

Opinnäytetyö (AMK)

Tuotantotalouden Koulutus

2021

Antti Tamminen

TUOTANNONSUUNNITTELUN KEHITYSPROJEKTI

–Hydoring Oy

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

TuotantotaloudenKoulutus

2021 | 51 sivua

Antti Tamminen

TUOTANNONSUUNNITTELUN KEHITYSPROJEKTI

- Hydoring Oy

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Hydoring Oy. Työn tavoitteena oli selvittää ja päivittää paras mahdollinen tapa yrityksen sylinterituotannon loppupään työvaiheiden kuormittamiseen ja sitä kautta helpottaa toimitusaikojen määrittämistä sekä työresurssien hallintaa. Loppupään työvaiheisiin kuuluu keräily, kokoonpano, koeajo, raepuhallus sekä pintakäsittelyt.

Tavoitteiden saavuttamiseksi tutkittiin mahdolliset vaihtoehdot kuormituksen mittaamiseen ja seurantaan. Parhaiden vaihtoehtojen valinnan jälkeen järjestettiin kysely tuotannon työntekijöille niiden vaiheiden valmisteluajoista, joihin valmistelu-aika päätettiin sisällyttää. Kun jokaiselle vaiheelle oli löydetty parhaat mittaustavat ja valmisteluajat, alettiin päivittää valittuja nimikkeitä näiden mukaisiksi. Päivitysten jälkeen tutkittiin niiden vaikutuksia vertailemalla keskenään ennen päivityksiä tehtyjen töiden toteutumatietoja ja päivitettyjen töiden toteutumatietoja.

Tuloksena huomattiin, että päivityksiä tekemällä saatiin suunniteltujen ja toteutuneiden kestojen eroja lähemmäksi toisiaan, joten siltä osin tavoitteet täyttyivät. Kuitenkin työtäkin jäi, jotta saadaan kaikki nimikkeet päivitettyä, prosessia yksinkertaistettua sekä jatkuvaa parantamista ylläpidettyä.

ASIASANAT:

Toiminnanohjausjärjestelmä, tuotannonohjaus, tuotannonsuunnittelu.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Industrial Management and Engineering

2021 | 51 pages

Antti Tamminen

PRODUCTION PLANNING DEVELOPMENT PROJECT

-Hydoring Oy

This thesis was commissioned by Hydoring Oy. The objective of this project was resolve and update the best way to load firms cylinder production end operations so that defining delivery times and labor force be facilitated. The end operations phases contains collection, assembly, test run, blasting and surface treatments.

To reach the objectives, possible alternatives for measuring and monitoring the load were researched. After choosing the best options for measuring and monitoring the load, a survey of preparation times was held for those operations and production workers to which preparation times was decide to include. When the best measuring and monitoring options for each operations was found, started updating selected items according to those. After updates, effects between items before and after the updates was examine and analyse.

The result was that by doing the updates, durations between planned and realized hours converged so in that way the objectives were met. However, the work is still in progress in order to obtained all the items uptated, to simplified process and maintained continuous improvement.

KEYWORDS:

Enterprise resource planning, production planning, manufacturing planning and control.

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	7
2 TUOTANNONSUUNNITTELU OSANA TOIMINNANOHJAUSTA	8
2.1 Tuotannonsuunnittelu	8
2.1.1 Tuotannonsuunnittelu yleisesti	8
2.1.2 Tavoitteet	9
2.1.3 Toiminnot	9
2.2 Tuotannonsuunnittelun malleja	10
2.2.1 Malli 1	10
2.2.2 Malli 2	11
2.3 Tuotannonsuunnittelun vaiheet	13
2.3.1 Kokonaissuunnittelu	13
2.3.2 Karkeasuunnittelu	14
2.3.3 Hienosuunnittelu	15
3 TOIMINNANOHJAUSJÄRJESTELMÄT	16
3.1 Toiminnanohjausjärjestelmät yleisesti	16
3.1.1 Historia	17
3.1.2 Käyttöönotto	19
3.1.3 Nykytila ja tulevaisuus	22
3.2 Toiminnanohjausjärjestelmien sovellukset	23
3.2.1 Toiminnanohjausjärjestelmät osana tuotannonsuunnittelua	23
3.2.2 Tarvelaskennat & Tuoterakenne	24
3.2.3 Kapasiteetin suunnittelu ja hallinta & Tuotannon toimintojen hallinta	31
4 KEHITYSTYÖ	37
4.1 Alkutilanne	37
4.2 Aloitus	38
4.3 Ensimmäinen tarkastelujakso	39
4.3.1 Raepuhallus	39
4.3.2 Kokoonpano 2	41
4.3.3 Kokoonpano 8	42
4.4 Muutostoimenpiteet	43
4.5 Toinen tarkastelujakso	44

4.5.1 Raepuhallus	45
4.5.2 Kokoonpano	46
4.6 Analysointi	47
4.6.1 Raepuhallus	47
4.6.2 Kokoonpano	48
5 LOPUKSI	50
LÄHTEET	51

KUVAT

Kuva 1 Sisennetty materiaalista. (Hydoring Oy 2021)	28
Kuva 2 Vaihemalli. (Hydoring 2021)	37
Kuva 3 Rae uhalluksen työt tarkastelujaksolla 1. (Hydoring 2021)	40
Kuva 4 Raepuhalluksen toteutuneet tunnit tarkastelujaksolla 1. (Hydoring 2021)	40
Kuva 5 Kokoonpanopisteen 2 tehdyt työt tarkastelujaksolla 1. (Hydoring 2021)	41
Kuva 6 Kokoonpano 2 toteutuneet tunnit tarkastelujaksolla 1. (Hydoring 2021)	42
Kuva 7 Kokoonpano 8 tehdyt työt tarkastelujaksolla 1. (Hydoring 2021)	43
Kuva 8 Raepuhalluksen toteutuneet tunnit tarkastelujaksolla 2. (Hydoring 2021)	45
Kuva 9 Kokoonpanojen toteutuneet tunnit tarkastelujaksolla 2. (Hydoring 2021)	46

KUVIOT

Kuvio 1 Yleinen tuotannonohjaus prosessi. (Haverila ym. 2009, 409.)	11
Kuvio 2 Scheerin tuotannonsuunnittelun malli. (Lehtonen 2004, 72.)	12
Kuvio 3 Kokonaissuunnittelun tehtäviä. (Haverila ym. 2009, 412.)	14
Kuvio 4 Yrityksen ERP-hankkeen päävaiheet. (Vilpola & Kouri 2006, 13.)	21
Kuvio 5 Tuotannon suunnittelu- ja ohjausjärjestelmä. (Jacobs ym. 2011, 183.)	26
Kuvio 6 Tuoterakenne. (Haverila ym. 2009, 433.)	27
Kuvio 7 Tarvelaskentojen esitys. (Jacobs ym. 2011, 185.)	29
Kuvio 8 Kapasiteetin laskeminen tuotannonohjausjärjestelmässä. (Jacobs ym. 2011, 243.)	32

TAULUKOT

Taulukko 1 Toiminnanohjauksen perusrutiineja. (Haverila ym. 2009, 432.)

24

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Hydoring Oy, joka on suomalainen asiakasräätlöityjen hydraulisylintereiden, voimayksiköiden, venttiililohkojen ja kiertovoitelujärjestelmien sekä vakiosylintereiden ja –koneikoiden valmistaja. Opinnäytetyön aihe määräytyi yrityksen tarpeesta optimoida työresursseja ja parantaa tuotannon kapasiteetin hallintaa. Yrityksen strategiset tavoitteet huomioon ottaen, on tärkeää, että työresurssit saataisiin optimoituja.

Työn aiheena on tuotannosuunnittelun ja tuotannonohjausjärjestelmän kehittäminen. Tämä opinnäytetyö keskittyy jo yrityksellä käytössä olevan tuotannosuunnitteluprosessin ja toiminnanohjausjärjestelmän kehittämiseen. Kehitysprojektin kohteena on yrityksessä valmistettavien tuotteiden loppupään työvaiheisiin kohdistuvat toiminnot, kuten kokoonpano ja pintakäsittelyyn liittyvät vaiheet. Tavoitteina on päivittää järjestelmiä ja prosesseja niin, että työvaiheisiin kuluva aika saataisiin mitattua, jonka seurauksena työresursseja pystyttäisiin kohdistamaan paremmin. Lisäksi tavoitteena on saada tarkempaa dataa työvaiheiden kestoista, jotta töiden oikea-aikainen valmistaminen ja toimitusaikojen määrittäminen olisi helpompaa. Näiden toimenpiteiden kehittämällä pystytään helpottamaan merkittävästi yrityksen työnjohdon toimintaa työresursseja hallittaessa ja tuotannosuunnittelun toimintaa toimitusaikojen määrittämisessä sekä vähentämään yrityksen keskeneräistä tuotantoa.

Työssä käsitellään aluksi yleisesti tuotannonohjausta sekä toiminnanohjausjärjestelmiä. Toiseksi perehdytään yrityksessä käytössä olevaan toiminnanohjausjärjestelmään ja tuotannonohjausprosessiin. Seuraavaksi käsitellään nykyiset ongelmakohdat, niitä varten kehitetyt ratkaisut ja toimenpiteet. Lopuksi tarkastellaan toimenpiteiden onnistumista ja niiden vaikutusta työresurssien hallintaan sekä kapasiteetin optimointiin.

2 TUOTANNONSUUNNITTELU OSANA TOIMINNANOHJAUSTA

Tuotannonsuunnittelu on osa isompaa kokonaisuutta, toiminnanohjausta, joka käsittää yrityksen tilaustoimitusketjun eri toimintojen ja tehtävien suunnittelua sekä hallintaa. Tuotannonsuunnittelun laajuus voidaan käsittää eri yhteyksissä eri laajuisina, mutta tässä työssä tuotannonsuunnittelulla tarkoitetaan tuotteen valmistuksen suunnittelua myyntitalouksesta tuotteen valmistumiseen asti. Tässä luvussa käsitellään tuotannonsuunnittelua yleisesti sekä perehdytään syvemmin pariin erilaiseen malliin, jolla tuotannonsuunnittelua voidaan toteuttaa. Lisäksi syvennytään enemmän toisessa mallissa esitettyihin tuotannonsuunnittelun vaiheisiin. (Haverila ym. 2011, 397)

2.1 Tuotannonsuunnittelu

Kuten aiemmassa kappaleessa mainittiin on tuotannonsuunnittelu vain osa yrityksen isompaa prosessia, toiminnanohjausta. Myös tuotannonsuunnittelu jakautuu hierarkkisesti yrityksen eri tasoille. Ylemmillä tasoilla ei voida tehdä yksityiskohtaista suunnittelua, vaan pyritään laajemmin varmistamaan, että kaikkia resursseja on riittävästi. Tuotannonsuunnittelu ja ohjaus tarkentuvat siirryttäessä lähemmäksi valmistusta ohjaavaa tasoa. (Haverila ym. 2011, 409)

2.1.1 Tuotannonsuunnittelu yleisesti

Tuotannonsuunnittelulla tarkoitetaan yrityksen tuotannon sekä siihen tarvittavien työresurssien, materiaalien ja aikataulujen suunnittelua kysyntään vastaamiseksi. Tuotannonsuunnittelu toimii yhdistävänä tekijänä yrityksen muiden toimintojen välissä. Tuotannonsuunnittelu toimii yhdistävänä linkkinä yrityksen tuotannon, johdon, myynnin sekä muiden toimintojen välissä. (Sipper & Bulfin 1997, 319)

Tuotannonsuunnittelun perustana on kysyntä. Modernissa tuotannonsuunnittelussa yhdistellään jo varmistunutta kysyntää sekä ennusteita tulevasta kysynnästä. (Logistiikan maailma 2021)

Sipper & Bulfinin mukaan kysyntä ja tarjonta muodostavat jatkuvasti kiertävän ympyrän, jonka jatkuvan kiertämisen ylläpitäminen vaatii tuottavalta taholta niin, lyhyen kuin pitkänkin aikavälin suunnittelua. Tämän prosessin ylläpitämiseen tarvitaan tuotannosuunnittelua. (Sipper & Bulfin 1997, 319)

2.1.2 Tavoitteet

Tuotannosuunnittelun tavoitteina on laatia tuotantosuunnitelma, jonka seurauksena ollaan tietoisia valmistuksen kuormituksesta, alihankkijoiden toimitusmahdollisuuksista ja materiaalihankintojen tarpeista. Näiden tietojen perusteella pyritään hallitsemaan saatujen tilausten jonoa, antamaan tilauksille valmistusimpulssit sekä antamaan niille realistiset toimitusajat. (Lapinleimu & Kauppinen & Torvinen 1997, 191)

Kempf. ym on kuitenkin kuvaillut tuotannosuunnittelua ”ratkaisemattomaksi”, tällä tarkoitetaan valmistusprosessissa alati tapahtuvia muutoksia. Tuotannosuunnittelussa on otettava huomioon jatkuvasti tapahtuvat muutokset markkinoissa, kysynnässä sekä tuotannossa tapahtuvissa toiminnoissa, kuten materiaalivarauksissa, tilausten priorisoinneissa ja tuotannon ajoittamisessa. Tämä ajaa yrityksen suunnittelemaan tuotantoaan jatkuvasti uudestaan pystyäkseen vastaamaan mahdollisimman hyvin asiakkaiden tarpeisiin ja vaatimuksiin. (Kempf & Keskinocak & Uzsoy 2011)

2.1.3 Toiminnot

Tuotannosuunnitteluprosessi lähtee myynnin tarpeesta. Myynnin tarpeiden pohjalta tehdään materiaali- ja kapasiteettitarvelaskennat, sekä ulkopuolisten hankintojen tarvelaskennat, mikäli omat resurssit eivät riitä valmistamiseen. (Lehtonen 2004, 72)

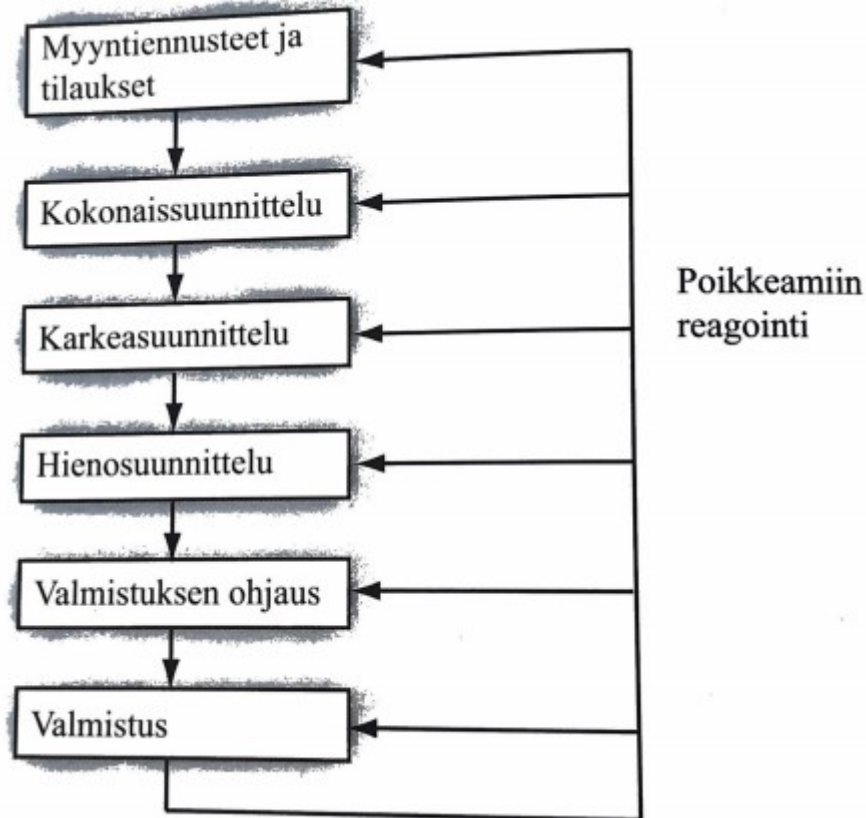
Tuotannosuunnitteluun kuuluu siis karkealla tasolla kommunikointi SOP-prosessin (Sales and Operations planning) kanssa sekä karkeat materiaali- ja kapasiteettitarvelaskennat. Karkeiden suunnitelmien lisäksi tuotannosuunnitteluun kuuluu alemman tason hienosuunnittelua ja -kuormitusta, jota tehdään lyhyemmällä tähtäimellä. Osittain tuotannosuunnitteluun voi kuulua myös varastotasojen sekä kuljetusten hallinta. Tuotannosuunnittelun toimintoihin voi siis kuulua yrityksestä riippuen monia eri toimintoja, jotka vaikuttavat yrityksen tuotteiden valmistukseen ja ajoissa asiakkaalle toimittamiseen. (Logistiikan maailma 2021)

2.2 Tuotannonsuunnittelun malleja

Tässä luvussa perehdytään tarkemmin kahteen hieman erilaiseen tuotannon suunnittelun prosessiin. Mallissa 1 tutustutaan Teollisuustalous kirjassa esitettyyn yleiseen tuotannonohjausprosessiin, joka on hieman laajemmin esitetty kuvaus. Toisessa mallissa tutustutaan Scheerin näkemykseen tuotannonsuunnittelun ja toteutuksen prosessista. Scheerin esittämä malli on vähemmän suoraviivainen ja yksityiskohtaisemmin kuvattu näkemys tuotannonsuunnittelun prosessista.

