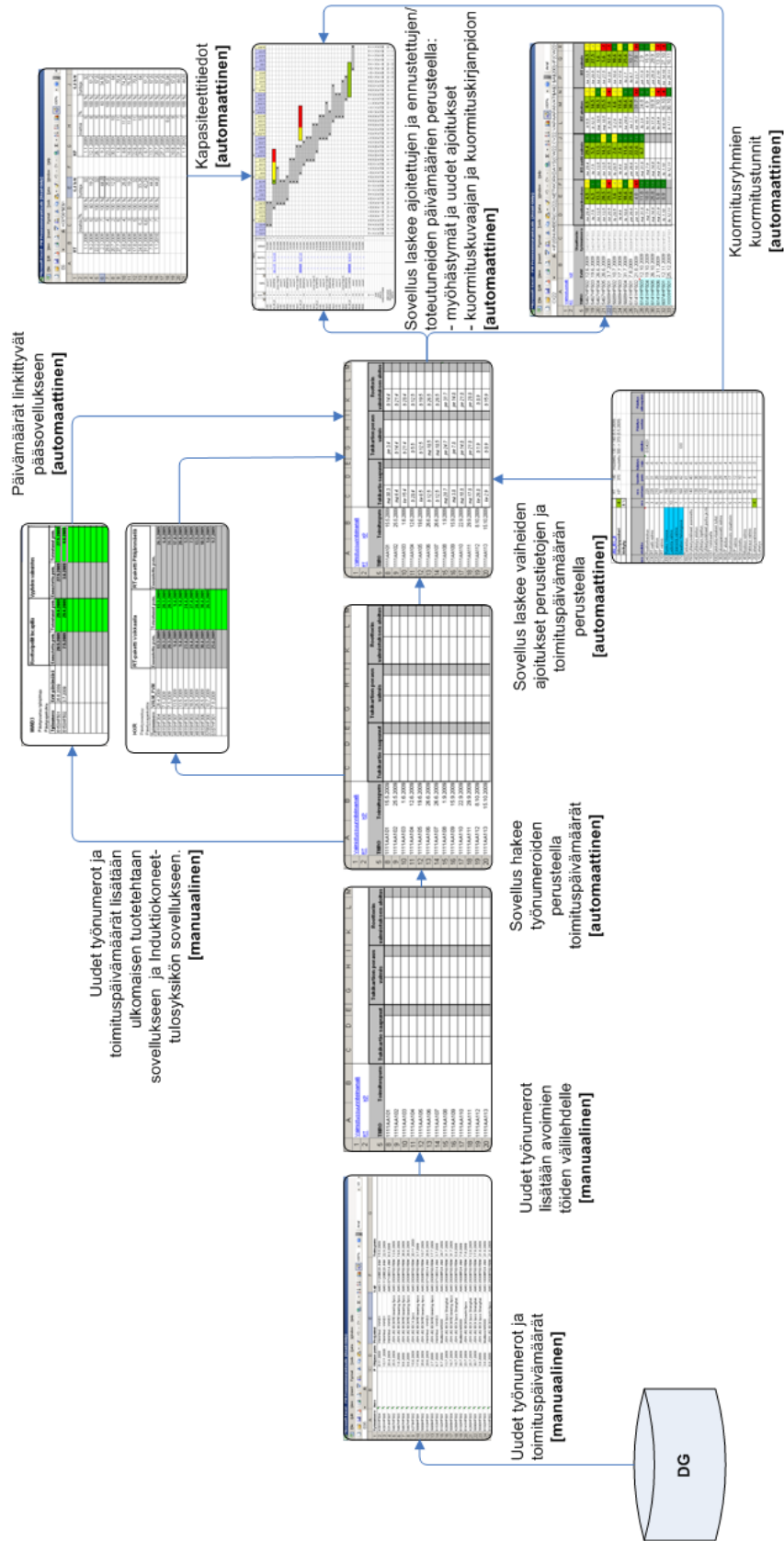
perusteella laskettu valmistuksen kesto ja värillisillä janoilla todellinen valmistuksen ajoitus ja kesto. Kuvaaja on siis dynaaminen. Näkymän avulla on helppo havaita samaan ajankohtaan sijoittuvat valmistustarpeet. Tämä helpottaa hienosuunnittelua, koska valmistuksen rajallisten resurssien ylittyminen kyetään havaitsemaan kuvaajasta. Esimerkiksi kuvaaja kertoo sen, tuleeko asennuslaitteet riittämään tietylle ajankohdalle vai pitääkö joidenkin työnumeroiden työnvaiheita siirtää taaksepäin. Lisäksi janakaavio näyttää työnvaiheen myöhästymän työpäivinä. Janakaaviossa käytetyt värit tarkoittavat seuraavaa:

- harmaa = sovelluksen ajoittama alkamis- ja valmistumisajankohta
- värillinen = ennustettu tai toteutunut alkamis- ja valmistumisajankohta
 - vihreä = alkamis- tai valmistumisajankohta on ajoitetun päivämäärän sisällä tai sitä ennen
 - keltainen = alkamis- tai valmistumisajankohta on myöhässä vähemmän kuin hälytysraja
 - punainen = alkamis- tai valmistumisajankohta on myöhässä enemmän kuin hälytysraja

Lisäksi sovellus pitää yllä numeerista kuormituskirjanpitoa, joka on laskettu taaksepäin ajoituksen periaatteella alkaen toimituspäivämäärästä. Kuormituskirjanpito laskee päiväkohtaisen kapasiteetin ja kuormituksen erotuksen tunteina ja henkilöstömääränä. Vähentämällä tarvittua henkilöstömäärästä käytössä oleva henkilöstömäärä, saadaan tieto ajankohdalla puuttuvasta henkilöstömäärästä. Kuormituskirjanpito ilmoittaa lisäksi kumulatiivisen kapasiteetin ja kuormituksen erotuksen.

6.5 Sovelluksen toimintaperiaate

Kuvassa 46 on esitetty taulukon toimintaperiaate. Kuvassa on eritelty manuaalisesti ja automaattisesti tapahtuvat vaiheet.



Kuva 46. Uuden sovelluksen toimintaperiaate

6.6 Sovelluksen hyödyt

Uudesta sovelluksesta on paljon hyötyä tuotannonohjaukselle. Koska tilauskannassa olevien tilausten lukumäärä on suuri, vaatisi pelkkä työnvaiheiden ajoitus manuaalisesti kohtuuttomasti resursseja. Tämän lisäksi kuormituksen laskennan avulla kyetään toteamaan, onko ajoitetulle työlle olemassa kapasiteettia kyseisenä ajankohtana. Erityisen tärkeä ominaisuus on kriittisten työvälineiden huomioiminen, mikä tekee sovelluksen avulla tehdyistä suunnitelmista aiempaa todenmukaisempia. Kun on olemassa mahdollisimman todenmukainen suunnitelma, ei tarvitse ryntäillä ja voidaan toimia olemassa olevalla peruskapasiteetilla. Rakennetulla sovelluksella nähdään muun muassa helposti:

- avoimet työt ja niiden tilanne (visuaalisuus)
- valmistuneet työt
- valmistusyhteenveto (data jää talteen, sillä valmistuneet työt piilotetaan)
- kriittiset ja myöhässä olevat työt
- kuormitusraportti (lyhyen tähtäimen kuormitustilanteet)
- työjärjestysluettelo
- suunniteltu työnvaiheketju

Konkreettisia hyötyjä ovat olleet:

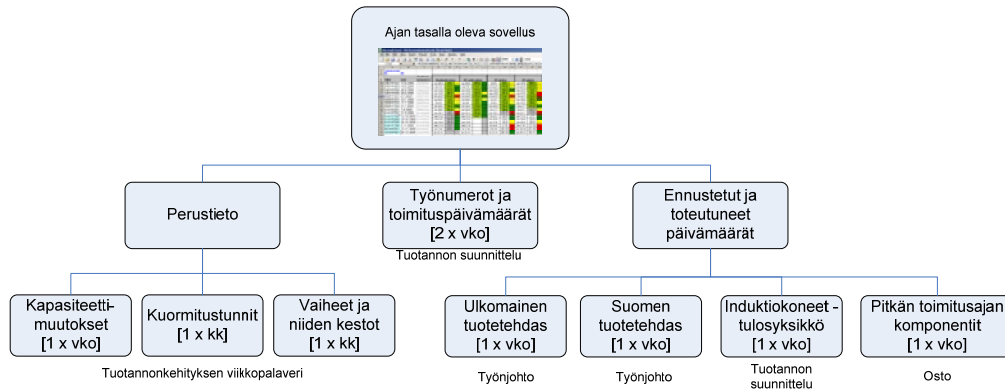
- toimitusvarmuuden paraneminen
- keskeneräisen tuotannon pientyminen
- kapasiteetin ja kuormituksen aiempaa parempi kohtaaminen
- yleisen ennakkoinnin helpottuminen
- ylimääräinen toimisto- ja tuotantotyön vähentyminen
- erilaisen vaihtoehtojen simulointi ja tallennus
- tuotannon nopea ajoittaminen

Sovellus siis minimoi toiminnasta aiheutuneet kustannukset. Vaikka sovellusta joudutaankin osittain pitämään yllä manuaalisesti, ovat siitä saatavat hyödyt ylläpidosta aiheutuvaa työtä moninkertaisesti suuremmat. Ylläpitoa pienentää se, että sovelluksessa käytetään pitkälti samoja tietoja kuin DG:kin. Sovellusta käyttää pääasiassa Suomen

tuotetehtaan tuotantopäällikkö, kehityspäällikkö ja työnjohtajat. Sovelluksen ollaan oltu tyytyväisiä ja se onkin otettu käyttöön osaksi hienosuunnittelua ja valmistuksenohjausta.

6.7 Sovelluksen ylläpito ja päivitys

Sovelluksen toiminta perustuu ajan tasalla olevan tiedon hyväksikäyttöön. Sovelluksen hyväksikäyttö edellyttää systemaattista tuotantotapahtumien raportointia, jotta sovelluksessa olevat tiedot vastaisivat todellisuutta. Sovelluksen päivitykseen on siis kiinnitettävä huomiota. Erityisesti päivitykseen on kiinnitettävä huomiota käyttöönoton alkuvaiheessa, jolloin päivitysrutiinit eivät ole vielä muodostuneet. Mikäli sovelluksen tietoja ei päivitetä, ei sovelluksesta ole hyötyä. Vanhentunut tieto puolestaan johtaa virheellisiin laskelmiin ja käyttöinnon vähenemiseen käyttäjien keskuudessa. Tämän vuoksi sovellukselle määriteltiin päivitettävä data, sen päivitystiheys sekä päivityksestä vastaava taho. Kuvassa 47 on esitetty nämä tiedot sovelluksen osalta.