2.2.1 Malli 1

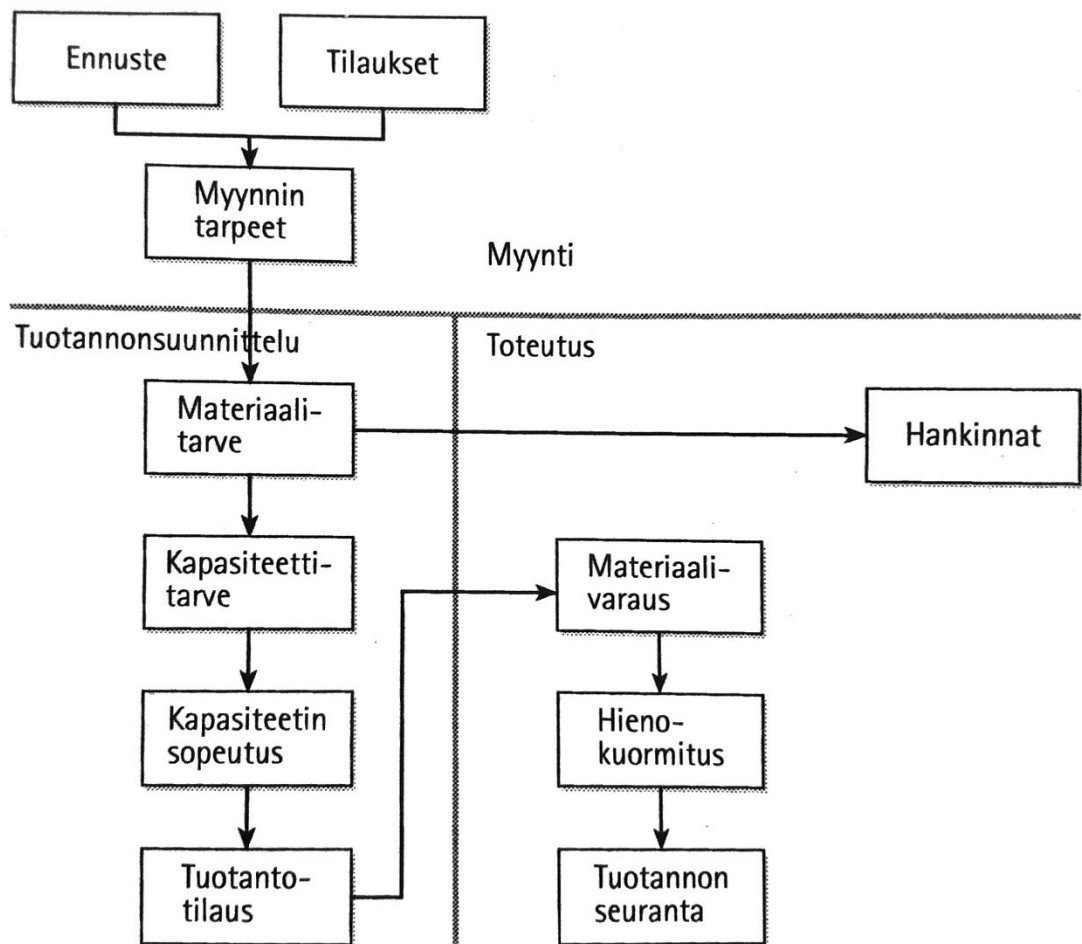
Alla olevassa Kuviossa 1 on esitetty Teollisuustalous kirjassa esitetty yleinen tuotannonohjausprosessi. Tämä malli on hyvin suoraviivainen ja selkeä. Mallissa esitetty tuotannonohjauksen prosessi on jaettu kuuteen osaan, alkaen hierarkkisesti korkeammalta tasolta ja päättyen tuotteen valmistamiseen. Mallissa esitetyt prosessin vaiheet ovat: myyntiennusteet ja tilaukset, kokonaissuunnittelu, karkeasuunnittelu, hienosuunnittelu, valmistuksen ohjaus ja valmistus. Mallissa esitetty prosessi on jakautunut laajasti koko yrityksen toimintaan, sillä sen ensimmäisistä vaiheista vastaa yrityksen johtoporras, kun taas viimeisimpänä vaiheena on yrityksen tuotanto. Tämän mallin vaiheisiin perehdytään syvemmin kappaleessa 2.3. (Haverila ym. 2011, 409)



Kuvio 1 Yleinen tuotannonohjaus prosessi. (Haverila ym. 2009, 409.)

2.2.2 Malli 2

Kuviossa 2 (alla) on esitetty Scheerin näkemyksen mukainen tuotannosuunnittelun ja toteutuksen prosessi. Scheerin näkemys prosessista on hieman edellisessä luvussa käsiteltyä mallia yksityiskohtaisempi ja monivaiheisempi. Mallissa prosessi on jaettu kolmeen suurempaan osa-alueeseen, jotka ovat: myynti, tuotannosuunnittelu ja toteutus. Myynnin osa-alueeseen puolestaan kuuluu ennusteet ja tilaukset, joista muodostuu myynnin tarpeet. Tuotannosuunnittelun alle mallissa on määritelty materiaalitytarpeet, kapasiteettitarpeet, kapasiteetin toteutus sekä tuotantotilaus. Viimeinen suurempi ryhmä, eli toteutus, koostuu hankinnoista, materiaalityvarauksista, hienokuormittamisesta sekä tuotannon seurannasta. (Lehtonen 2004, 72)



Kuvio 2 Scheerin tuotannosuunnittelun malli. (Lehtonen 2004, 72.)

Scheerin mallin tuotannosuunnittelun prosessi lähtee myynnin tarpeista. Tarpeiden pohjalta tehdään oman tuotannon sisäinen materiaaliarvesuunnittelu ja ulkopuoliset hankinnat. Näiden jälkeen lasketaan suunnitellun tuotannon kapasiteettitarvetta. Kapasiteettitarvelaskennan jälkeen siirrytään kapasiteetin sopeutukseen, jonka tavoitteena on varmistua siitä, että suunnitellun tuotannon vaatima kapasiteetti saadaan hankittua. Vaadittava kapasiteetti voidaan hankkia joko ylitöillä tai siirtämällä osa tuotannosta myöhemmin tehtäväksi. (Lehtonen 2004, 72-73)

Tuotannosuunnittelun tuloksena tässä Scheerin mallissa saadaan tuotantotilaus. Tuotantotilaus varaa tietojärjestelmässä tarvittavat materiaalit. Tuotantotilauksille voidaan tehdä hienokuormitus, jossa paperipohjaisessa toiminnassa voidaan tulostaa työtä oh-

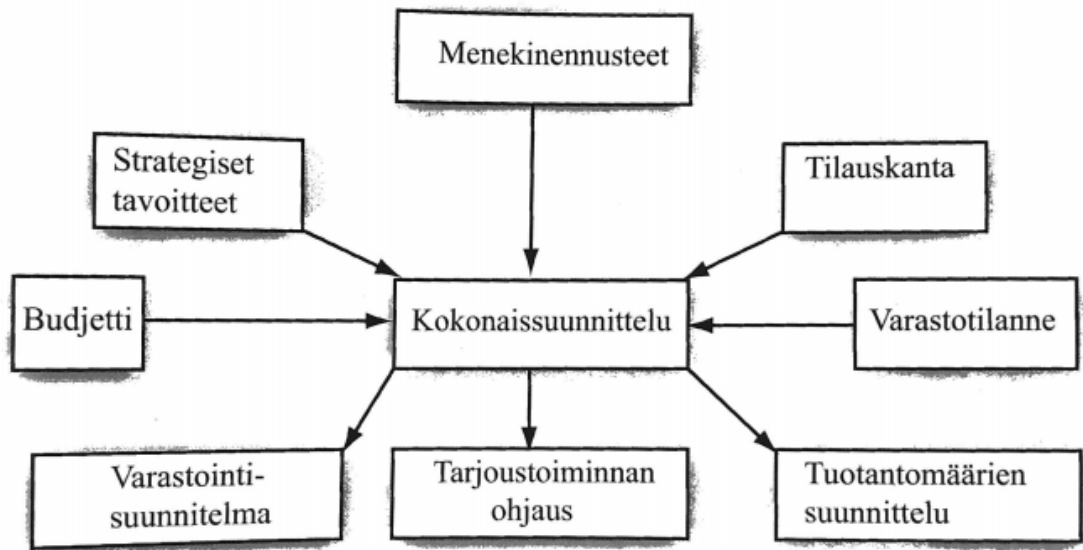
jaava ja sen mukava kulkeva työmääräin. Viimeisenä vaiheena on toteutumisen seuranta, jossa nimensä mukaisesti seurataan, kuinka työ kulkee sille annettujen vaiheiden läpi. (Lehtonen 2004, 73)

2.3 Tuotannonsuunnittelun vaiheet

Tässä luvussa käydään tarkemmin läpi kappaleessa 2.2.1 esitettyä yleistä tuotannonohjausprosessia, ja tarkemmin sen kolmea eri tasoista suunnittelun vaihetta. Kuten kuviossa 1 esitetään alkaa yleinen tuotannonohjausprosessi myyntiennusteista ja -tilauksista. Ja kuten aikaisemmin on mainittu, on niiden käsitteleminen pääosin yrityksen johdon tehtävissä. Myyntiennusteiden ja -tilausten arvioimisella luodaan suuntaviivat yrityksen budjetille ja tuotantosuunnitelmalle. (Haverila ym. 2011, 409)

2.3.1 Kokonaissuunnittelu

Tämän mallin mukaan kokonaissuunnittelulla tarkoitetaan ylimmän tason suunnittelua, jossa käsitellään tuotannon kokonaisvolyymiä ja taloutta koskevat suunnitelmat. Kokonaissuunnittelun tehtäviin kuuluu ainakin yrityksen toiminnan volyymien määrittely, kapasiteetin ja eri resurssien kokonaistarpeen määrittely sekä varastotasojen suunnittelu. (Haverila ym. 2011, 411-412)



Kuvio 3 Kokonaissuunnittelun tehtäviä. (Haverila ym. 2009, 412.)

Kuviossa 3 on kuvattuna kokonaissuunnitteluun tehtäviä. Kokonaissuunnittelun perustana on yrityksen tilaukanta, arvioidut menekkiennusteet ja varastotilanne. Kokonaissuunnittelun tietoja käytetään lähtökohtana tarkempia suunnitelmia tehdessä. Niiden tietojen avulla voidaan myös suunnitella kapasiteetin muutoksia, tehdä tuote- ja materiaali-varastojen tasojen suunnittelua, tehdä rekrytointeja sekä tehdä kausisopimuksia alihankkijoiden sekä toimittajien kanssa. (Haverila ym. 2011, 412)

2.3.2 Karkeasuunnittelu

Karkeasuunnittelu tulee kokonaissuunnittelun jälkeen, ja on sitä tarkempaan suunnitteluun. Karkeasuunnittelua tehdään tavallisesti muutaman viikon aikajänteellä. Perusteena karkeasuunnittelulle on useimmiten yrityksen tilaukanta, tuotteiden varastotilanne ja valmistusbudjetin tavoitteet. Karkeasuunnittelua tehdessä ennusteilla ei ole juurikaan roolia, kuten kokonaissuunnittelussa. Karkeasuunnittelun keskeisimmät tehtävät ovat: resurssien käytön yleissuunnittelu ja toimituskyvyn määrittely. (Haverila ym. 2011, 415)

Resurssien käytön yleissuunnittelulla tarkoitetaan tuotannon vaatimien resurssien määrittelyä ja resurssien käytön yleissuunnittelua. Suunnittelussa määritellään henkilö-, kone- ja laitekapasiteetti yleisellä tasolla ja tarvittaessa tehdään päätöksiä kapasiteetin lisäämisestä tai vähentämisestä. Karkeasuunnittelu ei tavallisesti keskity valmistuksen

ohjaukseen, vaan pääasiallinen huomio keskittyy valmistuksen resurssien sopeuttamiseen menekkiä vastaavalle tasolle. (Haverila ym. 2011, 415)

Toinen karkeasuunnittelun päätehtävä on yrityksen toimituskyvyn hallinta. Asiakasohjautuvassa tuotantomallissa luvatut toimitusajat perustuvat useimmiten tuotannon karkeasuunnitteluun. (Haverila ym. 2011, 415-416)

2.3.3 Hienosuunnittelu

Hienosuunnittelun tehtävänä on määrittää valmistuksen yksityiskohtainen suunnitelma. Tuloksena hienosuunnittelusta saadaan tarkka tuotantosuunnitelma, jonka perusteella tuotannossa toimitaan. Perustana hienosuunnittelulle on karkeasuunnittelussa tehty tuotantoerien karkea ajoittaminen. (Haverila ym. 2011, 417)

Hienosuunnittelun tuloksena saadaan tuotantoerät ja niiden eri työvaiheiden ajoitus sekä tarkka suunnitelma tuotantoresurssien käytöstä. Mikäli mahdollista, hienosuunnittelussa pyritään yhdistelemään samojen tuotteiden sekä osien valmistusta suuremmiksi sarjoiksi. (Haverila ym. 2011, 417)

Ajoitettaessa työvaiheita, on syytä tuntea tuotteiden eri työvaiheet sekä vaiheajat. Vaiheajojen tarkkuus riippuu hienosuunnittelulle asetetuista tarkkuusvaatimuksista. (Haverila ym. 2011, 417-418)

Valmistussuunnitelmaa laadittaessa on syytä tietää tarkasti tuotannon todellinen tilanne. Kuormitusryhmien työjonot, tuotannon myöhät ja tuotantohäiriöt sekä mahdolliset työresurssien äkilliset puutteet vaikuttavat käytettävissä olevaan kapasiteettiin. Suurimpia hankaluuksia hienosuunnittelussa aiheuttaa erilaiset häiriöt ja muutokset, joiden seurauksena tuotantoa joudutaan uudelleen suunnittelemaan. Hienosuunnittelun aikajännettä pyritään pitämään mahdollisimman lyhyenä, jotta suunnittelu voidaan perustaa varmempien tietojen pohjalle. Aikajänne hienosuunnittelulle on tavallisesti yhdestä viikosta päivään. (Haverila ym. 2011, 418)

3 TOIMINNANOHJAUSJÄRJESTELMÄT

Tässä luvussa käsitellään toiminnanohjausjärjestelmiä eli ERP-järjestelmiä (Enterprise Resource Planning). Luvussa käydään läpi järjestelmien historiaa, niiden käyttöönottoa sekä niiden nykytilaa ja tulevaisuutta. Lisäksi käydään läpi järjestelmien tehtäviä sekä sovelluksia ja rakennetta.

3.1 Toiminnanohjausjärjestelmät yleisesti

Toiminnanohjausjärjestelmillä tarkoitetaan yrityksen ohjaamiseen käytettäviä laajoja, kokonaisvaltaisia tietojärjestelmiä. Toiminnanohjausjärjestelmille tyypillistä on, että se on integroitu eli sen perustana on yksi yhteinen tietokanta, johon kaikki toiminnot liittyvät. (Logistiikan maailma 2021)

Toiminnanohjausjärjestelmä on yksi osa sitä yrityksen kokonaisuutta, jonka tehtävänä käytännössä on valmistaa mahdollisimman hyvälaatuinen ja halpa tuote asiakkaalle. Järjestelmän avulla pidetään yllä yrityksen perustoimintoja, kuten tuotanto, hankinnat, varastointi, myynti sekä laskutus. (Lehtonen 2004, 128)

Lisäksi ERP-järjestelmän avulla ohjataan yrityksen perustietoihin liittyviä tapahtumatie-toja sekä hoidetaan yrityksen eri toimintojen suunnittelua ja ohjausta. ERP -järjestelmän keskeisenä ideana on siis yrityksen tietojenkäsittelyn ja toiminnanohjauksen integrointi. Tämä tarkoittaa siis sitä, että järjestelmään kerran syötetty tieto on kaikkien osastojen käytössä eikä sitä tarvitse syöttää enää uudestaan. Toiminnanohjauksen integrointi tarkoittaa käytännössä sitä, että toiminnanohjausjärjestelmän avulla voidaan hallita ja ohjata kaikkia yrityksen toimintoja, resursseja, tuotantolaitoksia sekä keskitetysti suunnitella liiketoiminnan ja tuotannon toteutusta. (Haverila ym. 2011, 430)

Toiminnanohjausjärjestelmiä sekä niitä toimittavia yrityksiä on nykypäivänä todella paljon. Suurimpia toimittajia maailmassa ovat saksalainen SAP sekä yhdysvaltalainen Oracle. (Lehtonen 2004, 128)

3.1.1 Historia

Kuten monessa muussakin asiassa, on tietotekniikan rooli yritystoiminnassa kasvanut valtavasti viimeisten vuosikymmenten aikana. Tänä päivänä ATK-järjestelmistä pohjautuneet toiminnanohjausjärjestelmät ovat keskiössä valtaosassa yrityksistä. Useimpien yritysten monet päivittäiset toiminnot kuten ostot, myynti sekä valmistus kulkevat kaikki toiminnanohjausjärjestelmän kautta. (Lehtonen 2004, 127)

ATK-tekniikan käytön ensimmäisenä aikakautena yritystoiminnassa pidetään vuosia 1966-1980. Tänä aikana odotukset tietokoneiden käytöstä ohjauksineina olivat korkealla, mutta niin ei kuitenkaan tapahtunut. Tietokoneille pyrittiin siirtämään ihmiselle vaikeat ohjausongelmat, mutta ne pystyivät kuitenkin vain parhaimmillaankin nopeisiin haku- ja tiedonkäsittelyoperaatioihin, edellyttäen, että tietojoukot olivat riittävän täsmällisiä. (Karjalainen & Blomqvist & Suolanen 2001, 10)

70-luvulla tietotekniikasta tuli pysyvästi apuväline tuotannonohjaukseen MRP:n (Material Requirements Planning), eli materiaalien tarvelaskennan myötä. Alkuvaiheessa MRP:n ja tuoterakenteiden avulla pystyttiin laskemaan materiaalien ja tuotteiden ajoitettujen tarpeiden aikoja. Tämä huomattiin kuitenkin nopeasti riittämättömäksi, sillä ohjelma ei käsitellyt lainkaan kapasiteettirajoitteita. Pian ohjelmistoihin lisättiin kapasiteetin tarvelaskentaan, hienokuormittamiseen ja ostotoimintaan kykeneviä ohjelmistoja, jolloin syntyi takaisin kytketty MRP (closed loop MRP). MRP II nimitystä alettiin käyttää 80-luvun puolivälissä, kun aikaisempiin ohjelmistoihin lisättiin taloushallinnon, myynnin ja markkinoinnin järjestelmiä. (Karjalainen & Blomqvist & Suolanen 2001, 10)

Uusia tuulia tuotannonohjaukseen toi 1980-luvun puolenvälin jälkeen japanilaisen auto-teollisuuden, kärkenään Toyota Motor Companyn tuotantoajattelu, josta jalostettiin JIT-tuotantomalli (just in time). JIT:n ohella mikrotietokoneiden yleistyminen loi yrityksille mahdollisuuksia pyrkiä hajautettuun ohjaukseen, jonka ideana oli omat paikalliset ohjaustyökalut tuoteverstailla sekä verstaiden ohjaus melko kevyillä järjestelmillä. JIT lisäsi myös kiinnostusta organisaatioiden välisiin tiedonsiirtoihin. Autoteollisuus kehitti ODETTE-standardin, jolla pystyttiin siirtämään määrämuotoisia sanomia dataverkossa järjestelmästä toiseen. ODETTE-järjestelmä innoitti muitakin toimialoja kehittämään standardeja, joiden kehitystyön tuloksena voidaan pitää myöhemmin käytettyä EDIFACT-järjestelmää. (Karjalainen & Blomqvist & Suolanen 2001, 12-13)

1990-luvulla havahduttiin siihen, että valmistuksen lisäksi myös yrityksen muiden osa-alueiden toiminnoilla on suuri merkitys. Esimerkiksi tuotteiden suunnittelun todettiin olevan suuressa roolissa tuotantoon nähden suunnitellessaan valmistusystävällisiä ja asiakkaan toiveita täyttäviä tuotteita. Kiinnostus joustaviin valmistusjärjestelmiin kasvoi valtavasti ja näin sai alkunsa termi CIM (Computer Integrated Manufacturing). CIM pääperiaatteena oli liiketoiminnan kehittäminen teollisuusautomaation ja tietotekniikan avulla. Kehittämisen päätavoite oli selvä, automatisoi ja integroi. Tämän perusteella tietotekniikka alettiin käyttää toiminnassa ja sen ohjaamisessa harkiten, niin että aluksi eri toiminnoille perustetaan automaatioosaarekkeitä, jonka jälkeen ne integroidaan kokonaisuudeksi. Integroinnilla tarkoitetaan kaikkien tietokantojen yhdistämistä niin, että ne ovat kaikkien käytettävissä. (Karjalainen & Blomqvist & Suolanen 2001, 14)

1990-luvun alussa Gartner Group arvioi uudelleen resurssinhallintaohjelmistoja. Silloin huomattiin, että järjestelmien toiminnallisuudet ja teknologia olivat kehittyneet niin paljon, että ne nimettiin ERP:ksi (Enterprise Resource Planning). (Karjalainen & Blomqvist & Suolanen 2001, 14)

Myöhemmin 90-luvulla verkostoitumisesta tuli muoti-ilmiö. Verkostoitumisella tässä yhteydessä tarkoitetaan yritysten tarvetta keskittyä vain omaan ydinosaamiseen ja sen takia ydinosaamiseensa kuulumattomien tarpeidensa täyttämistä verkostoitumalla, niin maantieteellisesti kuin toiminnallisestikin. Verkostoitumisen seurauksena syntyi uusia ERP:n ulkopuolisia järjestelmiä APS (Advanced Planning Scheduling), joka ottaa paremmin huomioon kaikki tuotantoa rajoittavat tekijät kuin perinteiset ERP-järjestelmät ja SCM (Supply Chain Management), jolla pyritään hallitsemaan yritysrajoja ylittävien toimitusprosessien tehokkuutta. Alun perin APS- ja SCM-ohjelmatuotteet suunniteltiin ERP:n ulkopuoliseksi työkaluiksi ja niitä toimittivat täysin muut yritykset kuin varsinaiset ERP-toimittajat. Kuitenkin, kun rajapinnat ohjelmistojen välillä kehittyivät, alkoivat ERP-toimittajatkin tarjota ratkaisua tältäkin alueelta. (Karjalainen & Blomqvist & Suolanen 2001, 16)

Kaikilla aikakausilla tietotekniikalla on ollut suuri vaikutus yritysten toiminnan ja toiminnanohjauksen kehittymiselle. Tietojärjestelmät ja ohjaustyökalut eivät ole kuitenkaan yksin ratkaisu tuotantoverkon ohjauksessa. Verkostoituneiden yrityksen hyvään johtamiseen tarvitaan edelleen rajat ylittävää vuorovaikutusta organisaatioiden ja yksiköiden välillä. (Karjalainen & Blomqvist & Suolanen 2001, 18-19)

3.1.2 Käyttöönotto

Toiminnanohjausjärjestelmillä on suuri vaikutus yrityksen toimintaan, sen kannattavuuteen ja kilpailukykyyn. Liiketoimintaprosessien suunnittelua ja toteutusta hyvin tukeva tietojärjestelmä säästää merkittävästi kustannuksia, auttaa yrityksen resurssien kohdentamisessa sekä parantaa yrityksen asiakaspalvelukykyä. Toiminnanohjausjärjestelmän hankintaprojektiin liittyy monia käsitteitä kuten, projektin tavoitteet, hinta, resurssit, aikataulu, vaiheet, aktiviteetit ja henkilöiden roolit projektissa. Käsitteistä tärkein on tavoite, sillä yrityksellä tulee olla selkeä käsitys siitä, miksi se aikoo hankkia toiminnanohjausjärjestelmän ja mitä sen hankinnalla halutaan liiketoiminnassa saavuttaa. Toiminnanohjausjärjestelmän hankintaprojektin hinta, lopullinen laajuus ja tarvittavat resurssit on etukäteen vaikea määrittää tarkasti. Näistä voidaan tehdä karkea budjetti, jota sitten päivitetään hankkeen edetessä. Toiminnanohjausjärjestelmän hankintaprojektin aktiviteetit, vaiheet ja henkilöiden roolit on mahdollista suunnitella etukäteen, kun tiedossa on, mikä järjestelmä tullaan hankkimaan. Hyvällä valmistautumisella ja suunnittelulla on suuri vaikutus hankintaprojektin onnistumisen ja tavoitteiden saavuttamisen suhteen. (Vilpola & Kouri 2006, 7 & 11)

Jokaisen toiminnanohjausjärjestelmän hankintaprojektin päätavoitteena on liiketoimintaprosessien ja sitä kautta liiketoiminnan kehittäminen. Pelkkä tietojärjestelmien uusiminen ei kuitenkaan siihen yksin riitä, muutos pitää tulla myös koko yrityksen toimintatapoihin ja -prosesseihin. Toiminnanohjausjärjestelmän hankintaprojektin aikana kannattaa ottaa siis tarkasteluun myös kokonaisuudessaan yrityksen toimintamalli ja sen edellytykset. Päätös toiminnanohjausjärjestelmän hankintaan voi olla yrityksen ulkopuolelta tuleva pakotettu toimenpide esimerkiksi yritysostojen kohdalla, vanhan järjestelmän päättymisen myötä tai järjestelmän vanhentuuessa. Päätös voi perustua myös tarpeelle toiminnan verkostoituessa ja tätä kautta vaatimuksille tiedonvaihtoon yritysten kesken. Myös samalla alalla toimivien yritysten toiminnanohjausjärjestelmähankinnat voivat aiheuttaa tarpeen kehittää yrityksen omaa toimintaa uudistamalla toiminnanohjausjärjestelmän kilpailukykyä säilyttämiseksi. (Vilpola & Kouri 2006, 11)

Toiminnanohjausjärjestelmän hankintaprojektin laajuus voi tulla yllätyksenä yrityksille, jotka ovat hankkimassa yhtä uutta tietojenkäsittelyjärjestelmää, sillä hankkeessa on kyse kokonaisuuden muuttamisesta, joka sisältää niin tietojärjestelmiä, yrityksen toiminnanohjauksen kuin yksittäisten henkilöiden työtehtäviäkin. Ajallisesti koko toiminnanohjausjärjestelmän hankintaprojekti voi viedä pk-yritykseltä jopa vuosia, alkaen strategisesta

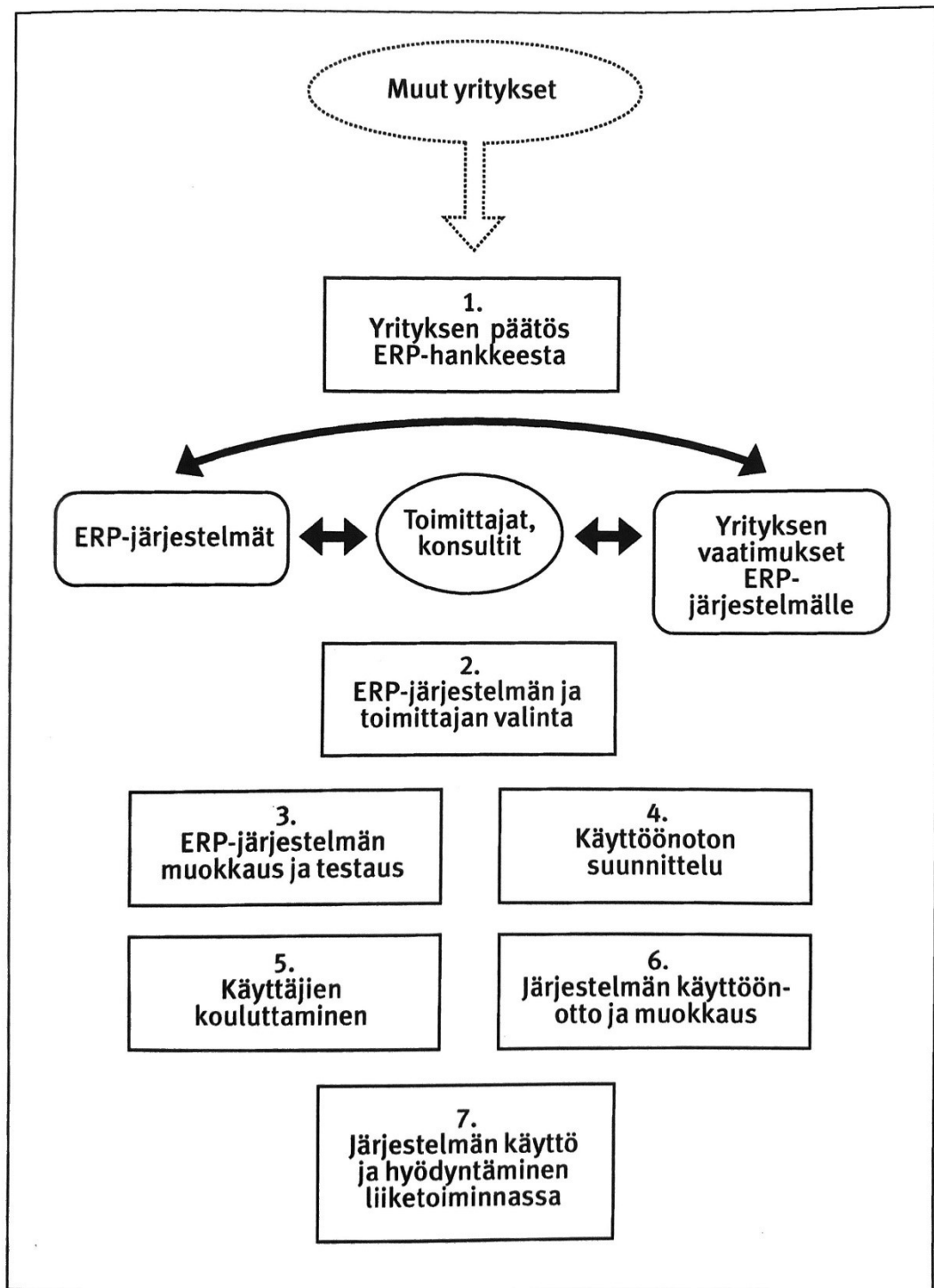
päätöksestä ja päättyen tuotannollisten tavoitteiden saavuttamiseen. Ja suuremmilla yrityksillä vieläkin kauemmin. Kaikesta tästä ajasta suurimman osan vie kuitenkin tavoitteiden ja vaatimusten määrittely sekä hankeorganisaation pystyttäminen. Varsinainen käyttöönotto eli käyttäjien koulutus, ohjelmamoduulien testaus ja toiminnanohjausjärjestelmän tuotantokäytön aloittaminen on vain lyhyt jakso koko projektista. Pk-yrityksillä käyttöönotto vie tavallisesti kuukausia ja isommilla yrityksillä siitä eteenpäin aina vuoteen asti. (Vilpola & Kouri 2006, 12)

Toiminnanohjausjärjestelmän hankintaprojektin resursointi on usein ongelmallista, sillä useimmiten resurssit tuntuvat riittämättömiltä. Varsinkin pk-yrityksissä kaikkia yrityksen omia resursseja ei pystytä keskittämään projektiin, ainakaan koko projektin ajaksi, sillä normaalit tarpeetkin säilyvät projektin aikana, elleivät jopa lisäänty. Esimerkiksi tietohallintopäälliköllä on samanaikaisesti hoidettavanaan myös yrityksen muut tietojenkäsittelyyn liittyvät asiat. Muiden tehtävien ohella, jokaisella uutta toiminnanohjausjärjestelmää jatkossa käytävällä työntekijällä pitäisi olla työajan puitteissa mahdollisuus uuden järjestelmän opettelemiseen niin ohjatussa opetuksessa kuin myös työkäytössä. Näistä syistä johtuen, on varmaa, että työteho alenee hetkellisesti. Työtehon alenemaan onkin hyvä varautua etukäteen esimerkiksi tuotantopuskureilla tai ilmoittamalla asiasta asiakkaille. (Vilpola & Kouri 2006, 12)

Toiminnanohjausjärjestelmän hankintaprojektin käynnistämisen tarpeita voi olla monia erilaisia kuten aiemmin todettiin. Hankintaprojektin päävaiheet voivat eri tilanteissa vaihdella, mutta yleisesti niitä on seitsemän. Tässä työssä vaiheisiin ei keskitytä sen tarkemmin, mutta ne ovat listattuna alla sekä havainnollistettu kuviossa 4, jossa rinnakkain kuvattujen vaiheiden järjestys saattaa tapauksesta riippuen vaihdella tai ne voidaan suorittaa osittain päällekkäin.

1. Yrityksen päätös ERP- hankkeesta
2. ERP-järjestelmän ja toimittajan valinta
3. ERP-järjestelmän muokkaus ja testaus
4. Käyttöönoton suunnittelu
5. Käyttäjien kouluttaminen
6. Järjestelmän käyttöönotto ja muokkaus
7. Järjestelmän käyttö ja hyödyntäminen liiketoiminnassa.

Hankintaprojektin päävaiheet esitettynä myös alla kuviossa 4. (Vilpola & Kouri 2006, 12)



Kuvio 4 Yrityksen ERP-hankkeen päävaiheet. (Vilpola & Kouri 2006, 13.)

3.1.3 Nykytila ja tulevaisuus

Nykypäivänä, suurinta osaa yrityksistä pyöritetään toiminnanohjausjärjestelmillä. ERP-järjestelmillä ohjataan yritysten keskeisimpiä toimintoja kuten tuotantoa, varastoja, taloushallintoa ja myyntiä. ERP-järjestelmien joustavuus ja nopealiikkeisyys voivat vaikuttaa suuresti siihen, kuinka nopeasti yritys pystyy uudistautumaan. Ongelmaksi onkin tänä päivänä tullut muutosten nopeus. (Kauppalehti Studio 2015)

Nopea muutosvalmius on nykypäivänä yritysten elinehto. Tavallisesti ERP-järjestelmään on tarjottu päivityksiä keskimäärin kaksi kertaa vuodessa. Mikäli toiminnanohjausjärjestelmästä tulee muutoksen hidastaja, voi se olla esteenä koko yrityksen uudistumiselle. On yhä yleisempää, että muut osastot ajautuvat ristiriitaan it-osaston kanssa muiden osastojen hankkiessa ensiapua netissä toimivista palveluista. Uusia ketterämpiä ohjelmia tarvitaan nopeasti, joka hajottaa yrityksen toimintaa ja keskitetyn ohjauksen ideaa. (Kauppalehti Studio 2015)

Haasteisiin ollaan kuitenkin kehittämässä ratkaisuja. Toiminnanohjauksen uudet askeleet pohjautuvat kahteen uudistukseen. Ensimmäisenä uudistuksena on kaavailtu toiminnanohjauksen siirtymistä pilveen. Tällöin yritysten ei tarvitsisi hankkia järjestelmää itselleen, vaan sen voisi hankkia palveluna palveluntarjoajalta. Pilvitekniikan ansiosta yrityksen pääsisivät käyttämään uusinta ja parasta teknologiaa kuukausimaksun maksamalla, eikä järjestelmään tarvitsisi sijoittaa enää suurta riskiä ja suuria summia rahaa. Lisäksi pilvitekniikan ansiosta järjestelmän hankkiminen nopeutuisi ja joustavuus parani. (Kauppalehti Studio 2015)

Toinen ratkaisu liittyy järjestelmien toimimiseen reaaliajassa. Järjestelmien uudessa sukupolvessa nopeus on noussut isoon rooliin. Uusissa järjestelmissä tietokantoja ajetaan palvelinten nopeassa keskusmuistissa, tällöin raporttien luomista varten tietoja ei tarvitse kierrättää välivarastojen kautta, vaan sitä voidaan hakea lähes reaaliajassa. (Kauppalehti Studio 2015)

Vaikka uudet tekniikat tuovat suuria parannuksia vanhaan, kannattaa hankinnat tehdä suunnitellusti. Tyypillisesti järjestelmää täydennetään aluksi helposti ja nopeasti käyttöön otettavilla pilvilisäosilla. Ja kun koko järjestelmää ollaan uusimassa, siirrytään lopullisesti pilvipohjaisiin palveluihin. (Kauppalehti Studio 2015)

3.2 Toiminnanohjausjärjestelmien sovellukset

Toiminnanohjausjärjestelmistä löytyy sovellusalueita niin rahavirtojen ohjaamiselle kuin toimitus- ja tuotantoketjujen ohjaamisellekin. Rahavirtojen ohjaamista varten löytyy järjestelmistä sovellusalueita palkanlaskentaan, myyntisaamisten, pääkirjan ja ostovelkojen kirjaamiseen ja hallintaan. Toimitus- ja tuotantoketjun ohjaamista varten järjestelmistä löytyy kokonaisuudet hankinnalle, myynnille, materiaalinhallinnalle ja tuotannonohjaukselle. Näiden enemmän päivittäisessä käytössä olevien sovellusten lisäksi toiminnanohjausjärjestelmästä löytyy useimmiten sovelluksia myös johdon laskentatoimen, prosessien seurannan ja niihin liittyvän päätöksenteon tukemista varten. (Lehtonen 2004, 129)

Toiminnanohjausjärjestelmien keskeisimmiksi tehtäviksi voidaan lukea perustietojen ylläpito, tapahtumatietojen hallinta, tietojen välitys organisaation sisällä, suunnitelmien laadinta ja ylläpito, toteutumatiетоjen keruu ja ylläpito, asiakirjojen ja dokumenttien tuottaminen sekä tilastointi ja raportointi. (Haverila ym. 2011, 430)

3.2.1 Toiminnanohjausjärjestelmät osana tuotannosuunnittelua

Kuten monessa muussakin tehtävässä nykypäivänä, ERP-järjestelmä on tärkein työkalu tuotannosuunnittelun näkökulmasta. Alla olevan taulukon 1 perusteella tuotannosuunnittelun perusrutiineihin kuuluu työnumeroiden avaus, materiaalivaraukset, kapasiteetti-varaus sekä hinnoittelu rakenteiden mukaan. Näiden lisäksi tuotannosuunnitteluun voi liittyä ainakin osittain myös taulukossa sen ylä- ja alapuolella olevien laatikoiden tehtäviä, kuten esimerkiksi toimitusaikojen määrittelyä ja valmistumisten kirjaamista. (Haverila ym. 2011, 430-432)

Taulukko 1 Toiminnanohjauksen perusrutiineja. (Haverila ym. 2009, 432.)