Kuva 47. Sovelluksessa tarvittava data, sen päivitystiheys sekä päivityksestä vastaava taho

Periaatteessa sovelluksen ylläpito on yksinkertaista. Perustietoa tarkastellaan tuotannonkehityksen viikkopalaverissa ja päivämääriä syötetään Suomen tuotetehtaan tuotannon viikkopalaverissa. Tuotannon suunnittelu puolestaan lisää uudet työnumerot ja toimituspäivämäärät sovellukseen kaksi kertaa viikossa. Toimenpide vie noin 10 minuuttia.

7 UUDEN ERP-JÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN

7.1 Tarve osallistua uuden ERP-järjestelmän kehittämiseen

ABB Oy Sähkökoneissa korvataan kevään 2010 aikana DG kaupallisella ERP-järjestelmällä. Hanke kuuluu osaksi ABB:n globaalia tietojärjestelmähanketta, jossa yhtenäistetään globaaleja toimintatapoja ja hajanaisia tietojärjestelmiä. Uusi järjestelmä otetaan Sähkökoneissa neljän tulosyksikön yhteiseen käyttöön.

Koska tulosyksiköiden tuotantomuodot ja toimintatavat poikkeavat toisistaan (taulukko 15), nähtiin Tuulivoimageneraattorit-tulosyksikössä tarpeelliseksi osallistua uuden ERP-järjestelmän vaatimusmäärittelyyn tuotannonohjauksen kuin myös muidenkin moduulien osalta. Näin varmistettaisiin se, että uusi ERP-järjestelmä vastaisi Tuulivoimageneraattorit-tulosyksikön tarpeita. Lisäksi samalla kyettäisiin selvittämään, mitä uusia mahdollisuuksia uusi ERP-järjestelmä tarjoaa.

Taulukko 15. Sähkökoneiden tulosyksiköiden tuotantomuotojen vertailua

| Tuulivoimageneraattorit: | Induktiokoneet ja Tahtikoneet: | Global Service: |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Asiakasohjautuva MTO Piensarjatuotanto Vakiotuotanto Tuotanto perustuu raamisopimuksiin | Asiakasohjautuva ETO Projektituotanto Asiakastuotanto | Palveluliiketoimintaa Ei omaa valmistusta |

7.2 Tuotantosuunnitelman integrointi ERP-järjestelmään

Tuulivoimageneraattorit-tulosyksikön globaalien tuotannon suunnittelu pohjautuu avainasiakkaiden kanssa laadittuihin raamisopimuksiin, joiden perusteella avainasiakkaille varataan tuotantokapasiteettia yli vuoden pituiselle aikajänteelle. Toisaalta avainasiakas sitoutuu ostamaan tuotteita raamisopimuksessa ilmoitetun määrän joustovaran rajoissa. Varsinainen tuotanto siis perustuu saatuihin tilauksiin, mutta tilaukset perustuvat laadittuihin raamisopimuksiin. Raamisopimusten pohjalta laaditaan myyntiennuste, jonka pohjalta globaalia kapasiteettia ohjaava tilaus-toimitusprosessin omistaja laatii tuotantosuunnitelman. Tuotantosuunnitelmassa määritetään kunkin tuotetehtaan eri tuotteiden toimitusmäärät viikkotasolla. Tämä prosessi esitettiin jo kappaleen 1.2 kuvassa 2.

Nykyisellään tuotantosuunnitelma on laadittu taulukkolaskentaohjelman avulla. Tuotantosuunnitelma olisi kuitenkin hyvä saada myös ERP-järjestelmään. Taulukossa 16 on esitetty suunnitelma, miten tuotantosuunnitelma rakennettaisiin ERP-järjestelmään.

Taulukko 16. Tuotantosuunnitelma uudessa ERP-järjestelmässä

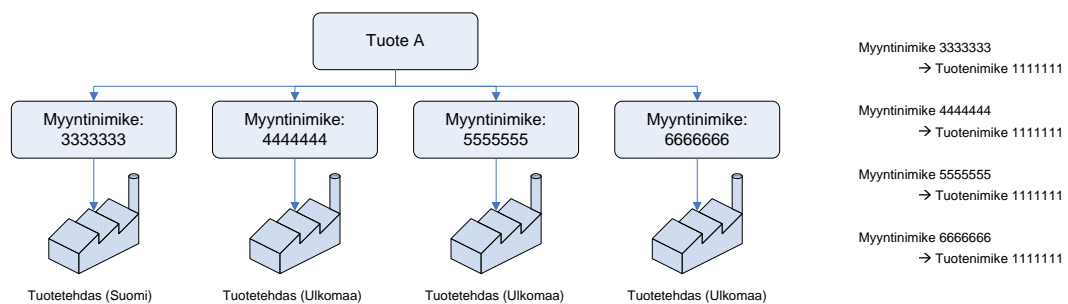
| Tuotetehdas 1 | Viikot | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| Tuote A | Vapaana | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| | Myyty | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| Tuote B | Vapaana | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| | Myyty | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Tuotetehdas 2 | | | | | | | | | | | |
| Tuote A | Vapaana | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Myyty | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Tuote B | Vapaana | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| | Myyty | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |

Tuotantosuunnitelma näyttäisi siis tuotteiden vapaana olevat toimitusviikot kappalemäärineen. Myyjät voisivat katsoa tällöin suoraan ERP-järjestelmästä tuotteiden vapaita toimitusviikkoja ja myydä tuotteita tätä tietoa vasten. Kun saataisiin tilaus, vapaana olevat kappalemäärät vähenisivät ja vastaavasti myytyjen kappaleiden määrä kasvaisi myydyllä määrällä. Näin voitaisiin siis myöhemmin tarkastella sitä, kuinka suunnitelmat ovat toteutuneet. Tällaista automatiikkaa ei ole ollut taulukkolaskentapohjaisessa tuotantosuunnitelmassa. Lisäksi myyjät ovat aiemmin varmistaneet globaalin tilaus-toimitusprosessin omistajalta toimitusviikot. On selvää, että verkkoasemalla oleva itse laadittu tuotantosuunnitelma ei ole yhtä uskottava kuin ERP-järjestelmään integroitu tuotantosuunnitelma. Eikä se sitä olekaan. Esimerkiksi voi tapahtua niin, että minimitoimitusviikkoja kuvaavaa visuaalista toiminnallisuutta ei ole kyetty päivittämään. Tällöin myyjät saavat tuotantosuunnitelmasta vääränlaista informaatiota. ERP-järjestelmässä ei sitä vastoin olisi vastaavaa ongelmaa, sillä tällainenkin pieni, mutta tärkeä asia tapahtuisi automaattisesti.

Tuotantosuunnitelman integrointiin ERP-järjestelmään liittyy kuitenkin vielä avoimia kysymyksiä kuten, kuinka minimitoimitusaika määritellään järjestelmään. Vielä ei tunneta sitä, miten paljon älyä toiminnallisuuteen rakennettaisiin.

Mikäli uuteen ERP-järjestelmään rakennetaan edellisessä kappaleessa kuvattu tuotantosuunnitelma, tulee eri tuotetehtailla valmistettaville tuotteille antaa ylimääräinen myyntinimike. Myyntinimike yksilöisi tuotteen tietylle tuotetehtaalle.

Tuotantosuunnitelmassa myyntinimike mahdollistaa tilauksen kohdistamisen oikean tuotetehtaan kohdalle (katso taulukko 16). Myyntinimikkeet mahdollistavat myös kaikenlaisen muun tuotetehdaskohtaisen suunnittelun ja raportoinnin. Esimerkiksi kustannuslaskennan toiminnot helpottuvat, kun tuotetehtaita voidaan tarkastella helposti erikseen. Jokaiselle tuoterakenteelle perustettaisiin siis myytävä nimike, joka kertoo millä tuotetehtaalla nimike valmistetaan. Tämä mahdollistaisi suunnitelman teon siten, että eri tuotetehtailla valmistettavat tuotteet kyetään erittelemään. Kuva 48 selventää myyntinimikkeiden käyttöä.



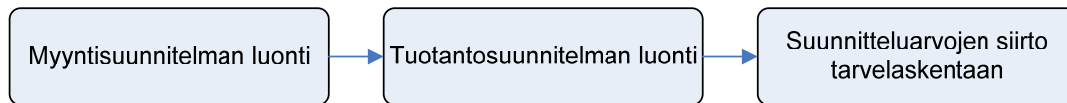
Kuva 48. Myyntinimikkeiden periaate

Myyntinimikkeen käyttö mahdollistaa myös sen, että täysin samasta tuotteesta ei tarvitse perustaa useampaa nimikettä. Tämä helpottaa suuresti nimikkeen rakenteen ja osaluettelon päivitystä. Sen sijaan, että päivitettäisiin neljä rakennetta ja osaluetteloa, voidaan myyntinimikkeiden ansiosta päivittää vain yksi rakenne ja osaluettelo. Tämä helpottaa tuotetiedonhallintaa.