Tarjouslaskenta - vanhojen tarjousten muokkaus - hinnoittelu - tarjouskanta - siirto tilaukseksi	Tilausten käsittely - tilausten syöttö - toimitusaikojen määrittely - tilausvahvistukset	Ostotoiminta - hankintaehdotukset - ostotilaukset - saapumisten valvonta - alihankintojen ohjaus - vuosisopimukset
Tuotesuunnittelu, tuoterakenteiden käsittely - materiaalit ja komponentit - työvaiheet	Tuotannon suunnittelu - työnumeroiden avaus - materiaalivaraukset - kapasiteettivaraukset - hinnoittelu rakenteiden mukaan	Raaka-aine- ja komponenttivarasto - saapumiset tilausten mukaan, inventoinnit - materiaaliotot ja -siirrot, keräilydokumentit
Jälkilaskenta - työkohtaisesti ja osastoittain - materiaalit ja työtunnit - vertailu suunnitelmiin	Valmistuksen ohjaus - töiden etenemisen valvonta - töiden aloitus, työpaperit - valmistumisten kirjaus - kustannuslaskentatiedot	Lähetys - toimituspaperit - lähetyksen kirjaus - kuljetussuunnittelu
Hallintorutiinit - laskutus, tilastot - myynti/ostoreskontra - kirjanpito/palkanlaskenta	Johto - yhteenvetoraportit	Perustiedot - asiakasrekisteri - toimittajarekisteri - ohjaustiedot

Seuraavissa kappaleissa käydään läpi kolmea työkalua, joiden avulla tarvelaskennat ja tuotannon kontrollointi on helpottunut huomattavasti. Nämä ovat MRP (Material requirements planning) eli tarvelaskennat ja Capacity planning and management eli kapasiteetin suunnittelu sekä PAC (Production activity control) eli tuotannon toimintojen hallinta.

3.2.2 Tarvelaskennat & Tuoterakenne

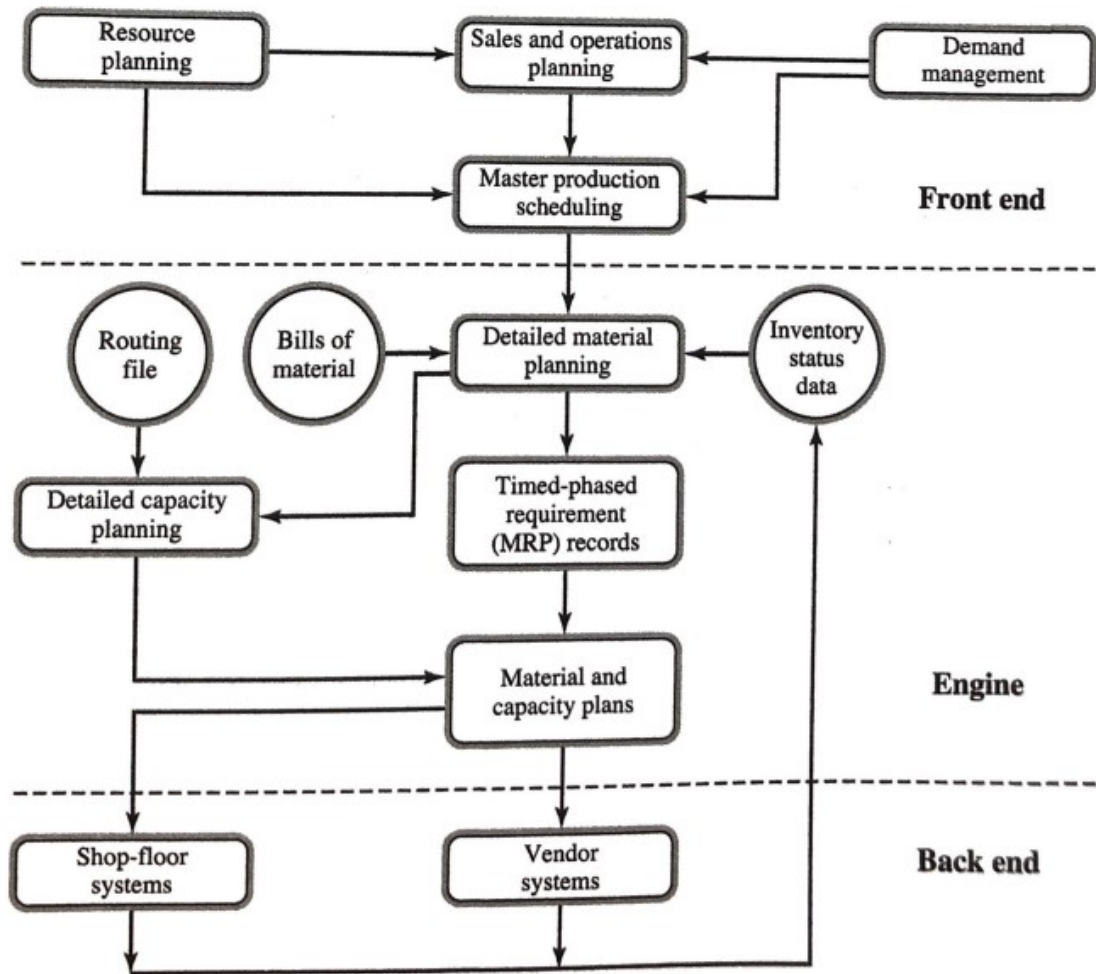
Toiminnanohjausjärjestelmien kehittyminen on muuttanut materiaalien, komponenttien ja puolivalmisteiden optimaalisten hankinta- ja valmistuserien kokojen määrittämistä. Puolivalmisteiden ja lopputuotteiden valmistamista varten on kehitetty sovelluksia, kuten esimerkiksi MRP (Material requirements planning) eli tarvelaskenta, joka paneutuu tarvittavien raaka-aineiden, komponenttien ja puolivalmisteiden oikea-aikaiseen hankintaan ja valmistukseen. MRP:n tavoitteena on tuottaa oikea osa oikeaan aikaan, niin että

se osuu valmistettavan lopputuotteen aikatauluun. Tämän saavuttaakseen, on jokaisella materiaalilla, komponentilla ja kokoonpanolla oltava oma osanumeronsa. On myös tärkeää yrittää suorittaa toimenpiteet ilman ylimääräistä varastointia, ylitöitä, henkilöstöä tai muita resursseja. (Jacobs ym. 2011, 182)

Tuotannosuunnittelun osaksi kuuluvat tarvelaskennat, niin materiaalien kuin kapasiteettinkin. Tarvelaskennat ovat rutiini, jossa selvitetään tuote-erän tai tilauksen vaatimien materiaalien ja kapasiteetin tarve. Lähtötiedot tarpeille saadaan tuoterakenteessa määriteltyjen materiaali- ja kapasiteettitarpeiden mukaan. Tarvelaskennan yhteydessä tarkastellaan yrityksen kuormitustasoa, ja määritellään eri työvaiheiden ajankohdat, perustuen työvaiherakenteeseen. Näin saadaan määriteltyä kapasiteetin kuormitusajankohta sekä materiaalitարpeiden ajoitus. (Haverila ym. 2011, 433-434)

Tarvelaskennoiden eli MRP:n esittämistä varten on tehty työkalu, jonka pääasiallisena tehtävänä on tuoda esitettyyn muotoon yksityiskohtaisen materiaalisuunnittelun toiminnot komponenttien ja puolivalmisteiden valmistuksessa lopputuotteiksi. Tarvelaskenta on käytössä monella sellaisella yrityksellä, jotka valmistavat tuotteita erätuotannolla. Tarvelaskennan tavoitteena on tuottaa oikea osa oikeaan aikaan niin, että se sopii lopputuotteen valmistuksen aikatauluun. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi Manufacturing Planning & Control for Supply Chain Management kirjassa esitettyä MRP työkalun rakennetta ja toimintoja. (Jacobs ym. 2011, 182)

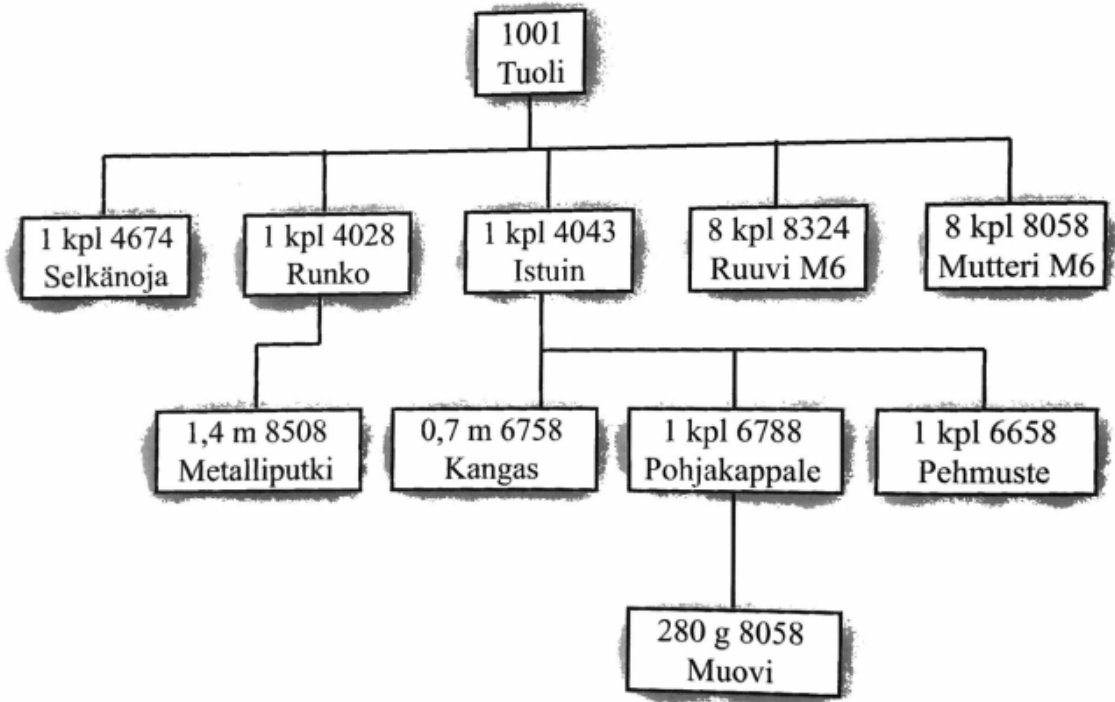
Lähtiessään kehittämään tuotannon ohjaustaan, moni erätuotantoa tekevä yritys aloittaa ensimmäisenä kehittämällä tarvelaskentaan liittyviä toimintoja. Avainasemassa koko tuotannon kehittämisessä on tuotantolaitoksen kattava aikaan sidottu suunnitelma. Alla olevassa kuviossa 5 on kuvattu yrityksen tuotannonohjausjärjestelmä. Kuvioista 5 nähdään, kuinka tuotannonohjauksen keskiössä on tarvelaskenta. Valmistellessaan yksityiskohtaisia materiaalisuunnitelmia, yrityksen täytyy käyttää ylemmän tason aikaan sidottua tuotantosuunnitelmaa (Master production schedule) ja luoda siitä tarkempi materiaalien, komponenttien ja puolivalmisteiden tarvesuunnitelma. Edellisen lisäksi, tarkemman suunnitelman tekemiseen tarvitaan, kuten kuviossa 5 on esitetty, tuotteiden tuoterakenteet (Bills of material) sekä ajankohtaiset varastojen saldojen määrät (Inventory status data). (Jacobs ym. 2011, 182-183)



Kuvio 5 Tuotannon suunnittelu- ja ohjausjärjestelmä. (Jacobs ym. 2011, 183.)

Tuoterakenne on toiminnanohjausjärjestelmässä oleva sovellus, jolla määritellään jokaisen tuotteen ja puolivalmisteen tarvitsemat raaka-aineet ja komponentit. Tuoterakennetta käytetään tuotteen valmistuksen vaatimien materiaalien ja komponenttien määrittämisessä. Tuoterakenne voi sisältää puolivalmisteita, joilla itselläänkin on oma tuoterakenne. Mikäli tuoterakenne sisältää puolivalmisteita, joilla on oma tuoterakenteensa, muodostaa se oman rakennetasonsa. Rakennetasojen lukumäärän mukaan voidaan puhua kaksi-, kolme-, jne. -tasoisista rakenteista. (Haverila ym. 2011, 433)

Jo yksinkertaisenkin tuotteen selittäminen voi olla hankala tehtävä ja kun tuote muuttuu monimutkaisemmaksi, käy sen selittäminen entistäkin hankalammaksi. Alla on kuvattu kaksi tekniikkaa, joiden avulla tuoterakenteen selittäminen helpottuu. (Jacobs ym. 2011, 188)



Kuvio 6 Tuoterakenne. (Haverila ym. 2009, 433.)

Kuviossa 6 on esitetty tuotteen rakennekaavio, joka on selkeä tapa kuvaamaan tuoterakenne yksinkertaisesti. Tuoterakenteen kasvaessa suureksi, myös rakennekaavio kasvaa esitettävyytensä kannalta helposti liian suureksi. (Jacobs ym. 2011, 188)

Rakennemalliseläin 34 HYDO LEAN - Lean System

Kohde: Rak.malli
 Tunnus: 2-19227/3
 Rak.malli: 2-19227/3
 Versio: 0
 Nimi: Hydraulisylinteri HD2205 LAK 40/22-53-1
 Määrä: 1 Yks.: kpl

Rivi	Nim.tunnus	Nim.nimi (pitkä)	Osa	i	t	d	h	Määrä	Yks.	Tyyppi	Tarvelask.	Keräilytunnus	Hukka-%
10	2-19228	Sylinterirunko HD2205 40						1	kpl	Valmistetaan	Lasketaan	Ker. työlle ja e	
20	3-16096/3	Männänvarsi HD2205 40/22-53						1	kpl	Valmistetaan	Lasketaan	Ker. työlle ja e	
30	4-16089	Tiivistesä HD2205 40/22						1	kpl	Valmistetaan	Lasketaan	Ker. työlle ja e	
40	3-20339/2	Laippa HD2205 40						1	kpl	Valmistetaan	Lasketaan	Ker. työlle ja e	
50	4-22667	Mäntä HD2200 40						1	kpl	Valmistetaan	Lasketaan	Ker. työlle ja e	
60	24742	Kuusioruuvi M8x10 8.8 DIN933						3	kpl	Ostetaan	Lasketaan	Ker. työlle ja e	
70	24762	Kuusiolokoruuvi M8x20 12.9 DIN912						4	kpl	Ostetaan	Lasketaan	Ker. työlle ja e	
90	0566715	Istukkaventtiili SV7-10-4-0-24DG						1	kpl	Ostetaan	Lasketaan	Ker. työlle ja e	
100	8012059	Kuormanlaskuventtiili CC-10-A/4-S-2-B						1	kpl	Ostetaan	Lasketaan	Ker. työlle ja e	
110	2064	Tiivistesarja MV2105 40/22						1	kpl	Ostetaan	Lasketaan	Ker. työlle ja e	
121	4-14833/1	Kuristin HD2205 1mm reiällä						1	kpl	Valmistetaan	Lasketaan	Ker. työlle ja e	
122	4-14833/1	Kuristin HD2205 1mm reiällä						1	kpl	Valmistetaan	Lasketaan	Ker. työlle ja e	
123	VST11/8EDC	Tulppa VST 1-2 (1/8")						6	kpl	Ostetaan	Lasketaan	Ker. työlle ja e	
124	VST11/8EDC	Tulppa VST 1-2 (1/8")						6	kpl	Ostetaan	Lasketaan	Ker. työlle ja e	

Kuva 1 Sisennetty materiaalista. (Hydoring Oy 2021)

Kuvassa 1 taas on esitetty kuva sisennetystä materiaalista. Myös sisennetyn materiaalista, kuten tuotteen rakennekaavionkin, vahvuutena on, että se esittää materiaalit ja niiden tasot selkeästi. Lisäksi sisennetyn materiaalista esittäminen ja tulostaminen tietokoneelta on helppoa. (Jacobs ym. 2011, 188)

Huomion arvoista on, että kumpikaan edellä mainituista tekniikoista ei ole vain materiaalista, vaan ne näyttävät tarkalleen mitä tuotteita tarvitaan mihinkin tuotteeseen. Esimerkiksi Kuvassa 1 oleva nimike 2-19228 Runko, tarvitsee nimikettä 2-19228P Aihio. Mutta, ylin nimike 2-19227/3 Hydraulisylinteri ei tarvitse nimikettä 2-19228P Aihio, vaikka se lopullisessa tuotteessa onkin, vaan se menee nimikkeeseen 2-19228 Runko. Eli nimikkeen 2-19227/3 Hydraulisylinteri kannalta ei ole merkitystä, kuinka nimike 2-19228P Aihio on tehty tai hankittu, kunhan se on tehty. (Jacobs ym. 2011, 189)

On hyvä huomata myös, että yrityksen tuotannosuunnittelujärjestelmässä oleva tuoterakenne voi erota muun yrityksen käsityksestä tuoterakenteesta, esimerkiksi materiaali voi olla muuttunut helpommin saatavaan tai jo valmiiksi käsiteltyyn. Tuotannosuunnittelujärjestelmässä oleva tuoterakenne on laitettava vastaamaan sitä, mistä ja kuinka tuote oikeasti valmistetaan. (Jacobs ym. 2011, 189)

Kuten aikaisemmin mainittu, tuotannosuunnittelun ytimessä on yleinen kuvaus yksittäisten nimikkeiden, sisältäen materiaalit, komponentit, puolivalmisteet ja lopputuotteet

sen hetkisestä tilasta ja suunnitelluista toimista. Tämän kuvaamista varten on MRP record eli tarvelaskentojen esitys. Kuviossa 7 alla on kuvattu yksinkertaisesti yhden nimikkeen tarvelaskentojen esitys. (Jacobs ym. 2011, 185)

		Period				
		1	2	3	4	5
Gross requirements			10		40	10
Scheduled receipts		50				
Projected available balance	4	54	44	44	4	44
Planned order releases					50	
Lead time = one period Lot size = 50						

Kuvio 7 Tarvelaskentojen esitys. (Jacobs ym. 2011, 185.)

Kuvion 7 ylärivillä esitetty rivi kuvaa aikajaksoja, joiden pituus voi vaihdella päivistä kvartaaleihin tai jopa pidempiin aikoihin. Seuraavalla rivillä oleva Gross requirements eli bruttovaatimus, joka kertoo odotetun tulevaisuuden kysynnän kullakin aikajaksolla. Kolmannella rivillä oleva Scheduled receipts eli ajoitetut tulot, joka kertoo olemassa olevien lisäysten määrän kyseiseen jaksoon mennessä. Neljännellä rivillä Projected available balance eli ennustettu vapaana oleva määrä kertoo ennustetun vapaana olevan määrän kyseisen jakson lopussa. Viimeisellä rivillä oleva Planned order releases eli suunnitellut lisäykset kertovat suunnitellun lisättävän määrän kyseistä nimikettä kyseisen aikajakson aluksi. Alimmalla rivillä on vielä kerrottu lead time eli läpimenoaika sekä lot size eli erä koko, joka kyseisessä kuviossa 7 on 50. (Jacobs ym. 2011, 184)

Siinä on pääasialliset lähtötiedot, joita tarvelaskentaan tarvitaan. Näiden pohjalta yritykset voivat lähteä rakentamaan itselleen sopivaa tyyliä toteuttaa tarvelaskentaa. Yksi mietinnän kohde on valmistuksen ohjaussuunta. Ohjaussuunta voi olla joko etupainotteinen

työntöohjaus tai takapainotteinen imuohjaus. Työntöohjauksessa tuotteita aletaan valmistaa tai tilata heti kun se on mahdollista. Kun taas imuohjauksessa tuotteet pyritään valmistamaan juuri siihen aikaan, kun niiden tarve on. Verrattuna työntöohjaukseen, imuohjauksen etuina on, että se vähentää keskeneräisen tuotannon varastoa, lykkää sitoutumista harvinaisempiin raaka-aineisiin ja vähentää komponenttien varastointiaikaa. Imuohjaus vaatii kuitenkin kehittyneitä järjestelmää, tarkkoja ja oikeita tietoja tuoterakenteesta sekä tarkkoja arvioita läpimenoajoista. Kuitenkin, imuohjauksessa täytyy olla tarkkana ja pystyä varmistamaan, että kaikki komponentit ja puolivalmisteet valmistuvat ajallaan. Kun taas työntöohjaus on paljon yksinkertaisempi, koska kaikki komponentit ja puolivalmisteet on aloitettu heti kun mahdollista ja odottavat valmiina, kunnes niitä tarvitaan. Harvoissa yrityksissä kuitenkaan noudatetaan täysin toista näistä ohjaustavoista, vaan niitä yhdistellään, jotta saadaan paras mahdollinen toimintamalli. (Jacobs ym. 2011, 191)

Toinen asia, jota yrityksen tarvitsee pohtia, on eräkkö. Yksi vaihtoehto voi olla kiinteä eräkkö, jolloin jotakin tuotetta tilataan tai valmistetaan sama määrä tietyin väliajoin. Tämä voi perustua jonkun ihmisen arvioon sopivasta eräkoosta. Kehittyneet toiminnanohjausjärjestelmät ovat kuitenkin helpottaneet oikean eräkoon määrittämistä. Toiminnanohjausjärjestelmän avulla on helpompi laskea ja ennustaa tulevaa tarvetta, jolloin eräkköä määritettäessä voidaan yhdistää useampia tilauksia ja näin vähentää asetus-aikoja sekä hankkia kerralla riittävästi raaka-aineita ja komponentteja. Kuitenkin, kun eräkköä suurentaa lähellä lopputuotetta, aiheuttaa se aina myös suurempien erien valmistusta kaikille sen alapuolella oleville tuoterakenteen tasoille. Siksi useimmat yritykset käyttävätkin tarvetta suurempia eräkköjä vain lopputuotteilla ja useasti tarvittavilla komponenteilla sekä raaka-aineilla. Näin ollen välissä olevat yksityiskohtaisemmat puolivalmisteet valmistetaan useimmiten tarpeen mukaan. (Jacobs ym. 2011, 196)

Onnistuneen tuotannon saavuttamiseksi apuna voidaan käyttää myös varmuusvarastoa sekä varmuusläpimenoaika. Varmuusvarasto on jonkin valittu puskurimäärä kyseistä nimikettä, joka pidetään aina varastossa. Varmuusvarasto on siis lisätty kappalemäärä nimikkeen tarpeeseen, jolloin nimikkeen määrä ei tipu nolnaan, vaan pysyy varmuusvaraston tasolla, kun kaikkien tilausten tarpeet on täytetty. Varmuusläpimenoaika taas on menettelytapa, jossa valmistettavat työt aloitetaan tai ostotilaukset lähetetään aiemmin niin, että ne valmistuvat yhden tai kaksi jaksoa ennen pakollista tarvetta. Huomioitavaa on, että varmuusläpimenoaika ei ole vain aikaisemmin aloitettu työ tai lähetetty tilaus, vaan sen on myös tarkoitus valmistua tai olla perillä aikaisemmin. Niiden käyttäminen

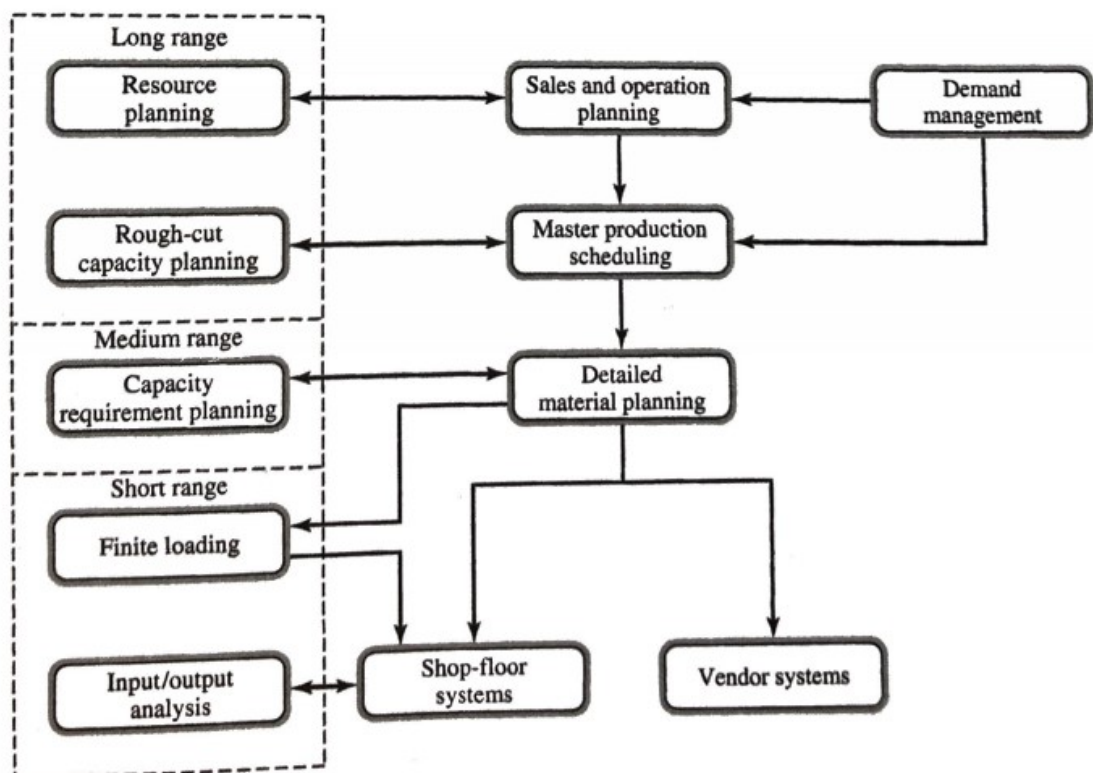
samanaikaisesti on mahdollista. Kuitenkin, mikäli varmuusvarastoa ja varmuusläpimenoaikaa halutaan käyttää tehokkaasti, on syytä ymmärtää miten nämä tekniikat vaikuttavat suunnitteluun. Jos tekniikoiden käyttöä ei ole ymmärretty oikein, voi esimerkiksi käydä tilanne, jossa nimikettä A valmistetaan varmuusvaraston tai varmuusläpimenoajan takia, vaikka nimikettä B pitäisi valmistaa asiakkaan tilausta varten. Varmuusvarastoa käytetään yleensä silloin, kun nimikkeellä on usein suunnittelematonta käyttöä, esimerkiksi virheiden, varaosakysynnän tai muun epätavallisen käytön takia. Varmuusläpimenoaika taas on käytössä yleensä silloin, kun on suurta epävarmuutta nimikkeen ajoituksessa, esimerkiksi epäluotettavan toimittajan takia. (Jacobs ym. 2011, 197)

Varaosat ja niiden tilaukset ovat myös yksi mietinnän kohde. Niille on syytä olla varmuusvarastoa ainakin silloin kun niiden valmistus ei ole todella yksinkertaista. Varaosien kysyntä perustuu yleensä ennusteeseen ja sen tarve on tavallisesti lisätty suoraan kyseisen nimikkeen bruttokysyntään. Helposti valmistettavien tai hankittavien ja vain varaosana käytettävien osien varastointimäärä voi olla jopa nolla. Myös, jos se on helposti valmistettava tai hankittava ja sitä käytetään komponenttina, voi sen määrä olla sama kuin tavallisestikin. Kun tarve varaosalle syntyy, voidaan se ottaa suoraan puskurivarastosta ja sinne voi olla toiminnanohjausjärjestelmässä jopa määritetty varaosavaraus. Lisäksi varaosavarausta voidaan käyttää hätätapauksissa myös tuotannon tyydyttämiseen. Näin ollen, joka tapauksessa tarvitaan vain yksi varmuusvarasto. (Jacobs ym. 2011, 199)

3.2.3 Kapasiteetin suunnittelu ja hallinta & Tuotannon toimintojen hallinta

Tuotannosuunnittelun päätehtävinä on usein kuvattu olevan kaksi suurta aktiviteettia, materiaalien- ja kapasiteetin hallinta ja kontrollointi. Kuten materiaalien suunnitteluakin, on toiminnanohjausjärjestelmien kehittyminen muuttanut merkittävästi myös kapasiteetin suunnittelua ja hallintaa. Kapasiteetin suunnittelun tekniikoiden ensisijaisena tavoitteena on arvioida kapasiteetin vaatimukset niin pitkälle, että ne vaatimukset pystytään täyttämään. Toisena tavoitteena on toteuttaminen. Kapasiteetin suunnittelu on toteutettava moitteettomasti ja välttämättä epämiellyttäviä yllätyksiä. Mikäli kapasiteetti on puutteellista, aiheuttaa se helposti huononevaa toimitusvarmuutta, lisää keskeneräistä tuotantoa sekä turhauttaa tuotannon työntekijöitä. Toisaalta liiallinen kapasiteetti on turha kustannus, josta kannattaa hankkiutua eroon. (Jacobs ym. 2011, 243)

Kapasiteetin suunnittelussa on monta tasoa. Alla olevassa kuviossa 8 on esitetty, kuinka kapasiteetin suunnittelun tasot kytkeytyvät muihin tuotannosuunnittelujärjestelmän toimintoihin. Kuvassa näkyy kapasiteetin suunnittelun laajuus, joka alkaa resurssien kokonaistarpeen (Resource planning) suunnitelmasta, jatkuu suunnittelun menettelytapaan, jossa arvioidaan kapasiteetin vaatimuksia tiettyyn ylemmän tason tuotantosuunnitelmaan eli MPS:ään (Master production schedule). Kolmantena on kuvattu keskitason kapasiteetin suunnittelu (Capacity requirement planning), jossa arvioidaan kapasiteetin tarvetta yksityiskohtaisempien materiaalisuunnitelmien mukaan. Lopuksi lyhyen ajan suunnitelma, joka sisältää kapasiteetin suunnittelun yksittäisten tilausten ja töiden tasolla eli hienokuormituksen (Finite loading) sekä arvioidaan suunnitelmia ja toteutuneita kapasiteettitarpeita (Input/output analysis). (Jacobs ym. 2011, 243-244)



Kuvio 8 Kapasiteetin laskeminen tuotannonohjausjärjestelmässä. (Jacobs ym. 2011, 243.)

Kapasiteetin laskemiseen voidaan käyttää erilaisia tekniikoita. Seuraavaksi käydään läpi neljä tapaa, jotka ovat: CPOF (capacity planning using overall factors) eli kapasiteetin suunnittelu yleisiä tekijöitä käyttäen, capacity bills eli kapasiteettilaskut, resource profiles

eli resurssiprofiilit ja viimeisenä CRP (capacity requirements planning) eli kapasiteetti-vaatimusten suunnittelu. Näistä kolme ensimmäistä ovat karkeita suunnitelmia, jotka voidaan toteuttaa ilman materiaalien tarvelaskentajärjestelmää. Kun taas viimeinen eli CRP, vaatii järjestelmän materiaalien ja kapasiteetin tarvelaskennoille, joka useimmista yrityksistä tänä päivänä löytyy. Siksi se onkin nykyään yleisin näistä tekniikoista. (Jacobs ym. 2011, 245)

CPOF on yksinkertainen karkean suunnittelun lähestymistapa kapasiteetin suunnitteluun ja se tehdään usein manuaalisesti. Siinä käytettävät tiedot tulevat useimmiten MPS:stä ja suunnittelussa käytetään hyväksi samanlaisten aikaisemmin toteutuneiden töiden tietoja. Tarvittavia materiaalivaatimuksia ja aikaisemmin toteutuneita kapasiteettitarpeita käyttämällä arvioidaan tarvittavat ihmisten sekä koneiden työtunnit. (Jacobs ym. 2011, 245-246)

Capacity bills procedure eli kapasiteetilasku toimintatapa on, kuten edellinenkin, karkea lähestymistapa kapasiteettisuunnitteluun. Siinä on kuitenkin suurempi yhteys yksittäisten töiden materiaalivaatimusten ja yksittäisen työpisteen välillä. Kapasiteetin arvioimiseen lasketaan kaikki yhden lopputuotteen tarvitsemat osat ja ne ajat, joita niiden valmistamiseen tarvitaan kullakin työpisteellä. Kun nämä ajat on laskettu, lasketaan yhteen kaikki ylemmän tason kapasiteettisuunnitelmassa olevat tuotteet, jolloin saadaan kokonaiskapasiteettitarve kullekin työpisteelle. (Jacobs ym. 2011, 247)

Resurssiprofiilit on myös karkea lähestymistapa kapasiteetin suunnitteluun. Mutta toisin kuin CPOF ja kapasiteetilasku, resurssiprofiilit ottaa huomioon yksityiskohtaisen ajoituksen ennustetuissa työkuormissa yksittäisten työpisteiden kohdalla. Kehittäessä resurssiprofiileja tuotteiden läpimenoajat otetaan huomioon ja näin yritetään kehittää ajoitetut suunnitelmat kullekin työpisteelle. (Jacobs ym. 2011, 249)