7.3 Myynnin ja tuotannon suunnittelu -toiminnallisuus

Edellisessä kappaleessa kuvatun tuotantosuunnitelman voisi toteuttaa mahdollisesti myös uuden ERP-järjestelmän myynnin ja tuotannon suunnittelu (Sales and Operations Planning, SOP) –toiminnallisuudella. SOP on toiminnallisuus, jonka avulla määritetään valmistettavat tuotteet keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä. Tarkastelussa voivat olla tuotteiden lisäksi tuoteperheet. Suunnitelmat pohjautuvat yrityksen tuloksen suunnitteluun. SOP:ssa laaditaan tulossuunnitelman pohjalta myyntisuunnitelma. Myyntisuunnitelma voidaan laatia joko laatijan kokemukseen pohjautuen tai historiadatan avulla. Myyntisuunnitelman jälkeen laaditaan tuotantosuunnitelma, jossa huomioidaan kapasiteetti

karkealla tasolla. Kuvassa 49 on esitetty SOP-prosessin kulku. (Dickersbach et al. 2008, s. 139–144)



Kuva 49. SOP –prosessin kulku (Anon. 2007)

Käytännössä SOP on suunnitteluikkuna, johon syötetään suunnittelu arvoja (kuva 50). Suunnitteluikkunan tiedot ovat helposti muokattavissa. Esimerkiksi tarkasteltavaa aikajaksoa pystytään muuttamaan kuten myös tarkastelutarkkuutta. Täten SOP voi näyttää suunnitelmat esimerkiksi viikon tai kuukauden tarkkuudella. Myös historiatiedon näyttäminen on mahdollista. SOP myös mahdollistaa suunnitteluversioiden tallentamisen. Lisäksi suunnitteluikkunaan aiemmin syötettyjä arvoja voidaan muuttaa jälkikäteen. Tärkeä ominaisuus SOP:ssa on myös sen kyky näyttää kuormitusaste (kuva 50). (Dickersbach et al. 2008, s. 159–177)

| Planning table | Un | M 07.2006 | M 08.2006 | M 09.2006 | M 10.2006 | M 11.2006 | M 12.2006 | M 01.2007 | M 02.2007 |
|---------------------|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Sales | PC | 600 | 750 | 850 | 1200 | 1400 | 1800 | 1800 | 1200 |
| Production | PC | 50 | 600 | 900 | 1200 | 1400 | 2300 | 1800 | 1000 |
| Stock level | PC | 200 | 50 | 100 | 100 | 100 | 600 | 600 | 400 |
| Target stock level | PC | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| Days' supply | *** | 7 | 1 | 2 | 1 | 1 | 6 | 7 | 6 |
| Target days' supply | *** | | | | | | | | |

| Resource load | Un | M 07.2006 | M 08.2006 | M 09.2006 | M 10.2006 | M 11.2006 | M 12.2006 | M 01.2007 | M 02.2007 |
|--------------------|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| KLMNTG01 XX01 002 | *** | | | | | | | | |
| Available capacity | H | 32 | 736 | 672 | 672 | 672 | 608 | 704 | 640 |
| Capacity reqmts | H | 13 | 150 | 225 | 300 | 350 | 575 | 450 | 250 |
| Capacity load | % | 39 | 20 | 33 | 44 | 52 | 94 | 63 | 39 |
| KLMNTG02 XX01 002 | *** | | | | | | | | |
| Available capacity | H | 48 | 1104 | 1008 | 1008 | 1008 | 912 | 1056 | 960 |
| Capacity reqmts | H | 25 | 300 | 450 | 500 | 700 | 1150 | 900 | 500 |
| Capacity load | % | 52 | 27 | 44 | 59 | 69 | 126 | 85 | 52 |

Kuva 50. Uuden ERP-järjestelmän SOP-ikkuna, jossa on nähtävissä tuotantos suunnitelma (Dickersbach et al. 2008, s.183)

SOP on vielä tarkastelun alla uuden ERP-järjestelmän käyttöönottoprojektissa, eikä sen soveltumisesta Tuulivoimageneraattorit -tulosyksikön tuotantoon ole tarkkaa tietoa. Mikäli SOP toimii esitetyllä tavalla, olisi se parempi vaihtoehto kuin kappaleen räätälöity tuotantos suunnitelma, koska SOP:n avulla toimintaa voitaisiin suunnitella tarkemmin. Esimerkiksi MRP II-laskennan pohjalta saataisiin tieto tulevaisuuden materiaali- ja

kapasiteettitarpeista. Tätä tietoa voitaisiin käyttää budjettien pohjana ja toisaalta tietoa voitaisiin jakaa alihankkijoille ja toimittajille.

7.4 Uudet roolit tuotannonohjauksen näkökulmasta

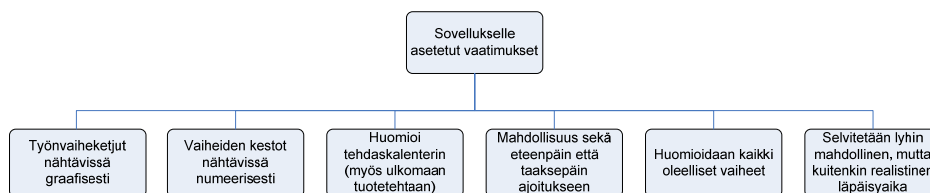
Uuden ERP-järjestelmän myötä Tuulivoimageneraattorit-tulosyksikköön syntyy uusia rooleja vastaamaan tuotannon perustiedon ylläpidosta ja tuotannonohjauksesta. Tällaisia rooleja on kolme: MRP controller, capacity planner ja production scheduler. Nämä roolit voivat olla eri henkilöillä tai vaihtoehtoisesti kaikki roolit voivat olla yhdellä henkilöllä. (Dickersbach et al. 2008, s. 85)

MRP controller vastaa hankinta-aloitteiden luomisesta ja varastotasojen valvonnasta. Capacity planner vastaa valmistuksen ajoituksesta. Tehtävänä on varmistaa, että suunnitelmat ovat kapasiteetin osalta toteutettavissa, tuotantokustannukset pysyvät pieninä ja toimitusvarmuus säilyy hyvänä. Production scheduler vastaa capacity planner:iä yleisemmällä tasolla tuotannon sujuvuudesta. Production scheduler vastaa esimerkiksi varausten teosta tuotantoon. (Dickersbach et al. 2008, s. 85–87)

8 TILAUSTEN LÄPÄISYAIKOJEN MÄÄRITTÄMINEN

8.1 Tarve ja vaatimukset läpäisyajojen määrittelylle

Tuulivoimageneraattorit-tulosityksikön myynnille on luotu tuotantosuunnitelmaan yksinkertainen visuaalinen ominaisuus, joka antaa myynnille informaation siitä, mille viikolle koneita voi myydä. Toisinaan tulee eteen tilanteita, joissa asiakas pyytää lyhyempää toimitusaikaa kuin tuotantosuunnitelmassa on määritelty. Tällaiset kyselyt käsitellään aina tapauskohtaisesti tuotannon johdon kanssa, jotta pystyttäisiin vastaamaan toimitusaikavaatimukseen ilman muun tuotannon häiriintymistä. Tarkkoja tilausten läpäisyajoja ei kuitenkaan ole ollut tiedossa, joten päätös on tapahtunut kokemukseen perustuen. Tämän vuoksi eri tuotteiden tilausten läpäisyajat päätettiin selvittää. Tällöin asiakkaalle voitaisiin ilmoittaa lyhin mahdollinen ja realistinen toimitusaika. Tarkasteluun otettiin aluksi vain Suomen tuotetehtas, mutta myöhemmin tarkastelua voi laajentaa myös käsittämään muut tuotetehtaat. Koska läpäisyajoissa tapahtuu ajan myötä muutoksia, päätettiin tätä tarkoitusta varten rakentaa oma sovellus. Vaatimusten määrittelyn avulla saatiin selville, millä tavoin sovellus kannattaisi toteuttaa (kuva 51).



Kuva 51. Sovellukselle asetetut vaatimukset

Tässä yhteydessä on syytä huomioida, että tuotantosarjan koko vaikuttaa huomattavasti läpäisy aikaan. Monesti asiakas tilaa kerralla useamman tuotteen, jolloin läpäisyajat kasvavat. Lisäksi eri tuotteille määritetyt toimitusajat pätevät, kun tehtaalla on riittävästi kapasiteettia. Jos kapasiteetti ei riitä, luonnollisesti toimitusaika kasvaa.

8.2 Sovelluksen rakentaminen

Sovellus päätettiin toteuttaa projektinhallinta -ohjelmalla, koska sen sisältämät valmiit toiminnallisuudet soveltuivat hyvin sovellukselle asetettujen vaatimusten kanssa. Toinen

harkittu vaihtoehto oli toteutus taulukkolaskentaohjelmalla. Tästä vaihtoehto luovuttiin, sillä se olisi vaatinut ohjelmointia muun muassa grafiikan näyttämiseen.

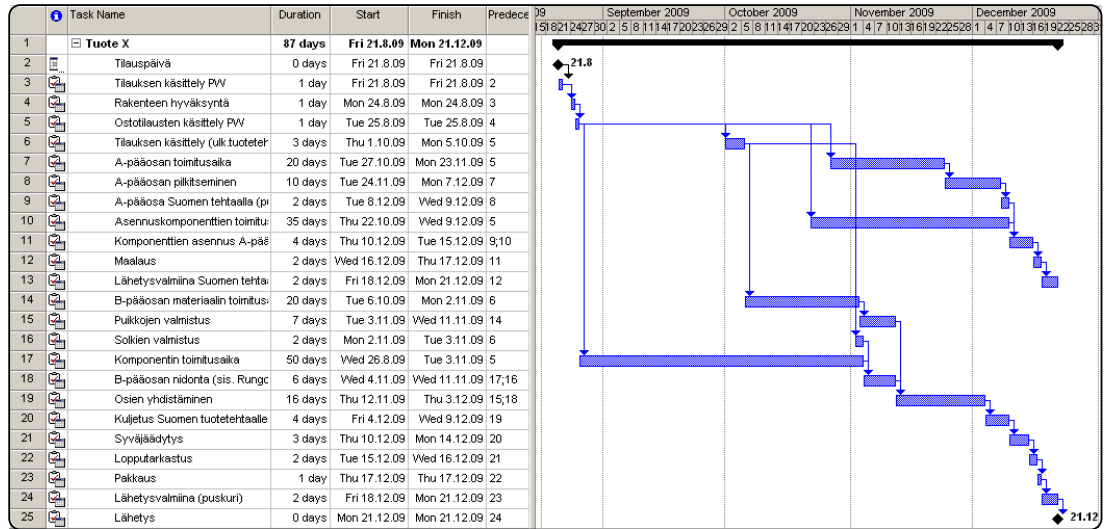
Seuraavana vaiheena määritettiin vaiheet, joita sovellukseen haluttiin mallintaa. Vaiheita otettiin mukaan kullekin tuotteelle 20–30 kappaletta, sillä mallista haluttiin tehdä mahdollisimman havainnollinen ja siten myös todenmukainen.

Vaiheiden valinnan jälkeen selvitettiin eri vaiheiden kestot ja liittynät. Materiaalihankintojen toimitusajat kerättiin tulosityksikön ostajilta. Materiaaleista valittiin mukaan pitkäntoimitusajankomponentit. Ulkomaisella tuotetehtaalla tehtävien työvaiheiden kestot pyydettiin ulkomaisen tuotetehtaan tuotantopäälliköltä. Suomen tuotetehtaan työvaiheiden kestot saatiin aiemmin rakennetun sovelluksen perustiedoista.