CPR eli kapasiteetti-vaatimusten suunnittelu eroaa karkeista kapasiteettisuunnitelmista neljällä tavalla. Ensinnäkin CRP:ssä käytetään apuna ajoitettua materiaalisuunnittelua, jossa otetaan huomioon todelliset eräkoot sekä läpimenoajat niin avoimille töille kuin suunnitelluillekin. Toiseksi CPR ottaa huomioon kapasiteetin, joka on jo käytetty, eli lopputuotteeseen tarvittavat komponentit, jotka ovat jo valmistettu ja varastoitu. Kolmanneksi CPR ottaa huomioon myös vain sen kapasiteettitarpeen, joka on jäljellä valmiiksi avoinna olevissa töissä. Joten jo tehdyt vaiheet avoimissa töissä eivät varaa kapasiteettia. Neljänneksi CRP ottaa huomioon myös huolto-osien kysynnän sekä muun kysynnän

jota, ei ehkä ole otettu huomioon ylemmän tason tuotantosuunnitelmassa, kuten virheeliset tuotteet ja niin edelleen. Tämän kaiken saavuttaakseen CRP vaatii samat tiedot kuin resurssiprofiilit, eli tuotteiden materiaaliluettelot, valmistuksen vaiheiden reitityksen sekä läpimenoajat. Lisäksi tarvitaan tiedot suunnitelluista töistä ja jo avoimista töistä sekä niiden sen hetkisestä tilasta yksittäisillä työpisteillä. Suurimmat edut CPR:ssä verrattuna muihin tekniikoihin ovat lähitulevaisuuden ennustamisessa sekä yksittäisten työpisteiden tarkan kapasiteettitarpeen arvioinnissa. (Jacobs ym. 2011, 250)

Tarkin kapasiteetin suunnittelun muoto on hienokuormitus, joka usein nähdään usein aluksi vain CPR:n jatkona, mutta siinä on yksi suuri ero. CPR laskee vain tarpeet, eikä ota huomioon kapasiteetin rajoituksia, joten jollekin aikajaksolle voi tulla ylikuormaa. Hienokuormituksen tavoitteena on asettaa aloitus- ja lopetusajat kullekin operaatiolle jokaisessa työpisteessä. Esimerkiksi, mikäli joku tietylle viikolle haluttu työ ei siihen mahdu siirretään se eteenpäin. Sama koskee töitä, joiden suunniteltu aika on jäänyt menneisyyteen. Ne suunnitellaan uudestaan, jolloin ne siirtävät tulevaisuudessa olevia töitä eteenpäin. Hienokuormituksessa näin tapahtuu siksi, koska siinä ei oteta kantaa kapasiteetin lisäämiseen. Hienokuormituksessa siis määritetään mitkä työt tehdään ja milloin. (Jacobs ym. 2011, 253-254)

Tuotannon toimintojen hallinta eli PAC (Production activity control) pitää huolta materiaalisuunnitelmien toteutuksesta. PAC sisältää kokonaan alla olevan kuvan alareunassa olevat tummennetulla taustalla olevista laatikoista ensimmäisen Shop-floor scheduling and control (SFC) eli tuotannon lattialla tapahtuvan töiden aikataulutuksen ja hallinnoimisen. Lisäksi se sisältää osittain tummemmalla taustalla olevan jälkimmäisen laatikon: Vendor scheduling and follow-up eli tilausten aikatauluttaminen ja seuranta. (Jacobs ym. 2011, 274-275)

PAC:n ensisijaisena tavoitteena on hallita materiaalien virtaus niin, että ne vastaavat tuotantosuunnitelmaa. Jossain yrityksissä tavoitteena voi olla myös kapasiteetin, työstökoneiden, ajan tai materiaalien tehokas käyttö. Yrityksen asettamat tavoitteet määrittävät miten kunkin yrityksen PAC järjestelmä on suunniteltu. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi mitä PAC:in sisältämät SFC ja vendor scheduling and follow-up pitävät sisälleen. (Jacobs ym. 2011, 277)

SFC:n tavallisia osa-alueita on läpimenoajan elementit, operaatiokaavio sekä läpimenoajan hallinta. Läpimenoajan neljä elementtiä ovat:

1. Työstöaika, eli aika, joka menee kunkin kappaleen valmistamiseen.

2. Valmistelu-aika, eli aika, joka menee valmistellessa jokaisen erän valmistamista.
3. Siirtoaika, eli aika, joka menee siihen, kun erä odottaa siirtoa seuraavaan pisteeseen sekä tietysti aika joka siirtämiseen menee.
4. Odotusaika, eli aika jonka erä odottaa työpisteellä ennen sen prosessointia.

Odotusaika on kriittisin elementti, se kattaa yleensä 80 prosenttia koko erän läpimenoajasta. Sitä on kuitenkin helpoin hallinnoida, joten siihen keskittymällä voi saada helposti hyviä tuloksia. (Jacobs ym. 2011, 277-278)

Operaatiokaavio on kaavio, joka esittää tuotteen valmistamisen polkuna. Operaatiokaavio perustuu tuotteiden läpimenoaikaan ja se havainnollistaa hyvin, milloin mitäkin tuotteen osaa täytyy alkaa valmistaa. Kaaviosta näkee helposti väärin läpimenoaikojen vaikutuksen. Mikäli läpimenoaika on väärin, tulee tuote aloitettua joko liian myöhään tai aikaisin. (Jacobs ym. 2011, 279)

Moni ihminen ajattelee, että läpimenoaika on vakio, näin ei kuitenkaan ole. Läpimenoajan elementteihin voidaan vaikuttaa ja niitä voidaan hallita. Kuten aikaisemmin todettu, odotusaika kattaa yleensä suurimman osan tuotteen läpimenoajasta. Sitä on myös helpoin hallinnoida hyvällä PAC:in suunnittelulla ja harjoittelulla. Läpimenoaika ja keskeneräinen tuotanto ovat suoraan kytköksissä toisiinsa. Mitä pidempi läpimenoajan on havaittu olevan, sitä pidempi on aika sen aloittamisen ja valmiiksi tulemisen välillä. Ja mitä pidempi tämä aika on, sitä enemmän töitä on aloitettuna. Kun taas töitä on paljon auki, on odotusaika pidempi ja keskeneräistä tuotantoa enemmän. Läpimenoaika voidaan hallita esimerkiksi muuttamalla tuotteiden läpimenoaika manuaalisesti järjestelmässä. Toinen vaihtoehto on tehdä se laskemalla. Molemmilla tavoilla voi alentaa keskeneräistä tuotantoa. (Jacobs ym. 2011, 279-280)

Perustan lisäksi, SFC:tä voidaan lähestyä eri tavoilla kuten esimerkiksi käyttämällä Gantt-kaavioita tai pylväskaavioita. Tässä tyyllissä jokaisesta työstä muodostetaan gantt-kaavio, jossa näkyy kaikki sen vaiheet ja milloin ne pitäisi aloittaa. Sen jälkeen yhdistetään kaikkien töiden samaan työpisteeseen menevät työt gantt-kaavioksi tälle työpisteelle. (Jacobs ym. 2011, 280-281)

Toinen SFC:n lähestymistapa on prioriteettijärjestys. Prioriteettijärjestys toimii niin, että se määrittää jonkun tietyn säännön mukaan mikä työ tehdään seuraavaksi. Niitä sääntöjä voi olla esimerkiksi että:

1. Seuraavaksi valmistetaan työ, jonka valmistumispäivä on aikaisin.

2. Seuraavaksi valmistetaan työ, jonka osatyöllä on aikaisin valmistumispäivä.
3. Seuraavaksi valmistetaan työ, joka saadaan, kun lasketaan yhteen kaikkien töiden valmisteluajat ja työajat, vähennetään ne jäljellä olevasta ajasta ennen jokaisen suunniteltua päättymispäivää ja valitaan se, jolla väliin jää vähiten aikaa.
4. Seuraavaksi valmistetaan työ, joka saadaan kaavalla aikaa jäljellä/työtä jäljellä. Tästä valitaan työ, jolle kaava antaa pienimmän arvon.
5. Seuraavaksi valmistetaan työ, joka kestää lyhyimmän ajan. Eli valitaan työ, jonka valmistelu-aika laskettuna yhteen työajan kanssa on lyhyin. (Jacobs ym. 2011, 281-282)

Kolmas SFC:n lähestymistapa on TOC (Theory of constraints) eli esteiden teoria tai kapeikkoajattelu. Tämän teorian mukaan kaikki resurssit, joiden kapasiteetti on yhtä suuri tai vähemmän kuin kysyntä ovat pullonkauloja. Kapeikkoajattelun mukaan vain pullonkaulat ovat kriittisiä huolenaiheita aikatauluttamisessa. Kapeikkoajattelun tavoitteena on maksimoida läpimeno ja koska vain pullonkaulat vaikuttavat läpimenoon, keskitytään siinä pääosin niiden aikatauluttamiseen. (Jacobs ym. 2011, 282-283)

Vendor scheduling and follow-up eli tilausen aikatauluttaminen ja seuranta on suora vastine SFC:lle kuitenkin muutamalla tärkeällä eroavaisuudella. Toimittajan näkökulmasta asiakas on vain yksi kysynnänlähde. Asiakkaan vaatimukset on hallittu toimittajan tehtaalla heidän tuotannonohjausjärjestelmässään. Kun taas asiakkaan näkökulmasta tilausten aikatauluttaminen on sama kuin yhden yksittäisen työpisteen hallinta. Tilaukset on pidettävä järjestyksessä suhteessa tarvepäivään. Tämä tarkoittaa, että toimittajalta on saatava jatkuvasti tietoa toimituksista. Tyypillisesti tämä hoidetaan viikottaisilla raporteilla, jolloin asiakas saadaan pidettyä tietoisena mahdollisista muutoksista. (Jacobs ym. 2011, 292-293)

4 KEHITYSTYÖ

Tässä luvussa käydään läpi Hydoring Oy:n tehdyn kehitystyön kulku ja analysoidaan kehitystyön tuloksia. Kehitystyönä tutkittiin Hydoring Oy:n sylinterivalmistuksen loppupään työvaiheita, niiden valmistelu- ja vaiheaikoja. Loppupään työvaiheiden aikoja pyrittiin kehittämään niin, että tuotannonsuunnittelu ja työresurssien optimointi olisi helpompaa.

4.1 Alkutilanne

Yrityksen toiminnanohjausjärjestelmässä voi olla kahdenlaisia töitä, puolivalmisteita sekä lopputuotteita. Lopputuotetyöt kattavat pääasiassa vain sylinterien tiettyjen osien valmistuksen yhdistettynä sylinterin kokoonpanoon. Puolivalmisteiden alle menee yrityksen itse valmistavat komponentit sekä niistä ja ostettavista komponenteista valmistuvat puolivalmisteet. Tässä työssä keskitytään lopputuotteisiin.

Alla kuvassa 2 on esitetty vaihemalli Hydoring Oy:n toiminnanohjausjärjestelmästä. Tyyppillisesti lopputuotteen työ sisältää vaiheet, sylinteriputken ja männänvarren valmistukselle sekä loppupään työvaiheet, joita voivat olla keräily, kokoonpano, koeajo, raepuhallus, maalaus, peittäus, putkitus, luokitus ja tarkastus. Kehitystyössä keskitytään näihin lopputuotteiden loppupään vaiheisiin.

Vo	W69509	Nimike	2-47333	Määrä	2	lpt																								
Vaihe	t	d	h	k	M	Nimi	Seur.vaihe	Järj.	Pakka	Tyyppi	Tila	Määrä	Tot.määrä	Info 1	Kuorm.ryh	Kuorm.ryhmä	Valm.alka	Yks.alka	Y.a.yks	Per.lpt	Kuorma	Sirtoalka	Sir.ajari	Suun.alku	Päättyy	Mater.pvrf	Kesto	Keston y	Keston tyyp	Alh.nimike
SA1						Varren sahaus	SO1	10	Ensimmäinen	Normaali	Käsittelemä	2		1000	Sahaus		10	4 Min		1	0,3	8 Tunti	26.05.21	26.05.21	26.05.21		1			Maks.kap.
SO1						Varren sorvaus	JY1	20	Normaali	Käsittelemä	2		1207	ONC-sorvaus Puma		60	45 Min		1	2,5	8 Tunti	26.05.21	27.05.21	26.05.21		1			Maks.kap.	
JY1						Varren avainvälin jy	KER1	30	Normaali	Käsittelemä	2		1901	Aaporsaus		15	30 Min		1	1,25	8 Tunti	27.05.21	28.05.21	27.05.21		1			Maks.kap.	
SA2						Putken sahaus	SO2	40	Ensimmäinen	Normaali	Käsittelemä	2		1000	Sahaus		10	4 Min		1	0,3	8 Tunti	26.05.21	26.05.21	26.05.21		1			Maks.kap.
SO2						Putken sorvaus	HOO1	50	Normaali	Käsittelemä	2		1207	ONC-sorvaus Puma		60	45 Min		1	2,5	8 Tunti	26.05.21	27.05.21	26.05.21		1			Maks.kap.	
HOO1						Hoonaus	KER1	60	Normaali	Käsittelemä	2		1600	Hoonaus		20	40 Min		1	1,67	8 Tunti	27.05.21	28.05.21	27.05.21		1			Maks.kap.	
SAS						Rajottimen sahaus	SO6	70	Ensimmäinen	Normaali	Käsittelemä	2		1000	Sahaus		10	2 Min		1	0,23	8 Tunti	27.05.21	27.05.21	27.05.21		1			Maks.kap.
SO6						Rajottimen sorvaus	KER1	80	Normaali	Käsittelemä	2		1122	Kärkosorvaus lyhyt		20	15 Min		1	0,83	8 Tunti	27.05.21	28.05.21	27.05.21		1			Maks.kap.	
KER1						Keräily, sylinterit	KO1	90	Normaali	Käsittelemä	2		5000	Keräily sylinterit		10	2 Min		1	0,23	8 Tunti	31.05.21	31.05.21	31.05.21		1			Maks.kap.	
KO1						Kokoonpano - sylinterit	KOES	100	Normaali	Käsittelemä	2		2300	Kokoonpano sylinterit		20	50 Min		1	2	8 Tunti	01.06.21	01.06.21	01.06.21		1			Maks.kap.	
KOES						Koeajo, sylinterit	RAEP	110	Normaali	Käsittelemä	2		2400	Koeajo sylinterit		10	10 Min		1	0,5	8 Tunti	01.06.21	02.06.21	01.06.21		1			Maks.kap.	
RAEP						Raepuhallus	MPO	120	Normaali	Käsittelemä	2		2500	Raepuhallus		20	20 Min		1	1	8 Tunti	02.06.21	03.06.21	02.06.21		1			Maks.kap.	
MPO						Maalaus	TARK	130	Normaali	Käsittelemä	2		2600	Maalaus			Min		1	0	8 Tunti	04.06.21	08.06.21	04.06.21		2	Päivä		Tehdasajka	
TARK						Tarkastus		130	Viimeinen	Normaali	Käsittelemä	2		2711	Tarkastus		0	0 Min		1	0	8 Tunti	09.06.21	09.06.21	09.06.21		1	Päivä		Tehdasajka

Kuva 2 Vaihemalli. (Hydoring 2021)

Yrityksellä on käytössä neljä erilaista vaiheen läpimenoaikaan vaikuttavaa ohjausfunktiota. Nämä funktiot ovat;

1. Valmistelu-aika – eli aika, joka menee vaiheen valmistelujen suorittamiseen ennen kuin päästään suorittamaan vaihetta.
2. Yksikkö-aika – eli aika, joka menee yhden kappaleen tekemiseen.
3. Siirto-aika – eli aika, joka menee vaiheen loppumisesta seuraavan vaiheen aloittamiseen.
4. Kesto – eli aika, joka vaiheeseen kuluu.

Kehityskohteena työssä on sylinterien loppupään työvaiheiden vaiheajojen asettaminen, seuraaminen ja ylläpitäminen. Kuten ylempänä olevassa kuvassa 2 näkyy, kaikille lopputuotteille on tähän asti asetettu tarvittavat loppupään työvaiheet, mutta niiden ajoitusta ei ole tehty eikä seurattu. Vaikka niissä jotain arvoja onkin, eivät ne ole suurimmassa osassa vaihemalleja paikkaansa pitäviä, eikä välttämättä järkevästi rakennettuja. Tämä on toisinaan aiheuttanut epätietoisuutta tarvittavien työresurssien hankinnassa ja sitä kautta töiden oikea-aikaisessa valmistumisessa sekä toimittamisessa. Tämän kehitystyön tarkoituksena onkin aluksi selvittää mikä on järkevin tapa mitata kunkin loppupään työvaiheen aikaa. Selvityksen jälkeen tehdä päivityksiä vaiheiden ajoitukseen, jonka jälkeen tarkastella niiden toteutumista sekä vaikutuksia.

4.2 Aloitus

Kehitystyö aloitettiin palaverilla yrityksen sylinteripuolen tuotantopäällikön sekä loppupään eli kokoonpanon työnjohtajan kanssa. Palaverin tavoitteena oli valita sopivia nimikkeitä kehitystyön tarkastelun kohteiksi. Tarkasteltaviksi nimikkeiksi pyritään valitsemaan riittävän monta eri mallista, kokoista ja tavalliselta sarjakooltaan vaihtelevaa sylinteriä. Lisäksi pohdittiin, mitkä voisivat olla parhaita ajoitusvaihtoehtoja kullekin vaiheelle ja miksi. Palaverissa mietittiin myös, voisiko toiminnanohjausjärjestelmästä ottaa käyttöön vielä muitakin funktioita, joilla vaiheiden ajoitusta voisi määrittää ja olisiko niiden käyttöönotto järkevää.