Jotta läpäisyajoista saataisiin todenmukaiset, lisättiin sovellukseen vielä tehdaskalenterit. Projektinhallinta -ohjelman standardikalenteriin syötettiin tämän vuoksi vapaapäivät sekä Suomen että ulkomaisen tuotetehtaan osalta. Jälleen Suomen tuotetehtaan vapaapäivät kerättiin aiemmin luodusta sovelluksesta ja ulkomaisen tuotetehtaan vapaapäivät pyydettiin tuotantopäälliköltä. Vapaapäivien selvittämisen jälkeen määritettiin kukin vaiheen käyttämä kalenteri.

8.3 Valmiin sovelluksen esittely ja hyödyt

Kuvassa 52 on esitetty näkymä valmiista tilauksen läpäisyajasta. Näkymän oikeassa reunassa on graafinen kuvaaja läpäisyajan muodostumisesta ja vasemmalla vaiheet, vaiheiden liittynät, vaiheiden kestot, vaiheen käyttämä kalenteri sekä aloitus- ja lopetuspäivämäärät. Gantt-kaavion ansiosta läpäisyajojen tarkastelu on selkeää ja helppoa, koska jokaisella vaiheella on oma rivinsä.



Kuva 52. Tuotteen X läpäisyajan muodostuminen

Sovelluksessa käytetään taaksepäin ajoitusta, koska se kuvaa parhaiten todellista toimintatapaa. Sitä voidaan kuitenkin haluttaessa soveltaa myös eteenpäin ajoitukseen. Sovellusta voidaan hyödyntää uusien tuotteiden suunnittelussa, jolloin olemassa olevien tuotteiden läpäisyajoja tarkastelemalla voidaan vaikuttaa uuden tuotteen läpäisy aikaan jo sen suunnitteluvaiheessa. Lisäksi tuntemalla nykyisten tuotteiden läpäisyajojen kriittiset polut, osataan huomioida suunnata kriittistä polkua lyhentäviin vaiheisiin. Rakennetun sovelluksen avulla voidaan määrittää muun muassa:

- tilattujen tuotteiden valmistuksen aloitusajankohta
- osavalmistuksen ja loppukokoonpanon kesto ja aloitushetki
- komponenttien tarveajankohta
- tuotteiden toimitusajankohta (eteenpäin ajoituksessa)
- tilauksen läpäisyajan kriittinen polku
- työn ja materiaalin sitoutumisajankohta tuotteeseen

Sovelluksen graafisuus luo myös tiettyjä etuja tilauksen läpäisyajan lyhentämisen näkökulmasta. Esimerkiksi kuvan 52 läpäisykuvaajasta voidaan nopeasti tehdä johtopäätös, että tuotantoprosessia voidaan nopeuttaa esimerkiksi limittämällä työvaiheita tai varastoimalla pitkän toimitusajan komponentteja. Tietysti tilauksen läpäisyajan lyhentämisessä voidaan soveltaa myös tuotantoprosessin nopeuttamista muilla keinoin tai hätätapauksissa ylitoilla ja muilla vastaavilla järjestelyillä

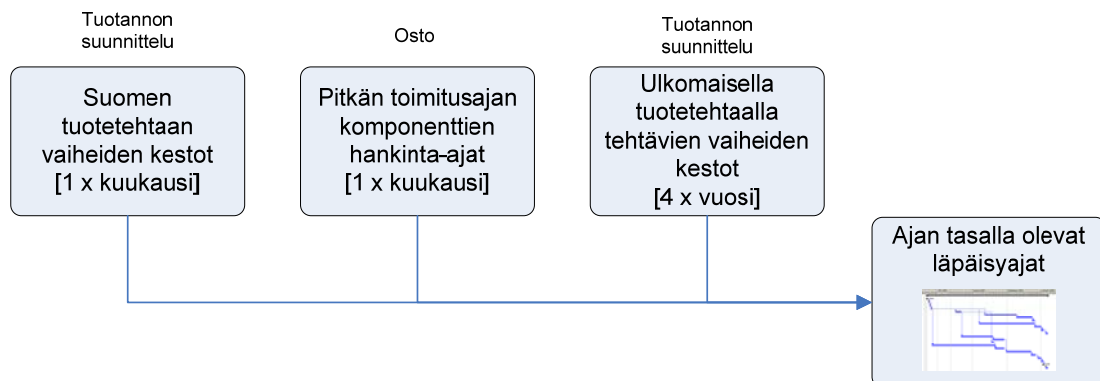
8.4 Sovelluksen tietojen päivitys

Läpäisyajoissa tapahtuu aikojen saatossa muutoksia. Tällaisia muutoksia voivat olla esimerkiksi:

- vaiheen suoritus siirtyy muualle
- vaiheiden suoritusjärjestys muuttuu
- vaiheen kesto muuttuu
- vaiheiden määrä pienenee tai kasvaa
- pitkän toimitusajan komponenttien hankinta-ajoissa tapahtuu muutoksia
- vaiheet yhdistyvät

Edellä mainitun vuoksi läpäisyajoja on päivitettävä. Mikäli läpäisyajat eivät ole ajan tasalla, sovellus on hyödytön. Siihen ei voida luottaa, jolloin sitä ei myöskään käytetä.

Kuvassa 53 on esitetty läpäisyajojen päivitysrutiinit.



Kuva 53. Läpäisyaja -sovelluksen päivitysrutiinit. Laatikoissa on päivitystiheys ja niiden yllä päivityksestä vastaava taho.

9 KAPASITEETIN SUUNNITTELUN KEHITTÄMINEN

9.1 Tarve kehittää kapasiteetin suunnittelua

Tuulivoimageraattorit-tulosyksikössä on laadittu tuotantosuunnitelmia lähinnä käytännön kokemukseen perustuen sekä ulkomaisille tuotetehtaille osoitettujen kyselyiden avulla. Tuotantosuunnitelma pitäisi kuitenkin pystyä tekemään muulla tavoin kuin pelkästään kokemukseen perustuen. Esimerkiksi tuotantosuunnitelmia tehdessä ei ole aina ollut täyttä varmuutta siitä, riittääkö kapasiteetti tuotantosuunnitelman toteutukseen. Tätä tarkoitusta palvelevaa informaatiota on ollut ERP-järjestelmässä, mutta puutteena on ollut informaation hyödylliseen muotoon jalostava sovellus.

Koska tulosyksikön tuotantovolyymit tulevat kasvamaan tulevaisuudessa, on tarvetta kapasiteetin suunnittelua tukevalle sovellukselle. Kuorman kasvua tulee kyetä hallitsemaan jollain tavoin. Tuotannonohjauksen näkökulmasta tämä tarkoittaa kykyä ennakoida tulevaisuuden kapasiteetin tarpeita, jotta puutteelliset kapasiteettiaukot kyetään täyttämään ajoissa. Selvää on, ettei uusia resursseja voida hankkia hetkessä. Tuotantosuunnitelmaa tehdessä tulee siis nähdä tuotantosuunnitelman aiheuttama kuormitus, jotta kapasiteettia voidaan suunnitella ja ohjata etukäteen. Myyjät ja tuotetehtaat perustavat toimintansa nimittäin tuotantosuunnitelmaan, joten tuotantosuunnitelman pitää olla realistinen.

9.2 Kapasiteetin suunnittelun vaatimukset

Kapasiteetin suunnittelulle asetettiin vaatimuksia ennen kehitystyön aloitusta. Näistä vaatimuksista kaksi tärkeintä olivat kapasiteetin suunnittelun pohjautuminen myyntiennusteisiin eli raamisopimuksiin sekä kapasiteetin huomioiminen Suomen tuotetehtaan, ulkomaisen tuotetehtaan ja alihankinnan osalta.

Ensimmäinen vaatimuksista liittyi siihen, että tuotantosuunnitelmaa laadittaessa tulisi nähdä eri resurssien tarve. Vaikka tässä vaiheessa asiakkaiden kanssa on jo tehtykin raamisopimukset, voidaan tuotantosuunnitelmassa vaikuttaa tehdaskohtaisiin tuotantovolyymeihin sekä tarvittaessa hankkia lisäkapasiteettia.

Toinen vaatimuksista liittyi tuotantokapasiteetin tulevaisuuden pullonkaulojen huomiointiin. Eli sovelluksessa tulisi huomioida kaikki oleellimmat tuotetehtaiden ja alihankinnan tuotantovolyymien kasvattamista rajoittavat tekijät. Tällöin nähtäisiin etukäteen, minkä resurssin kuormitusaste tulee kasvamaan liian suureksi. Tämän tiedon perusteella investointikohteet sekä investointien ajoitus kyetään hallitsemaan paremmin. Sovellukseen valittiin tarkasteltaviksi resursseiksi muun muassa:

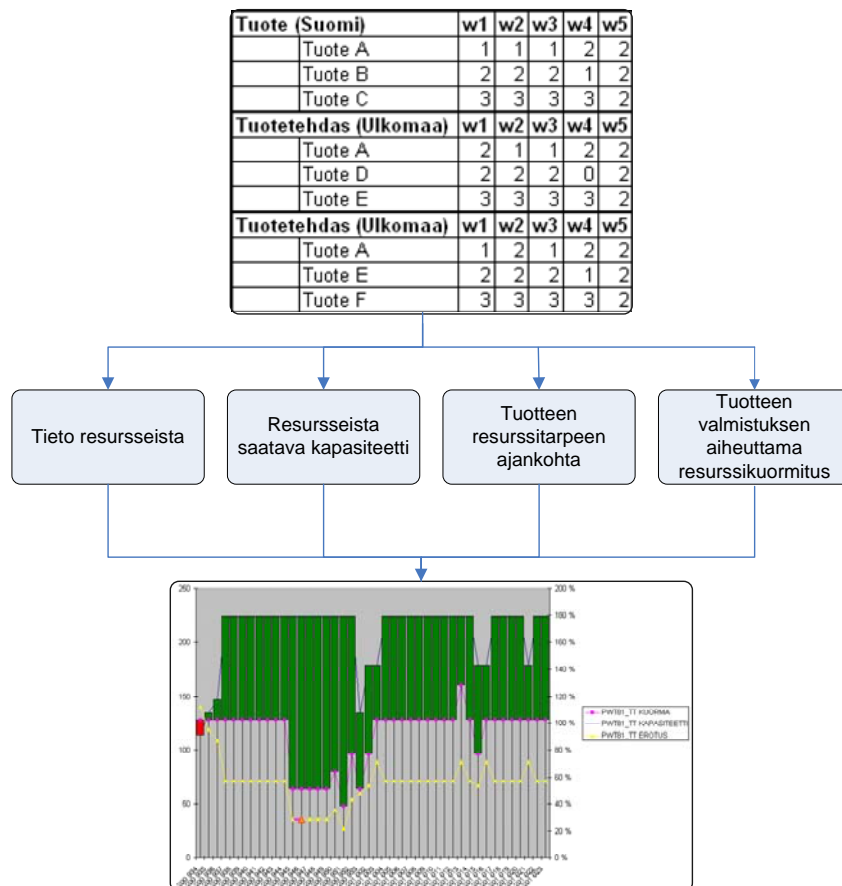
- tuotantohenkilöstö
- lattiapinta-ala
- eri asennuslaitteita ja työvälineitä
- hyllytila

9.3 Sovelluksen rakentaminen ja toimintaperiaate

Kapasiteetin suunnittelua varten päätettiin rakentaa sovellus taulukkolaskentaohjelmalla. Sovelluksen monimutkaisten laskentakaavojen vuoksi se päätettiin toteuttaa pääasiassa ohjelmoiden. Taulukkolaskentaohjelman tarjoamat funktiot olisivat olleet liian kankeita sovelluksen toimivaan toteutukseen. Sovellus haluttiin toteuttaa seuraavien perustietojen pohjalta:

- tieto oleellisista resursseista
- tieto resursseista saatavasta kapasiteetista
- tieto resurssien tarveajankohdasta suhteessa tuotteen toimituspäivämäärään
- tieto tuotteen valmistuksen aiheuttamasta resurssikuormituksesta

Eli kun on olemassa tieto tuotteesta sekä sen toimitusajankohdasta ja kun tunnetaan tuotteen valmistukseen tarvittujen resurssien ajankohtien lisäksi resurssista saatava kapasiteetti, voidaan laskea resurssitarve kullekin ajankohdalla. Tämä kaikki tulee rakentaa sovellukseen, jotta tuotantosuunnitelmaa laadittaessa laskelmat tapahtuvat automaattisesti taustalla. Lisäksi sovelluksen haluttiin huomioivan tehdaskalenterin sekä esittävän kuormituksen graafisesti. Kuvassa 54 on esitetty sovelluksen toimintaperiaate.



Kuva 54. Kapasiteetin suunnittelu -sovelluksen toimintaperiaate

9.4 Sovelluksen hyödyt

Sovellus mahdollistaa erilaisten tuotantosuunnitelmien simuloinnin kysyntäennusteen pohjalta. Sen avulla saadaan tietoa siitä, kuinka kapasiteetti vastaa suunniteltua tuotantosuunnitelmaa. Koska kuormitusaste saadaan reilusti etukäteen, jää sopeuttaville toimenpiteille aikaa. Sovelluksen avulla laadittua tuotantosuunnitelmaa voidaan hyödyntää lisäksi tulosityksikön tuloksensuunnittelussa. Aiempaa realistisempi tuotantosuunnitelma muodostaa myös pohjan eri budjeteille kuten henkilöstö-, laite- ja pääomabudjeteille. Sovelluksen avulla luodusta tuotantosuunnitelmasta tunnetaan lisäksi materiaalitardeet ja niiden ajankohdat. Tätä tietoa voidaan jakaa alihankkijoille ja toimittajille läpinäkyvyyden lisäämiseksi. Tämä näkyisi todennäköisesti materiaalityöimistusten toimitusvarmuuden

nousuna. Lisäksi sovelluksen avulla saadaan muodostettua tuotantosuunnitelma, jonka avulla:

- kysyntä tulee tyydytetyksi
- toimitaan valmistusrajoitusten puitteissa
- toiminnasta aiheutuvien kustannusten summa minimoituu

Sovelluksen avulla pystytään hallitsemaan kysyntävaihtelu ja ajoittamaan kapasiteetin laajentamispäätökset siten, että lisäkapasiteetti tulee käyttöön kysynnän kääntyessä kasvuun. Ilman sovellusta kapasiteetin lisäämispäätökset perustuisivat näppituntumaan, mikä näkyisi epätarkempina suunnitelmina ja huonompana päätöksentekona.

10 TUOTANNONOHJAUSPROSESSIN KEHITTÄMINEN

10.1 Tarve prosessin luonnille tuotannonohjaukseen

Tulevaisuudessa Tuulivoimageneraattorit-tulosityksikön tuotantovolyymit tulevat kasvamaan entisestään. Tuotannonohjauksen näkökulmasta se tarkoittaa lisää työtä, koska ohjattavaa tuotantoa tulee olemaan aiempaa enemmän. Jotta volyymien tuomiin haasteisiin kyetään vastaamaan, täytyy toimintamalleja kehittää prosessimaisemmiksi. Tuulivoimageneraattorit-tulosityksikössä ei ole aiemmin kuvattu tuotannonohjausta prosessina, joten sille oli tarvetta. Tarvetta oli lisännyt myös uudet tuotannonohjausta tukevat sovellukset. Kun tuotannonohjausprosessi on kuvattu esimerkiksi prosessikuvauksena ja kirjallisesti, saadaan selville se, mitä oikeasti prosessin aikana tapahtuu. Tämä luo kaikille yhtenäisen kuvan prosessin kulusta, koska siinä määritellään miten prosessin tulisi edetä. Prosessikuvauksen avulla voidaan myös määrittää prosessin kehityskohteet, koska kuvaus auttaa prosessin kokonaisvaltaisessa hahmottamisessa.

On selvää, että prosessikuvaus tulee muuttumaan jonkin verran uuden ERP-järjestelmän käyttöönoton myötä. Laadittua kuvausta voidaan kuitenkin hyödyntää myöhemmässä vaiheessa uuden kuvauksen luonnin pohjana. Lisäksi kuvausta voidaan hyödyntää osana uuden ERP-järjestelmän vaatimusmäärittelyä.

10.2 Prosessikuvaukselle asetetut tavoitteet

Tavoitteeksi asetettiin kuvata selkeästi tulosityksikön tuotannonohjausprosessi. Tämä sisälsi jokaisessa prosessin vaiheessa määrittelyn siitä:

- Kuka tekee?
- Mitä tekee?
- Mikä käynnistää tekemisen?
- Mikä on tekemisen lopputulos?

Tässä yhteydessä tuotannonohjausprosessi esitetään luottamuksellisuuden vuoksi vain karkealla tasolla. Lopputuloksena tuotannonohjausprosessin laatimisessa syntyi prosessikaavio sekä tarkempi kirjallinen ohje. Esitetyn tuotannonohjausprosessin

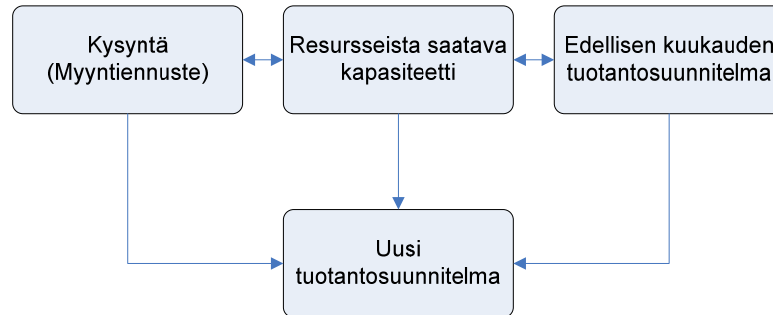
kokonaissuunnittelu koskee myös jokaista tulosyksikön tuotetehdasta. Karkeasuunnittelu koskettaa puolestaan vain Suomen tuotetehdasta. Hienosuunnittelu ja valmistuksen ohjaus koskettavat Suomen tuotetehtaan lisäksi yhtä ulkomaista tuotetehdasta, joka siis valmistaa Suomen tuotetehtaalla tarvittavan B-pääosan.

10.3 Tuotannon kokonaissuunnittelu

Tuulivoimageneraattorit-tulosyksikön tuotannonohjausprosessin käynnistää kuukausittain laadittu myyntiennuste. Myyntiennusteessa määritellään eri tuotteiden arvioitu kysyntä hieman yli vuoden aikajaksolle. Ennusteet perustuvat valtaosin asiakkaiden kanssa laadittuihin raamisopimuksiin, joten ennustetta voidaan pitää kohtalaisen tarkkana. On tietysti ollut myös tapauksia, jossa asiakas on tehnyt sopimusrikkomuksen ja tilannut tuotteita sopimuksessa määriteltyä kappalemäärää vähemmän. Lisäksi sopimukseen sisältyy pieni joustomahdollisuus tilausmäärien osalta. Raamisopimusten ulkopuoliset ennusteet perustuvat asiakaskyselyihin ja niiden pohjalta myyntipäällikön kokemusperäisesti muokkaamiin arvioihin. Tulosyksikön kaiken toiminnan pohjana toimii ainoastaan yksi myyntiennuste.

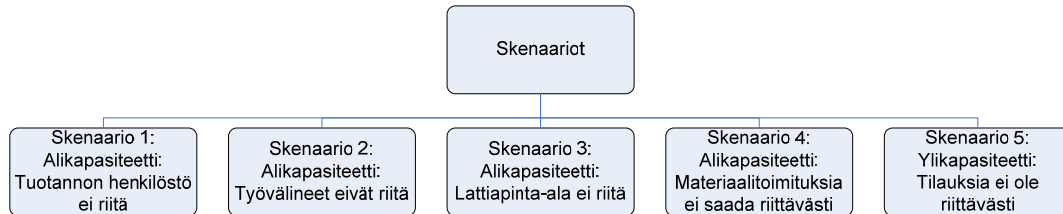
Kun on olemassa arvio kysynnästä, voidaan luoda tuotantosuunnitelma. Tuotantosuunnitelma päivitetään kysyntäennusteen tavoin kerran kuukaudessa. Tuotantosuunnitelman päivitys tapahtuu myyntiennusteen pohjalta. Tuotantosuunnitelmassa määritetään eri tuotteiden toimitusmäärät toimitusviikoittain. Apuna käytetään laadittua kapasiteetin suunnittelu -sovellusta, joka ilmaisee tuotantosuunnitelman realistisuuden. Lisäksi tulosyksikön globaalia tuotantoa ohjaava tilaus-toimitusprosessin omistaja tiedustelee ulkomaisilta tuotetehtailta niiden kapasiteettia, sillä ulkomaisilla tuotetehtailta valmistetaan muitakin tuotteita kuin tuulivoimageneraattoreita. Tällöin globaalia tuotantoa ohjaava tilaus-toimitusprosessin omistaja sopii tuotetehtaiden tuotantopäälliköiden kanssa tuotteiden viikkokohtaisista toimitusmääristä ja päivittää toimitusmäärät tuotantosuunnitelmaan. Tehtävänä on jakaa tuotteet ja tuotanto mahdollisimman edullisesti eri tehtaille. Tehtaiden kesken on jo ennestään syntynyt selvää työnjakoa ja lisäksi esimerkiksi maantieteelliset tekijät puoltavat erikoistumista tehtaittain.