Palaverin aikana tuli pohdintaan myös toinen näkökulma kehitystyön tarkasteluun. Ajatuksena oli, että tarkasteltaisiin kahden kokoonpanon ja raepuhalluksen kuormitusryhmien yhdelle viikolle suunniteltujen töiden toteutumista. Nämä ryhmät siksi, että kokoonpano sekä raepuhallus ovat loppupään työvaiheiden pullonkauloja. Ajatuksena tämä tarkastelumalli vaikutti hyvältä mutta asiaa enemmän pohdittua, tultiin siihen tulokseen, että tätä tarkastellaan alkuperäisen idean lisäksi vain raepuhalluksen kuormitusryhmän kohdalla. Tämä siksi, että kokoonpanon kuormitusryhmiä hienokuormitetaan osittain myös

niiden ylätasolta päivittäin. Kuitenkin kahden valitun kokoonpanon kuormitusryhmän osalta tarkastellaan, kuinka monta tuntia töihin viikon aikana tehtyihin töihin on suunniteltu suhteessa siihen, kuinka monta tuntia niihin käytetään. Lisäksi tehdyistä töistä valitaan tarkasteluun muutama erilainen, ja tarkastellaan yksityiskohtaisemmin niiden vaiheiden toteutuneita aikoja. Tarkasteluun valitut kuormitusryhmät ovat 2302 eli kokoonpano 2, 2308 eli kokoonpano 8 ja 2500 eli raepuhallus.

4.3 Ensimmäinen tarkastelujakso

Kehitystyön ensimmäisessä vaiheessa tarkasteltiin nykytilannetta tarkemmin. Tilannetta lähdettiin tutkimaan kolmen eri kuormitusryhmän läpikulkevien töiden kautta, sekä perehtymällä muutamaa niiden läpi kulkeneeseen nimikkeeseen tarkemmin. Ensimmäisessä vaiheessa tutkimus suoritettiin tekemättä mitään muutoksia nimikkeiden ohjaustietoihin.

Tutkimusta tehtiin kolmella osa-alueella. Ensinnäkin, kuinka paljon tutkimuksen kohteena olleen ajanjakson suunnitelluista töistä saatiin tehtyä. Toiseksi, kuinka läpimenneiden töiden todelliset kestot olivat suunniteltuihin nähden. Ja viimeiseksi tutkittiin valittujen nimikkeiden tiettyjen vaiheiden kestoja niiden suunniteltuihin kestoihin.

4.3.1 Raepuhallus

Tarkastellaan aluksi raepuhalluksen kuormitusryhmää. Raepuhalluksen kuormitusryhmälle tarkasteluajankohtana oli suunniteltu 31 työtä. Näistä töistä vain yhtä työtä aloitettiin ja siitä tehtiin 20%. Tähän 20 prosenttiin kului aikaa 30% suunnitellusta. Tämä johtuu kuitenkin siitä, että yrityksen tilauskanta on ollut viime aikoina poikkeuksellisen suuri ja tuotannossa on ollut haasteita, jonka vuoksi tuotannossa on ollut ylikuormaa.

Tarkasteluajankohdan aikana kuormitusryhmässä on tehty kuitenkin 19 muuta eri työtä, jotka on esitetty kuvassa 3 alla. Näiden töiden suunniteltu kuorma on 65,74 tuntia. Näistä töistä kahta on tehty vain osittain, joka vähentää suunniteltua kuormaa noin 6,37 tunnilla, jolloin jäljelle jää 59,37 tuntia. Näiden töiden tekemiseen on mennyt kuitenkin 92,87 tuntia. Josta voidaan päätellä, että raepuhallusvaiheelle suunnitellut kuormat ovat keskimäärin 40 prosenttia liian pieniä.

4.3.2 Kokoonpano 2

Kokoonpanopisteelle 2 oli suunniteltu tarkasteluajankohdalle 9 työtä, joista yhtäkään ei tehty. Näistäkin suurin osa tosin johtuu siitä, että kokoonpantavista tuotteista puuttuu jotakin, joten sitä ei voida suorittaa. Tarkastellaan tässäkin siis töitä, joita siellä on tehty. Pisteellä on tehty tarkasteluajankohtana seitsemää työtä, jotka on esitetty kuvassa 5. Näiden töiden suunniteltu kuorma on 23,58 tuntia ja joiden tekemiseen on mennyt 15,81 tuntia. Kuitenkin kun tarkastellaan tehtyjen töiden toteutumatumteja, huomataan että yhdeltä työltä ei ole vielä kirjautunut lainkaan toteutumatietoja. Kun vähennetään sen työn suunnitellut tunnit muista, saadaan koko tarkastelujakson suunnitelluiksi tunneiksi 18,41 tuntia. Ja kun verrataan suunniteltuja ja toteutuneita tunteja, huomataan että suunnitellut työt on pystytty suorittamaan noin 86% ajassa eli noin 14% nopeammin.

Koska tarkastelujakson aikana pisteellä on tehty vain kuusi työtä, voidaan niitä kaikkia tarkastella hieman lähemmin. Niitä tarkastelemalla voidaan huomata, että vaikka joukosta löytyy yksi huomattavasti suurempi sarja kuin muut, on sen suunniteltu ja toteutunut kuorma melkein tasan. Joten tällä hyvin pienellä otannalla näyttäisi siltä, että ainaakaan kyseisellä pisteellä sarjan koolla ei ole vaikutusta.

Nyhtölaud	Pos	Työ	Nim.tunnus	Vaiheellä	Työn nimi	Värsävy	Vaihe	Nimi	l	d	h	Info 1	Kyymä	Suunn.kol	Tot.kuo	Tot.kuo2	Tyyppi	Tila (työ)	Vaihe	Tila(vaihe)	Päivä	Suunn.alku	Pääty	Tot.alku	Tot.loppu	Seur.vaihe	Sarj	Suunn.määrä	Tot.tup	Vaihe.aika	Yks.aika	Y.a.vä	
W68342			L753135		Kaivoyhdistin L2535413 HST-määrä	K01	Kokoonpano sylinteri	d				2302	5,17	0	0	Normaal	Aloitettu	Kelletty				03.05.21	04.05.21	13.04.21		K0ES	20	10	2	30	28	Min	
S025146	410	W67949	ID10284	H06500LAK63	Hydraulyhdistin H06510 LAK 63/45-250	RAI	7012	K01	Kokoonpano sylinteri	d		2302	8,83	0	8,63	Normaal	Valmis					23.03.21	23.03.21	13.04.21	15.04.21	K0ES	70	17	17	20	30	Min	
S025404	30	W68843	3-47177	3-47177	Hydraulyhdistin H05 S0/25-200-47177	RAI	7015	K01	Kokoonpano sylinteri	d		2302	0,83	0	1,72	Normaal	Aloitettu						01.04.21	01.04.21	13.04.21	15.04.21	K0ES	70	1	1	20	30	Min
S025247	20	W68184	ID1400	H06000P053	Hydraulyhdistin H06513 P0P 63/45-750-RAI	7024	K01	Kokoonpano sylinteri	d			2302	1,83	0	1,15	Normaal	Valmis					25.03.21	25.03.21	13.04.21	13.04.21	K0ES	70	2	2	20	45	Min	
S024498	10	W68751	ID13115	2-47678	Hydraulyhdistin H05 160/90-153	RAI	7015	K01	Kokoonpano sylinteri	d		2302	2,17	0	1,85	Normaal	Aloitettu						30.03.21	30.03.21	16.04.21	20.04.21	K0ES	130	2	2	20	55	Min
S023095	10	W68526	ID13184	2-47777	Hydraulyhdistin H05 63/40-35	PEITTAUSK0	K01	Kokoonpano sylinteri	d			2302	3,17	0	1,04	Normaal	Valmis						15.03.21	15.03.21	12.04.21	14.04.21	K0ES	150	2	2	10	90	Min
S025211	10	W68478	ID10819	ID10819	Hydraulyhdistin M0200 PK 160/90-2400 VSSOP	K01	Kokoonpano sylinteri	d				2302	1,58	0	1,42	Normaal	Valmis						30.03.21	31.03.21	15.04.21	K0ES	160	1	1	20	75	Min	

Kuva 5 Kokoonpanopisteen 2 tehdyt työt tarkastelujaksolla 1. (Hydoring 2021)

Kun tarkastellaan mistä tuo 14 prosentin positiivinen ero johtuu, huomataan että suurin syy on nimikkeessä ID13184. Kun taas tarkastellaan sille asetettuja vaiheajoja, huomataan että sen vaiheaika muihin tarkastelujakson töiden vaiheajoihin verrattuna on huomattavasti suurempi.

Kuvassa 6 on esitetty kaikki 1. tarkastelujakson kokoonpanon 2 toteutuneet vaiheajat. Vaiheajoja tarkastellessa voidaan huomata, että riippumatta nimikkeestä, kokoonpanopiste 2 vaiheajat tulisi olla puolentunnin ja tunnin välillä.

Työ	Kr	Vä	Nim.tunnus	Työn nimi	Vaihe	Nimi	i	t	d	h	Suun.yksikköaika	Tot.yksikköaika/min	Ero (Tot-Suun.)	Ero % (Tot-Suun.)
W67949			ID10284	Hydraulisylinteri HD6510	KO1						31,2	30,0	-1,0	-2
W68184			ID11400	Hydraulisylinteri HD6515	KO1						55,0	35,0	-21,0	-37
W68342			L7351316	Kauhasylinteri 125/63-61	KO1						43,0	0,0	-43,0	-100
W68476			ID10819	Hydraulisylinteri MV2500	KO1						95,0	85,0	-10,0	-10
W68526			ID13184	Hydraulisylinteri HDS 63/4	KO1						95,0	31,0	-64,0	-67
W68751			ID13115	Hydraulisylinteri HDS 160	KO1						65,0	56,0	-10,0	-15
W68843			3-47177	Hydraulisylinteri HDS 50/2	KO1						50,0	103,0	53,0	106

Kuva 6 Kokoonpano 2 toteutuneet tunnit tarkastelujaksolla 1. (Hydoring 2021)

4.3.3 Kokoonpano 8

Kuten aikaisemmissakin tarkastelluissa kuormitusryhmissä, kokoonpanopisteelle 8 oli suunniteltu tehtäväksi tarkasteluajankohdan aikana 6 työtä, mutta yhtäkään niistä ei tehty. Kuten edellisissäkin, niiden tekemättömyys johtuu puuttuvista osista tai tekemättömistä aikaisemmista vaiheista.

Tarkastellaan tämänkin työpisteen kohdalla siis niitä töitä, joita siellä on tarkasteluajankohtana tehty. Tehtyjä töitä tarkasteluajankohdan aikana kokoonpanopisteellä 8 oli viisi, nämä työt on esitetty kuvassa 7 alla. Näiden töiden suunniteltu kuorma oli 15,24 tuntia mutta töihin on kulunut aikaa 20,52 tuntia. Kokonaisuudessaan töitä on siis tehty 34 prosenttia kauemmin kuin niihin oli suunniteltu aikaa. Viidestä työstä kaksi oli pystytty tekemään nopeammin kuin niille suunniteltu aika ja kolmeen oli mennyt enemmän aikaa kuin oli suunniteltu. Lisäksi vain yhdessä töistä toteutuneen ja suunnitellun kuorman ero oli 10 prosenttia tai alle.

työ	tyyppi	tila	maara	tot.maara	info 1	kuorm.ryh	kuorm.ryhys	vaihe.alku	tyo.alku	tyo.lopu	per.lopu	kuorma(tot.kuorma)	tot.kuorma2	kok.tyoluku (h)	siirtoaika	siir.ajel	kuormitus 2	vaihe.alku 2	per.lopu 2	kuorma 2	suunn.määrä	paatetty	metri.pvm	
PO3	Puolen sorvaus	70	Normaali	Valmis	8	8	1204	CNC-sorvaus CH2 T	30	15	Mn	1	2,5	3,1	0	2,7	8	Tunt			0	05.03.21	05.03.21	05.03.21
PO3	Johduspuolen puhkaisu	80	Normaali	Valmis	8	8	1700	Poraus	30	30	Mn	1	1,5			0	8	Tunt			0	04.03.21	05.03.21	04.03.21
PO3	Talokaidyksen hoivaus	90	Normaali	Valmis	8	8	1006	Hätsäpöste 6	20	12	Mn	1	1,93	2,28	0	3,3	8	Tunt			0	05.03.21	09.03.21	05.03.21
PUT	Sorvaus	95	Normaali	Valmis	8	8	1121	Kärnäsuoritus palkki	40	60	Mn	1	8,67	12,42	0	13,3	8	Tunt			0	09.03.21	10.03.21	09.03.21
PUT	Sylinterin puhkaisu	97	Normaali	Valmis	8	8	2350	Kokoonpano koneet	20	20	Mn	1	3	0	8	3	8	Tunt			0	11.03.21	11.03.21	11.03.21
HTY	Johduspuolen hoivaus	100	Normaali	Valmis	8	8	1506	Hätsäpöste 6	30	5	Mn	1	0,83	0,77	0	0,8	8	Tunt			0	12.03.21	12.03.21	12.03.21
KER1	Keräily, sylinteri	110	Normaali	Valmis	8	8	3000	Keräily sylinteri	30	30	Mn	1	1,5	0	0,37	0,38	8	Tunt			0	15.03.21	15.03.21	15.03.21
KO1	Kokoonpano sylinteri	120	Normaali	Valmis	8	8	2308	Kokoonpanopöte 8	25	50	Mn	1	7,08	0	8	5,47	8	Tunt			0	16.03.21	17.03.21	16.03.21
KO5	Koosa, sylinteri	130	Normaali	Valmis	8	8	2402	Koosaopöte 2 sylinteri	30	12	Mn	1	1,77	1,86	0	2,6	8	Tunt			0	16.03.21	19.03.21	16.03.21
MPO	Mobiili	140	Normaali	Valmis	8	8	2600	Mobiili	1	0		1	0	0,44	0,88	0				0	22.03.21	23.03.21	22.03.21	

Kuva 7 Kokoonpano 8 tehdyt työt tarkastelujaksolla 1. (Hydoring 2021)

Kokoonpanopisteellä 8 tehtyjen töiden joukossa ei ollut millään mittareilla erikoisuuksiin lukeutuvia töitä. Kuitenkin kiinnittäessä huomiota sarjojen kokoon, tehdyistä töistä suurimman sarjan tekeminen oli ollut merkittävästi nopeampaa kuin sille suunniteltu aika. Kun taas pienimpien sarjojen tekemiseen oli mennyt merkittävästi suurempi aika suunniteltuun verrattuna. Keskimäärin tällä pisteellä kokoonpanoihin vaiheikaa oli mennyt 57 prosenttia enemmän aikaa kuin oli suunniteltu.

4.4 Muutostöimenpiteet

Kehitystyötä aloitettaessa pohdinnassa oli, kannattaisiko loppupään työvaiheita kuormittaa jollakin muulla tavalla kuin niitä on nyt tehty. Aikaisemmin kuormitustavat olivat niin, että maalausvaihetta kuormitettiin päivissä mitattavalla tehdasajalla ja muita vaiheita minuuteissa mitattavilla yksikkökohtaisella vaiheajalla sekä vaiheen valmisteluajalla. Mahdollisten vaihtoehtojen jälkeen tultiin kuitenkin siihen tulokseen, että aikaisemminkin asetettuna olleet kuormitustavat ovat sopivimmat vaihtoehdot kyseisten kuormitusryhmien kuormittamiseen. Alun pohdinnan tuloksena oltiin päädytty siihen, että suurimmat haasteet ilmentyvät kokoonpanon ja raepuhalluksen kuormitusryhmillä, keskityttiin työssä pääosin niiden tutkimiseen ja kehittämiseen.

Ennen toisen tarkasteluajanjakson aloittamista järjestettiin kokoonpanon, koeajon sekä raepuhalluksen kuormitusryhmillä työskenteleville henkilöille kysely, jossa pyydettiin arvioimaan näiden pisteiden keskimääräistä valmistelu-aikaa. Kyselyn tuloksena saatiin, että kokoonpanopisteiden arvioitu keskiarvoinen valmistelu-aika on 22,14 minuuttia, raepuhalluksen arvioitu valmistelu-aika on 15 ja koeajon arvioitu keskiarvoinen valmistelu-aika on 6,66 minuuttia. Koska aikaisemman tarkasteluajankohdan töitä tarkastellessa oli huomattu, että useimmiten pieniä sarjoja tehdessä aikaa oli kulunut suunniteltua enemmän, päätettiin että jatkossa näiden kuormitusryhmien valmistelu-aikana käytetään hieman tätä keskiarvoa suurempaa aikaa, jotta lyhyempiin sarjoihin saadaan hieman puskuria. Kokoonpanon valmisteluajaksi valittiin 30 minuuttia, raepuhalluksen 20 minuuttia ja koeajoon 10 minuuttia.

Kun valmisteluajan arviointikysely oli suoritettu ja tulokset tarkasteltu päästiin valmistelemaan toista tarkastelujaksoa. Toiseen tarkastelujaksoon olisi haluttu valita mahdollisimman paljon ensimmäisessäkin tarkastelujaksossa olleita nimikkeitä, mutta yrityksen laajan nimikkeistön johdosta montaakaan samaa ei toiselle tarkastelujaksolle saatu. Tarkastelujaksoa varten valittiin raepuhalluksen osalta 15 nimikettä, kokoonpanopisteen 2 osalta 14 nimikettä ja kokoonpanopisteen 8 kohdalta 17 nimikettä. Näihin töihin päivitettiin valmisteluajat kyselyssä saatujen korotettujen valmistelu-aikojen mukaan. Lisäksi jokaiselta työltä katsottiin viimeisten kolmen vuoden historiasta vaiheajat ja päivitettiin tarkastelujakson töille niiden keskiarvot. Mikäli historiallisissa arvoissa näkyi selkeitä piikkejä suuntaan tai toiseen, tehtiin niissä tilanteissa tapauskohtaisia arvioita uuden valmisteluajan asettamisen suhteen.