Tulosityksikön tuotantosuunnitelma on siis yhdistelmä kysyntäennusteesta, edellisen kuukauden tuotantosuunnitelmasta sekä kapasiteetista. Tätä tarvittavaa informaatiojoukkoa esittää kuva 55.



Kuva 55. Tuotantosuunnitelman laadinnassa tarvittava informaatio

Mikäli tuotantosuunnitelmaa laadittaessa havaitaan, että kapasiteetti ja kysyntä eivät kohtaa, tuotannonkehitys saa impulssin sopeuttamistoimenpiteisiin. Tämän pohjalta on muodostettu viisi erilaista skenaariota kuormitusasteesta. Nämä skenaariot ovat esitetty kuvassa 56.



Kuva 56. Erilaiset skenaariot kysynnän ja kapasiteetin kohtaamisesta

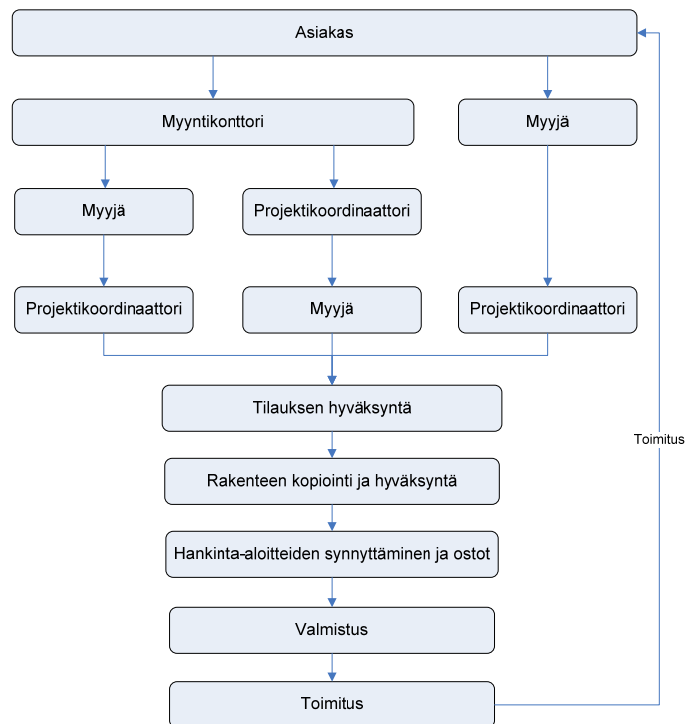
Jokaista skenaariota varten laadittiin lista toimenpiteistä, joilla voidaan vaikuttaa skenaarioon joko pitkällä, keskipitkällä tai lyhyellä aikajänteellä. Tässä yhteydessä toimenpiteet esitetään kuitenkin ainoastaan karkean listan muodossa ilman yhteyttä skenaarioon. Tulosityksikön toimenpiteitä, joilla vaikutetaan ali- tai ylikapasiteettiin ovat:

- valmistusprosessin tehostaminen (esim. layout muutokset, menetelmäkehitys, valmistuksen läpäisyajan lyhentäminen)
- henkilöstön lisäys tai vähentäminen
- kuormituspiikkien aikainen ylityö
- työvälineiden lukumäärän kasvattaminen

- tehtaan laajennus
- uuden tehtaan perustaminen
- toimittaja-/alihankintayhteistyön kehittäminen
- uusien toimittajien/ alihankkijoiden kartoitus
- alihankintojen tekeminen itse
- vuokratyövoiman vähentäminen
- tehtaan alasajo
- myynnin tehostamistoimenpiteet

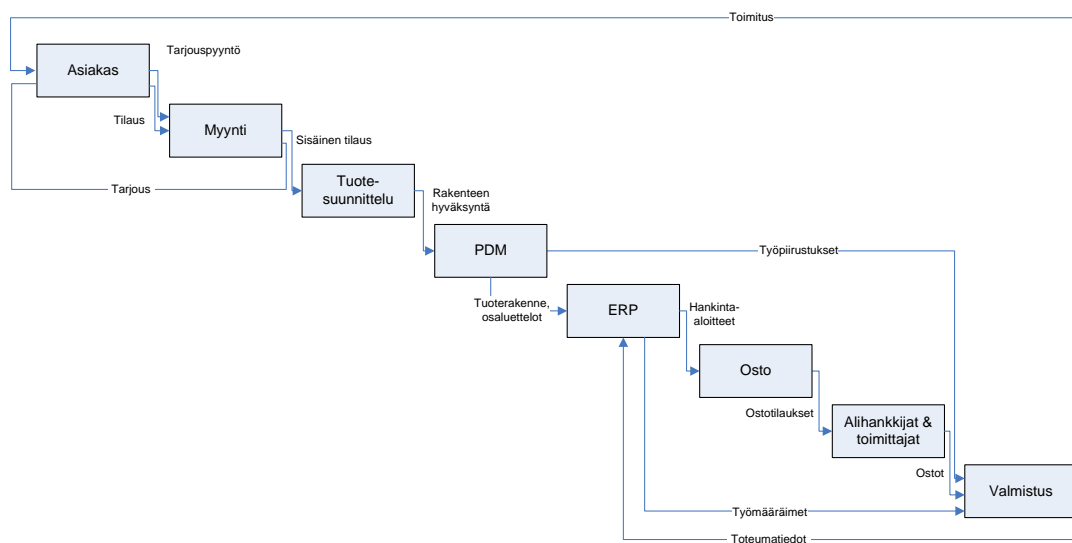
10.4 Tuotannon karkeasuunnittelu

Kokonaissuunnittelua seuraa karkeasuunnittelu. Karkeasuunnittelua tehdään tulosyksikön tapauksessa vain Suomen tuotetehtaan osalta, sillä ulkomaiset tuotetehtaat ovat itsenäisiä valmistusyksiköitä. Karkeasuunnittelussa siis tutkitaan riittääkö kapasiteetti uusien tilausten valmistamiseen. Tähän käytetään käyttöönottettua karkeakuormitus - toiminnallisuutta, jonka avulla nähdään Suomen tuotetehtaan kuormitus. Mikäli tuotannon kapasiteetin todetaan olevan riittävä, tilaus hyväksytään. Tuulivoimageneraattorit-tulosyksikössä tilaus voi tulla asiakkaalta kolmella eri tavalla (kuva 57).



Kuva 57. Asiakkaan kolme erilaista tilaustapaa

Tarkemmin asiakkaan tekemä tilaus etenee kuvan 58 esittämällä tavalla. Kuva 58 on vielä karkean tason kuvaus eikä se sisällä esimerkiksi ajoitusta eikä valvontaa.



Kuva 58. Tuulivoimageneraattorit-tulosyksikön tilaus-toimitusprosessia kuvaava kaavio

10.5 Tuotannon hienosuunnittelu

Tuulivoimageraattorit-tulosyksikön karkeasuunnittelua seuraa hienosuunnittelu, jossa suunnitellaan tuotanto yksityiskohtaisemmin. Hienosuunnittelun pohjalta syntyy tuotanto-ohjelma, jonka perusteella tuotanto toteutetaan. Hienosuunnittelua tehdään Tuulivoimageraattorit-tulosyksikössä kappaleessa 6 esitellyn sovelluksen avulla. Tällöin sovelluksen pohjana toimii DG:n MRP II-laskennan tuotantoerien karkea-ajoitus. Rakennettua sovellusta varten täytyy hakea DG:stä uudet työnumerot ja niiden toimituspäivämäärät, joiden pohjalta sovellus laatii hienoajoituksen. Erilaisten häiriöiden vuoksi sovelluksella joudutaan tekemään uudelleensuunnittelua. Esimerkiksi osakokoonpanosolun viivästymä aiheuttaa uudelleensuunnittelua tulevien tilausten suhteen. Tällöin ajoitetaan manuaalisesti seuraavia työtehtäviä. Erityisesti on kiinnitettävä huomiota kuormitusryhmien eli osakokoonpano- ja loppukokoonpanosolujen henkilöstö- ja konekapasiteettiin. Tähän käytetään apuvälineenä laaditun sovelluksen kuormituskuvaajaa sekä kuormituskirjanpitoa. Hienosuunnittelua toteuttaa tuotantopäällikkö yhdessä tuotannosuunnittelun ja oston kanssa. Ostoa tarvitaan hienosuunnittelussa antamaan ajankohtaista informaatiota tilausten kriittisten komponenttien saapumisajoista.

10.6 Valmistuksen ohjaus

Tulosyksikön valmistuksen ohjaus järjestyy hienosuunnittelun tavoin kappaleessa 6 esitellyn sovelluksen avulla. Valmistusta varten työnjohto tulostaa DG:stä työmääräimet (kuva 59), joissa määritellään työvaiheet sekä tarvittavat piirustukset ja materiaalit. Suomen ja ulkomaisen tuotetehtaan työnjohto raportoivat sovellukseen ennustettuja ja toteutuneita työvaiheiden päivämääriä, joita tuotantopäällikkö ja tuotannosuunnittelu seuraavat.



TYÖKORTTI



14269

Lajimerkki: A
Valmistettava osa
Irtonapa
Asiakas:
Malliasiakas
Projekti / Määräpaikka:

Koneiden määrä: I
Kpl: I
Paino (Kpl): 6362.72
ABB asiakas (Konserni / Nimi) :
POR Ltd.

Työnumero: 1234AB123
Nimijärjitys (V): 300
Rakennesuunnittelija: TAPY
ABB asiakas (Maa) / Sovellus:
Windturbine

Osa / Versio: RA010 / A
Valmistusväli: 4604860 - 4604860
Alku: Valmis: 23.03.09
Puh: Ohjaukset: 23173 15.01.09
ABB asiakas (Maa) / Sovellus:
Windturbine

| Työmaa | Suorittava | Nimitys | Tvr | PL | M | Valm. hinta | Urakkahinta | Ehdot |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------|--------------|---------|----|------------|-------------------------------------------------------|-------------|------------|
| 005 | PWT89 | Setit osat | | | | | | |
| *** 010 | PWT81 | Kokoa pääosa | 7 | 11 | ✓ | | | |
| PIIRUSTUKSET | | | | | | Versio | | |
| 010 | NAPOJEN ASENNUKSEEN | | 5143893 | | A | | | |
| 010 | PÄÄOSA | | 5143965 | | C | | | |
| KOODATUT MATERIAALIT | | | | | | Määrä (kpl)/Kone Bruttomäärä/Tuot | | |
| 010 | NAPAKENKÄ | | E RN | | | | 112 | 112,00 KPL |
| | Sijainti: PWTALIH3 | | 5125711 | | | | | |
| 010 | PM-YKSIKÖN POHJALEVY | | A RN | | | | 64 | 64,00 KPL |
| | Sijainti: PWTALIH3 | | 5143211 | | | | | |
| 010 | SUOJAKUORI | | C RN | | | | 64 | 64,00 KPL |
| | Sijainti: PWTALIH3 | | 5129289 | | 229x63x100 | | | |
| 010 | PWT_SETIT 2 | | A ZA | | | | 1 | 1,00 KPL |
| | Työnumerokohtainen osto: Hankinta-aloite 738675 / PWP / | | 9890718 | | | | | |
| 010 1 | KESKUS KONEISTUS | | D RC | | | (Hankinta-aloitteelle ei ole kohdistettu tilausta.) | 1 | 1,00 KPL |
| | Työnumerokohtainen osto: Ostohlaus 287192 / 0003 | | 5143535 | | | | | |

17.08.2009 9:27 Sivua 1

Kuva 59. DG:stä tulostettu työmääräin

11 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

11.1 Johtopäätökset

Työn päätavoitteena oli kehittää tuotannonohjausta Tuulivoimageneraattoritulosyksikössä. Tuotannonohjauksen kehittäminen toteutettiin pääosin kotimaisen ja ulkomaisen kirjallisuuden pohjalta. Teorian pohjalta työssä rakennettiin neljä erilaista tietoteknistä sovellusta. Rakennetuilla sovelluksilla päästään muun muassa:

- parempaan myynnin ja tuotannon koordinointiin
- parempaan kapasiteetin kuormitusasteeseen
- lyhyempiin toimitusaikoihin
- suurempaan joustavuuteen
- parempaan toimitusvarmuuteen
- pienempään sidottuun pääomaan

Sovellukset mahdollistavat aiempaa läpinäkyvämmän toiminnan ja parantuneen tiedonkulun. Tämä puolestaan näkyy parempana suunnitteluna ja päätöksentekona, joka viime kädessä heijastuu yrityksen kannattavuuteen. Ilman kehitettyjä sovelluksia, tulosyksikön tuotantoa koskevat päätökset olisivat huomattavasti epätarkempia. Sovelluksien hetkessä suorittamiin laskelmiin kuluisi ihmiseltä tunteja, sillä sovelluksen käyttämät mallit pyrittiin tekemään mahdollisimman tarkoiksi. Tällöin niistä on myös aidosti apua tuotantoa koskevissa päätöksissä. Sovelluksia onkin käytetty erilaisten vaihtoehtojen simuloinnissa, mikä lisää tuotannon joustavuutta.

Jatkossa sovellusten osalta tulee kiinnittää huomiota niiden systemaattiseen päivitykseen. Sovelluksista ei ole hyötyä, mikäli niissä käytetyt perustiedot ovat vanhentuneita. Seuraavaksi esitetään työhön liittyviä suosituksia.

11.2 Pikatoimitusten kirjaaminen raamisopimuksiin

Avainasiakkaiden kanssa on luotu raamisopimukset. Sopimusehdoissa on maininta tuotteiden toimitusajasta. Määritettyä toimitusaikaa lyhyemmälle toimitusajalle voitaisiin kirjata sopimukseen oma hintansa. Näin toimitusajan tilaukset saataisiin hallintaan tai

asiakas maksaisi niistä enemmän. Yleensä asiakas tilaa tuotteet myöhään, jotta saisi sidottua pääomaa ennakkomaksuihin mahdollisimman myöhäisessä vaiheessa. Toisaalta joissain tapauksissa tuulivoimalaprojektit viivästyvät esimerkiksi ympäristöarvioinnin seurauksena, jolloin päätöksen saapumisen jälkeen pyritään valmistamaan tuulivoimala nopeasti ja siitä syystä saamaan myös generaattori nopeasti. Lyhyen toimitusajan hinta olisi helppo perustella asiakkaalle. Tavallista lyhyempi läpäisy aika tarkoittaa Tuulivoimageneraattorit-tulosyksikölle erikoisjärjestelyitä. Näitä ovat esimerkiksi ylityöt ja materiaalien korkeammat ostohinnat.

11.3 Läpäisyajan lyhentäminen varastoimalla kriittisiä komponentteja

Asiakkailta tulee jatkuvasti paineita toimitusajan lyhentämiseksi. Varastoimalla tiettyjä pitkän toimitusajan komponentteja kyettäisiin vastaamaan paremmin lyhyen toimitusajan kyselyihin. Pitkän toimitusajan komponenttien varastointi lyhentää toimitusaikaa 20–40 %. Nopealla asiakaspalvelulla hinta voitaisiin asettaa korkeammaksi, sillä tämänkaltaiseen toimintaan sisältyy pieni riski. Asiakas voi ajautua konkurssiin tai tuotteen rakenne voi muuttua esimerkiksi rakenteessa havaitun laatuvirheen vuoksi, jolloin varasto muuttuu epäkurantiksi. Lisäksi varastoiminen sitoo pääomia ja aiheuttaa tätä kautta kustannuksia.

11.4 Arvoanalyysin suorittaminen

Läpäisy aika -sovellusta voidaan käyttää myöhemmin läpäisy aikojen analysointiin, jolloin selvitetään tuotteiden todellinen jalostusaika ja arvoa tuottamaton aika. Arvoa tuottamaton aika on hukkaa. Tällöin arvo ei lisäännä asiakkaalle, mutta kokonaiskustannukset kasvavat. Huomiota tulisi kiinnittää ensisijaisesti vaiheisiin, jotka sijaitsevat kriittisellä polulla. Virtaviivaistettu tuotanto parantaa lisäksi ohjattavuutta.

11.5 Valmisohjelmisto tuotannon suunnitteluun

Tulevaisuuden kannalta rakennetun toimitusvarmuuden valvonta ja hienokuormitus -sovelluksen tilalle tulisi pohtia valmisohjelmiston hankkimista. Taulukkolaskentasovelluksen etuina on joustavuus ja se, että taulukkolaskennan perusominaisuudet ovat tuttuja kaikille käyttäjille. Rakennettu taulukkolaskentasovelluksen ylläpitäminen edellyttää kuitenkin makrojen ja Visual Basic –

ohjelmointikielen hallintaa. Rakennetun sovelluksen jatkuvuus on vaakalaudalla, mikäli sen kehittäjät siirtyvät muualle. Vaikka sovellus onkin dokumentoitu hyvin, on sen jatkajalla melkoinen työ perehtyä sovelluksen toimintaan. Lisäksi taulukkolaskentaohjelmiston puutteena on se, että sitä voi päivittää vain yksi henkilö kerrallaan. Tästä ei kuitenkaan toistaiseksi vielä ole ollut ongelmaa pienen käyttäjäjoukon vuoksi.

Yksi mahdollisuus on hankkia APS-järjestelmä (Advanced Planning and Scheduling), jonka voi integroida osaksi ERP-järjestelmää. APS-järjestelmä laatii tarkan aikataulusuunnitelman ja se toimii dynaamisesti optimoiden automaattisesti parhaan mahdollisen suunnitelman. APS-järjestelmät yleensä tarkistavat kaikkien resurssien riittävyden ja luovat sitä kautta toteutuskelpoisen suunnitelman. (Karjalainen, Blomqvist & Suolanen 2001, s. 71)

11.6 Tuotetehtaiden keskittyminen tiettyihin tuotteisiin

Nykyisellään tulosityksikön tuotteita voidaan tehdä usealla eri tuotetehtaalla. Harkitsemisen arvoinen asia olisi keskittyä valmistamaan tuotteita enemmän tehdaskohtaisesti. Näin ohjattavuus paranisi, koska tuotannossa olevat tuotevarianttien määrä olisi nykyistä pienempi. Tästä seuraisi se, että valvottavia vaiheita olisi vähemmän ja kuormittaminen helpottuisi. Myös asetus- ja vaihtoajat lyhenisivät, millä taas on vaikutusta läpäisyaikoihin. Lisäksi tällöin kyettäisiin keskittymään valmistusmenetelmien kehittämiseen eikä työväline investointeja tarvitsisi tehdä jokaista tuotetta varten. Haittapuolena keskittymisessä on maantieteellisen läsnäolon heikentyminen, joka osaltaan lisää kustannuksia. Lisäksi tuotteisiin voi tällöin sisältyä erilaisia tullimaksuja.

12 YHTEENVETO

Liiketoimintaympäristön arvaamattomuuden ja muutosnopeuden takia yritysten on pystyttävä vastaamaan haasteisiin lisäämällä joustavuutta, avoimuutta ja reagointikykyä sisäisiin rakenteisiin ja toimintamalleihin. Tämän olisi tapahduttava laadukkaasti, kustannuksiltaan tehokkaasti ja asiakkaan palvelukykyä unohtamatta. Näiden tavoitteiden saavuttaminen edellyttää tiivistä yhteistyötä niin yrityksen sisällä tuotannon ja eri toimintojen kesken kuin myös ulkopuolisten yritysten kuten alihankkijoiden kesken. Mainittujen asioiden hallitsemiseen keskittynyttä toimintoa sanotaan tuotannonohjaukseksi.

Tuotannonohjauksen tehtävänä on sovittaa yhteen tuotteiden kysyntä ja tuotannon mahdollisuudet. Tavoitteina on hyvä toimituskyky, pieni keskeneräinen tuotanto, kapasiteetin korkea kuormitusaste ja lyhyt tilauksen läpäisy aika. Kuten kaikessa yritystoiminnassa myös tuotannonohjauksessa tulee pyrkiä suunnitelmallisuuteen ja systemaattisuuteen. Pyrkimyksenä on päästä pois alituisesta palontorjuntatyöstä. Suunnitelmien toteutumista tulee valvoa ja ohjata, koska reaali maailma pyrkii epäjärjestykseen. Erilaiset häiriöt ovat tuotannossa arkipäivää.

Suunnitelmien teon ja seurannan pohjaksi yritys tarvitsee mahdollisimman tarkkaa ja ajankohtaista informaatiota tuotannon ja markkinoiden tilasta. Lisäksi suunnitelmien teko ja seuranta vaativat hyvät apuvälineet, minkä vuoksi tietotekniikalla on nykyaikana merkittävä rooli tuotannonohjauksessa. Tietotekniikka mahdollistaa monimutkaisten laskelmien tuottamisen hetkessä, lisää läpinäkyvyyttä sekä parantaa tiedonkulkua. Tuloksena on parantunut tuottavuus ja kilpailukyky, mikä näkyy viime kädessä aiempaa parempana kannattavuutena.

Työssä kehitetyt sovellukset auttavat niin kuormitusasteen nostamisessa, keskeneräisen tuotannon pienentämisessä, toimitusvarmuuden kohottamisessa kuin läpäisy aikojenkin lyhentämisessä. Lisäksi työssä saatiin luotua hyvä pohja tulevaisuuden joustavalle liiketoiminnalle määrittelemällä uudelle toiminnanohjausjärjestelmälle vaatimuksia, parantamalla kapasiteetin pitkän aikavälin suunnittelua sekä laatimalla prosessikaavio ja – ohjeistus tuotannonohjausprosessiin. Kehitetyistä sovelluksista voidaan todeta, että ne ovat tuoneet helpotusta tulosyksikön tuotannolle.

LÄHTEET

Aaltio, E. & Olkkonen, T. 1976. Tuotanto ja sen ohjaus. Ekonomia-sarja 41. Suomen Ekonomiliitto. Espoo. 198 s.

Anon. 2007. SAP tuotannosuunnittelu ja toistumaton tuotanto. [SAP www-sivuilla]. [viitattu 10.8.2009]. Saatavissa <http://help.sap.com/bp_bblibrary/600/Documentation/J64_Scen_Overview_FI_FI.ppt>.

Boncamper, I. 1995. Tuotannosuunnittelu. 2. painos. Hämeen ammattikorkeakoulu/Wetterhoffin käsi- ja taideteollisuusoppilaitos. Hämeenlinna. 175 s.

Brady, J.A., Monk, E.F. & Wagner, B.J. 2001. Concepts in Enterprise Resource Planning. Thomson Learning. Massachusetts. 164 s.

Browne, J., Harhen, J. & Shivnan, J. 1989. Production Management Systems – A CIM Perspective. Addison-Wesley Publishing Company. Cornwall. 284 s.

Burt, D.N., Dobler, D.W. & Starling, S.L. 2003. 7th Ed. World Class Supply Management. McGraw-Hill. New York. 689 s.

Chryssolouris, G. 2006. Manufacturing Systems – Theory and Practise. 2nd Ed. Springer Science+Business Media. New York. 601 s.

Chung-Hsing, Y. 2000. A customer-focused planning approach to make-to-order production. Industrial Management & Data Systems. Vol. 4, no. 100, s. 180-187.

Desouza, K.C. 2007. Agile Information Systems. Elsevier. Oxford. 291 s.

Dickersbach, J.T., Keller, G. & Weihrauch, K. 2008. Production Planning and Control with SAP. Galileo Press. Bonn. 477 s.

Eloranta, E. & Räisänen, J. 1986b. Ohjattavuusanalyysi – Tutkimus tuotannon ja sen ohjauksen kehittämisestä Suomessa. Suomen itsenäisyyden juhluvuoden 1967 rahasto. Helsinki. 223 s.

Eloranta, E., Räisänen, J., Mankki, J., Kotiniemi, S., Aavikko, P., Jokihaara, A. & Friman, T. 1986a. Tuotannon suunnittelu ja ohjaus. INSKO - Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus. Insinööritieto Oy. Helsinki. 614 s.

European Wind Energy Association. 2008. Pure Power - Wind Energy Scenarios up to 2030. [EWEA www-sivuilla]. [viitattu 10.8.2009]. Saatavissa <http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/reports/purepower.pdf>.

Fogelholm, J. & Karjalainen, J. 2001. Tuotantotoiminnan mittaaminen. WSOY. Helsinki. 135 s.

Granlund, T. & Malmi, T. 2004. Tietotekniikka taloushallinnossa. WSOY. Jyväskylä. 112 s.

Gupta, M.C. & Boyd, L.H. 2008. Theory of constraints: a theory for operations management. International Journal of Operations & Production Management. Vol. 28, no. 10, s. 991-1012.

Hannus, J. 1994. Prosessijohtaminen – Ydinprosessien uudistaminen ja yrityksen suorituskyky. 4.painos. HM&V Research Oy. Jyväskylä. 368 s.

Hauta-Aho, O. 2007. Yrityssuunnittelu -kurssimateriaali. Lappeenranta teknillinen yliopisto. Lappeenranta. 97 s.

Heikkilä, J. & Ketokivi, M. 2005. Tuotanto murroksessa – Strategisen johtamisen uusi haaste. Talentum. Helsinki. 272 s.

Hokkanen, S., Karhunen, J. & Luukkanen, M. 2002. Johdatus logistiseen ajatteluun. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Jyväskylä. 451 s.

Hyvönen, T. 2000. Toiminnanohjausjärjestelmät ja kustannuslaskenta – Tutkimus suomalaisten teollisuusyritysten tietojärjestelmistä. Tampereen yliopisto. Tampere. 57 s.

- Häkkinen, K. 2003. Tuotannonohjaus pk-konepajateollisuuden alihankintaprosessissa – Käytäntöjä suomalaisessa pk-konepajateollisuudessa vuonna 2003. VTT Tuotteet ja tuotanto. Espoo. 82 s.
- Jahnukainen, J., Lahti, M. & Virtanen, T. 1997. Toimittajayhteistyö tilausohjautuvissa toimitusketjuissa. Metalliteollisuuden keskusliitto. Helsinki. 102 s.
- Kamensky, M. 2002. Strateginen johtaminen. Talentum. Helsinki. 317 s.
- Karjalainen, J., Blomqvist, M. & Suolanen, O. 2001. Kehittyvä toiminnanohjaus. Metalliteollisuuden Kustannus Oy. Vantaa. 88 s.
- Karrus, K. 1998. Logistiikka. WSOY. Porvoo. 319 s.
- Kauppinen, V. 2004. Konepaja tuotantolaitoksena OSA I -kurssimateriaali. Teknillinen Korkeakoulu, Konepajatekniikan laboratorio. Espoo. 99 s.
- Kauppinen, P., Kivistö, I. & Strömberg, O. 1985. Tuotannonohjaus metalliteollisuudessa. Valtion painatuskeskus. Helsinki. 162 s.
- Kettunen, J. & Simons, M. 2001. Toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotto pk-yrityksessä – Teknologiaalähtöisestä ajattelusta kohti tiedon ja osaamisen hallintaa. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 232 s.
- Krajewski, L., Ritzman, L. & Malhotra, M. 2007. Operations Management – Processes and Value Chains. Pearson Education. New Jersey. 728 s.
- Lapinleimu, I. 2000. Ideaalitehdas. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Tampere. 197 s.
- Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. WSOY. Porvoo. 398 s.
- Lehtonen, J-M (toim). 2004. Tuotantotalous. Dark Oy. Vantaa. 292 s.
- Mankki, J. 1988. Verstaan tuotannonohjausjärjestelmän suunnittelu ja valinta. Metalliteollisuuden Keskusliitto, Tekninen tiedotus 22/88. Helsinki. 66 s.

- Mattila et al. 1998. Tuottavuus tänään. Kauppakaari Oy. Helsinki. 120 s.
- Metso, L. 2007. Kaupallishallinnollinen tietojenkäsittely ja systeemisuunnittelu - kurssimateriaali. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Lappeenranta. 117 s.
- Miettinen, P. 1993. Tuotannonohjaus ja logistiikka. ATK-instituutti. Helsinki. 102 s.
- Nahmias, S. 1989. Production and Operations Analysis. Richard D. Irwin. USA. 693 s.
- Olhager, J. 2003. Strategic positioning of the order penetration point. International journal of production economics. Vol. 2003, no. 85, s. 319–329.
- Peltonen, A. 1997. Tuottava tehdas. Opetushallitus. Helsinki. 207 s.
- PIMS Associates GmbH. 1991. Identification and Quantification of Potentials from Reduced Leadtimes for the “Lean Enterprise” Concept, Indevo/PIMS Research. Cologne.
- Pohjola, P. 1991. Konepajayrityksen toiminnanohjausjärjestelmän määrittäminen. Konetekniikan osasto. Espoo. 27 s.
- Ptak, C.A. & Schragenheim, E. 2000. ERP – Tools, Techniques, and Applications for Integrating the Supply Chain. APICS. Florida. 424 s.
- Sakki, J. 2001. Tilaus-toimitusketjun hallinta. Jouni Sakki Oy. Espoo. 234 s.
- Schroeder, R.G. 2000. Operations Management – Contemporary Concepts and Cases. Irwin McGraw-Hill. USA. 492 s.
- Shtub, A. 2000. Enterprise Resource Planning – The Dynamics of Operations Management. Kluwer Academics Publisher. Massachusetts. 146 s.
- Sipper, D. & Bulfin, R.L. 1997. Production Planning, Control and Integration. McGraw-Hill. USA. 630 s.
- Skurnik, S. 2009. SSJS Strategiabarometri – kehitystyö ja nykyvaihe. Helsingin kauppakorkeakoulu, Markkinoinnin ja johtamisen laitos. Helsinki. 87 s.

Slack, N., Chambers, S. & Johnston, R. 2007. Operations Management. 5th Ed. Pearson Education. Madrid. 728 s.

Stalk, G. & Hout, T. 1990. Competing Against Time – How Time-based Competition Is Reshaping Global Markets. Free Press. New York. 285 s.

Stevenson, W.J. 2007. Operations Management. 9th Ed. McGraw-Hill. New York. 903 s.

Uusi-Rauva, E., Haverila, M. & Kouri, I. 1999. Teollisuustalous. 3.painos. Infacs Johtamistekniikka Oy. Tammer-Paino. Tampere. 472 s.

Uusi-Rauva, E., Haverila, M., Kouri, I. & Miettinen, A. 2003. Teollisuustalous. 4.painos. Infacs Johtamistekniikka Oy. Tammer-Paino. Tampere. 438 s.

Vollmann, T.E., Berry, W.L. & Whybark, D.C. 1997. Manufacturing Planning and Control Systems. 4th Ed. McGraw-Hill. USA. 836 s.

Wallace T.F. & Kremzar, M.H. 2001. ERP: Making it Happen – The Implementer`s Guide to Success with Enterprise Resource Planning. John Wiley & Sons. New York. 372 s.