4.5 Toinen tarkastelujakso

Kun valmisteluajan arviointikysely oli suoritettu ja tulokset tarkasteltu päästiin valmistelemaan toista tarkastelujaksoa. Toiseen tarkastelujaksoon olisi haluttu valita mahdollisimman paljon ensimmäisessäkin tarkastelujaksossa olleita nimikkeitä, mutta yrityksen laajan nimikkeistön johdosta montaakaan samaa ei toiselle tarkastelujaksolle saatu. Tarkastelujaksoa varten valittiin raepuhalluksen osalta 15 nimikettä, kokoonpanopisteen 2 osalta 14 nimikettä ja kokoonpanopisteen 8 kohdalta 17 nimikettä. Näihin töihin päivitettiin valmisteluajat kyselyssä saatujen korotettujen valmistelu-aikojen mukaan. Lisäksi jokaiselta työltä katsottiin viimeisten kolmen vuoden historiasta vaiheajat ja päivitettiin tar-

kastelujakson töille niiden keskiarvot. Mikäli historiallisissa arvoissa näkyi selkeitä piikkejä suuntaan tai toiseen, tehtiin niissä tilanteissa tapauskohtaisia arvioita uuden valmisteluajan asettamisen suhteen.

4.5.1 Raepuhallus

Toista tarkastelujaksoa varten raepuhalluksen osalta nimikkeiden muokkauksia tehtiin yhteensä 15:ta nimikkeelle. Näistä kuitenkin vain kuusi tehtiin tarkasteluajanjakson puitteissa, joten tässä raepuhalluksen osalta tarkastellaan niitä.

Työ	Kr	Vä	Nim.tunnus	Työn nimi	Vaihe	Ni	i	t	d	h	Suun.yksikköaika/mpi	Tot.yksikköaika/min	Ero (Tot-Suun.)	Ero % (Tot-Suun.)	Y.a.yks	Yks.aika	Per.kp	Valm.aika
W53878			BR0274630	Venytyssylinteri 140/130	RAEP						229,0	175,0	-54,0	-23		209		20
W55860			BR0099810	Männänvarsi 125/100	RAEP						84,0	68,0	-16,0	-19		80		20
W67633			DL6341	Sylinteri 80/50-853 2CA6	RAEP						14,8	12,0	-2,0	-16		14		20
W68538			BR034876A	Tukijalkasylinteri 140/80-	RAEP						30,7	19,0	-12,0	-38		29		20
W68807			ID12949	Hydraulisylinteri HDS 40/	RAEP						48,0	26,0	-22,0	-45		28		20
W68844			ID12815	Hydraulisylinteri HDS 50/	RAEP						45,0	69,0	24,0	53		25		20
											451,5	369,0	-82,0			385		120

Kuva 8 Raepuhalluksen toteutuneet tunnit tarkastelujaksolla 2. (Hydoring 2021)

Aloitetaan tarkastelu kokonaisuudesta. Yllä olevassa kuvassa 8, on esitetty tarkasteltavien kuuden työn tietoja, lisäksi alin rivi kuvaa sarakkeiden summia. Ensinnäkin, kuvasta näkyy, että tarkasteltavien töiden suunniteltu vaiheiden kesto yhteensä on ollut 451,5 minuuttia ja niiden tekemiseen on kulunut aikaa 369 minuuttia. Prosentuaalisesti ero on siis noin 18 prosenttia. Toiseksi huomion arvoista on, että viidessä työssä kuudesta, valmistuminen on tapahtunut nopeammin kuin oli suunniteltu. Ja kuten aikaisempi 18 prosentin ero kertookin, näillä muutoksilla raepuhalluksessa läpimeno on nopeampaa kuin sille suunniteltu kesto.

Töiden tietoja yksityiskohtaisemmin tarkasteltuna, kuten aiemmin mainittu, viisi kuudesta valmistui nopeammin kuin suunniteltu. Töiden toteutuneen ja suunnitellun keston eroja vertaillen, ottamatta huomioon pystyttiinkö ne tekemään nopeammin vai hitaammin, saadaan erotuksen keskiarvoksi noin 32 prosenttia. Lisäksi tarkasteltuna töitä sarjakojojen mukaan, huomataan että, pienin prosentuaalinen ero suunnitellun ja toteutuneen ajan välillä on suurimmassa sarjassa ja suurimmat erot ovat yhden kappaleen töissä.

Raepuhalluksen kohdalla muutettujen töiden joukosta löytyi myös nimike, jota valmistettiin myös ensimmäisen tarkastelujakson aikana. Työ on W67633 ja se on kuvassa 8 kolmannella rivillä. Verrattuna raepuhalluksen tarkastelujakson muihin töihin, kyseisellä työllä todellinen kesto oli lähimpänä suunniteltua.

4.5.2 Kokoonpano

Kokoonpanopisteen 2 kohdalla toista tarkastelujaksoa varten päivityksiä tehtiin 14 nimikkeeseen. Näistä nimikkeistä kokonaan valmistui kolme kappaletta sekä osittain neljä. Kokoonpanopisteen 8 kohdalla päivityksiä tehtiin 17 nimikkeeseen, joista valmistui myös kolme työtä niin, että niistä oli dataa saatavilla. Tämän takia, tarkastellaan työpisteillä 2 ja 8 tehtyjä kuutta työtä kokoonpanon osalta yhdessä.

W53896										KO1										%																			
RYHMIT										RYHMITTELE										RYHMITTELE										MITTELE									
Työ	Kr	Vs	Nim.tunnus	Työn nimi	Vaihe	Nimi	i	t	d	h	Suun.yksikköaika/mi	Tot.yksikköaika/min	Ero (Tot-Suun.)	Ero % (Tot-Suun.)	Y.a.yks	Yks.aika	Per.kp	Valm.aika																					
W53896			BR0274240	Venytysylinteri 140/130, KO1							423,0	161,0	-262,0	-62		393		30																					
W53897			BR0274240	Venytysylinteri 140/130, KO1							424,0	424,0	0,0	0		394		30																					
W62555			S000505	Jatkesylinteri 70/40-1400 KO1							55,5	28,0	-28,0	-50		54		30																					
W66850			RR5223801	Sylinteri VJ-85-125/1130/ KO1							204,0	39,0	-165,0	-81		189		30																					
W67924			2-44951	Ketjunkturisyssylinteri HD5 KO1							64,8	55,0	-10,0	-15		61		30																					
W68343			2-39174	Jatkesylinteri 70/40-2000 KO1							74,0	25,0	-49,0	-67		69		30																					
											1 245,3	732,0	-514,0			1160		180																					

Kuva 9 Kokoonpanojen toteutuneet tunnit tarkastelujaksolla 2. (Hydoring 2021)

Kuten raepuhalluksen kohdallakin, aloitetaan kokoonpanonkin osalta tarkastelu kokonaisuudesta. Kuvassa 9 esiintyvien muokattujen nimikkeiden suunniteltu kesto oli 1245,3 minuuttia ja niiden toteutunut kesto oli 732 minuuttia. Näin ollen työt oli pystytty suorittamaan noin 41 prosenttia suunniteltua nopeammin. Kokoonpanon kohdalla huomioitavaa on se, että mihinkään ei mennyt suunniteltua kestoa kauemmin. Kokoonpanon osalta toteutunut kesto on ollut siis huomattavasti nopeampaa kuin mitä töille on suunniteltu.

Töitä yksityiskohtaisemmin tarkastellessa, huomataan että yksi työ on kestänyt juuri sen verran kuin sille on suunniteltu, joka herättää jonkin verran kysymyksiä. Niistä lisää analysointivaiheessa. Toista neljässä kuudesta prosentuaalinen ero toteutuneen ja suunnitellun keston välissä on 50 prosenttia tai enemmän. Mitään muuta kovin selkeää linjaa töiden toteutumatiiedoista ei voi nähdä, edes sarjakoona tai sylinterien koon mukaan.

Yksi silmiin pistävä asia on kuitenkin se, että riveillä yksi ja kaksi, on sama sylinteri eri töillä tehtynä. Näiden töiden tietoja tarkemmin katsoessa, huomattiin, että ne ovat tehty noin viikon erotuksella toisistaan. Erikoista on se, että näiden sylinterien toteutuneen ja suunnitellun keston ero on 62 prosenttia. Tarkastellaan tätäkin tarkemmin analysointiluvussa 4.6.2.

4.6 Analysointi

Kun kaksi tarkastelujaksoa on pidetty, voitiin analysoida tuloksia. Tässä luvussa tarkastellaan muutostöiden vaikutusta nimikkeisiin, sekä kuinka ne mahdollisesti vaikuttavat tuotantoon yleisesti. Tarkastellaan aluksi, kuinka kokonaisuus muuttui nimikkeiden muutostöiden jälkeen. Toiseksi tarkastellaan, kuinka muutostyöt vaikuttivat yksittäisiin nimikkeisiin. Seuraavaksi käydään läpi tyytyväisyyttä muutostöiden jälkeisiin tuloksiin. Ja lopuksi tarkastellaan tuloksissa esiintyviä kysymyksiä herättäviä tuloksia.

4.6.1 Raepuhallus

Aloitetaan raepuhalluksen kohdalla kokonaisläpimenoista. Kuten luvussa 4.3.1 kerrotaan, ennen muutostöitä raepuhalluksen kokonaisläpimeno oli noin 40% suunniteltua hitaampaa. Muutostöiden jälkeen tilanne kääntyi pääläelleen, sillä niiden jälkeen työt pystyttiin tekemään noin 18% suunniteltua nopeammin. Muutostöitä tekemällä saatiin siis aikaan parannusta. Vaikka suunnitellun ja toteutuneiden aikojen erotusta saatiin vähennettyä 40 prosentista 18 prosenttiin, sekä käännettyä se niin sanotusti turvallisempaan suuntaan, ei siihen silti voida olla täysin tyytyväisiä. Mitään selkeää tavoitetta suunnitellun ja toteutuneiden aikojen prosentuaalisten erotusten välille ei ollut asetettu, omasta mielestäni erotus saisi olla maksimissaan 10 prosenttia. Joten tekemistä tämän saralla vielä löytyy.

Vaikka ylempänä todetaankin, että kokonaisläpimenoa saatiin tarkemmaksi ja erotukseksi tuli enää 18 prosenttia, yksittäisten nimikkeiden kohdalla asia on hieman toisenlainen. Kun nimikkeiden toteutumatietoja muutostöiden jälkeen tarkasteltiin yksittäin, huomattiin että ne erosivat suunnitellusta kestosta keskimäärin 32 prosentilla. Tämä siksi, että kokonaisuutta tarkastellessa nopeammin ja hitaammin valmistuvat nimikkeet tasoittavat toisiaan, joten vaikka yksittäisten nimikkeiden keskiarvoinen ero oli 32% oli

kokonaisuuden vain 18%. Vaikka ennen muutostöitä yksittäisten nimikkeiden keskiarvolinen suunnitellun ja toteutuman ero oli 62% ja muutostöiden jälkeen 32%, ei se silti ole mielestäni riittävällä tasolla. Ja mikäli yksittäisten nimikkeiden arvoja saataisiin tarkemmaksi, vaikuttaisi se epäilemättä kokonaisuuteenkin tarkentavasti.

Kuten jo aikaisemmin mainittu, tuloksiin joita muutostöiden jälkeen saatiin, ei voida olla täysin tyytyväisiä. Vaikka parannusta saatiinkin, voidaan suunnitellun ja toteutuneen kestoa varmasti vielä parantaa. Yrityksen puolesta mitään tarkkaa tavoitetta ei ollut asetettu, mutta siitä täytyy keskustella yrityksen johdon kanssa ja joka tapauksessa parannettavaa vielä löytyy.

Muutostöiden jälkeisessä tarkastelujaksossa ei raepuhalluksen osalta ollut mitään erikoista kysymyksiä herättävää asiaa. Mutta huomioitavaa on kuitenkin se, että raepuhalluksesta löytyi ainoa nimike, joka esiintyi molemmilla tarkastelujaksoilla. Ja kuten aikaisemmin luvussa 4.5.1 mainittiin, tätä nimikettä valmistanut työ oli raepuhallusten toteutuneiden kestojen osalta lähimpänä suunniteltua kestoa. Kyseisen työn yksikköaika erosi vain 2 minuuttia suunnitellusta, joka tarkoitti 16 prosenttia. Vaikka se paras olikin, on siinäkin vielä parannettavaa.

4.6.2 Kokoonpano

Koska kokoonpanopisteiden töitä toisen tarkastelujakson osalta käsiteltiin yhdessä, tarkastellaan niitä tässäkin luvussa yhtenä kokonaisuutena. Kuten raepuhalluksenkin osalta, tarkastellaan kokoonpanonkin kohdalla aluksi kokonaisläpimenoa. Kuten luvuissa 4.3.2 ja 4.3.3 kerrotaan, kokoonpanopisteellä 2 kokonaisläpimeno ennen muutoksia on ollut 14 prosenttia suunniteltua nopeampaa ja kokoonpanopisteellä 8 34 prosenttia suunniteltua hitaampaa.

Muutosten jälkeen kokoonpanopisteillä töiden vaiheet oli pystytty suorittamaan 41 prosenttia nopeammin kuin oli suunniteltu. Joten, verrattuna aikaisempaan, tarkkuus oli huonontunut. Sillä mikäli ensimmäisenkin tarkastelujakson eri kokoonpanopisteiden töiden kestot laskettaisiin yhteen, ja verrattaisiin suunnitteluun, olisi työt pystytty tekemään 93 prosentissa suunnitellusta kestosta. Näin ollen erotus olisi ollut vain 7 prosenttia. Koska tarkkuus kokonaisuudessaan heikkeni paljon, on asialle jatkossa tehtävä jotakin.

Muutostöitä varten yksikköajat valittiin aikaisemmin tehtyjen töiden toteutuneita aikoja käyttäen ja toteutuneita aikoja katsottiin kolmen viimeisen vuoden ajalta. Koska niiden

keskiarvoa käyttäen, nykyisin pystyttiin tekemään kokoonpanot 41 prosenttia nopeammin, täytyy pohtia, onko kolmen vuoden historia liian kaukainen tarkastelu-aika. On mahdollista, että kokoonpanon rutiinit ovat kehittyneet viimeisinä vuosina niin paljon, että olisi järkevämpää valita yksikköaika lyhyemmän historian perusteella.

Luvussa 4.5.2 mainittiin, että kahdella rivillä on tehty samaa nimikettä eri töillä ja että niiden suunniteltujen ja toteutuneiden kestojen erotus on 62 prosenttia. Koska työt ovat tehty lähipäivinä toisistaan, yksi mahdollinen syy tähän eroon on se, että jälkimmäistä työtä on jo valmisteltu ensimmäistä työtä tehdessä. Tämän seurauksena ensimmäisen työn kesto on voinut olla paljon suurempi kuin jälkimmäisen. Toinen mahdollinen syy voi olla se, että vaikka jälkimmäistä työtä ei olisi valmisteltukaan etukäteen, on ensimmäisen jäljiltä työvaiheet tuoreessa muistissa ja siksi valmistaminen on nopeampaa. Vastaavansiin asioihin on kehitysprojektia jatkettaessa syytä kiinnittää huomiota ja pohtia niiden syitä, jotta tiedoista saadaan mahdollisimman tarkkoja.

5 LOPUKSI

Kehitysprojektia tullaan vielä jatkamaan, sillä tämän työn puitteissa otannat jäivät melko suppeiksi suhteutettuna yrityksen vuosittaiseen töiden määrään. Mutta vaikka otannat jäivät melko pieniksi, on kehitysprojektia tehdessä varmistunut, että loppupään vaiheiden ajoitustietoja päivittämällä pystytään havainnollistamaan paremmin työpisteiden kuormaa. Vaikka kaikki muutokset projektia tehdessä eivät vieneet tilannetta parempaan suuntaan, saatiin todettua, että käytetyillä toimenpiteillä pystytään parantamaan loppupään työvaiheiden ajoitusta ja seurantaa, joiden ansiosta kokoonpanon kuormittaminen ja työressurssien hallinta helpottuvat.

Kehitysprojektia jatkaessa tulee pohtia vielä lisää ainakin seuraavia asioita: kuinka kaukaa historiasta kannattaa ottaa toteutumatietoja vaiheille vaiheajoja asettaessa sekä pitäisikö valmistelu-aikaa loppupään vaiheilla vielä nostaa hieman, jotta se tasoittaisi lyhyempien sarjojen kokonaisläpimenoa suhteessa pidempiin sarjoihin. Lisäksi on syytä miettiä, kuinka pientä prosenttia tavoitellaan suunniteltujen ja toteutuneiden vaiheajojen erotukseksi loppupään työvaiheiden osalta.

Kehitysprojektia tullaan jatkamaan niin, että jossakin vaiheessa kaikilla avoimilla töillä on loppupään vaiheajat päivitetty ja niiden kuorman seuraaminen tapahtuu samalla tavalla kuin muillakin kuormitusryhmillä. Oikeiden vaiheajojen asettamista helpottamaan on kehitysprojektin aikana aloitettu kehittämään työkalua, jonka avulla syöttämällä nimikkeen tunnuksen tietyllä lomakkeella yhteen paikkaan, saadaan sieltä ulos sen historian perusteella nimikkeelle kuuluva oikea yksikköaika.

Kun edellä mainittu työkalu on saatu toimimaan ja nykyisten nimikkeiden päivittäminen valmiiksi sekä jatkuvaksi toimenpiteeksi uusien nimikkeiden auetessa, tulee se helpottamaan yrityksen tuotannon suunnittelua ja kuormittamista merkittävästi. Niiden seurauksena myös yrityksen toimitusvarmuus paranee.

LÄHTEET

Haverila, Matti & Uusi-Rauva, Erkki & Kouri, Ilkka & Miettinen, Asko 2009. Teollisuustalous. Tampere: Infacts.

Hydoring Oy. 2021. Yrityksen sisäinen materiaali.

Jacobs, F. Robert & Berry, William L. & Whybark, D. Clay & Vollmann, Thomas E. 2011. Manufacturing planning and control systems for supply chain management. New York: McGraw-Hill.

Karjalainen, Jouko & Blomqvist, Marja & Suolanen, Olli 2001. Kehittyvä toiminnanohjaus. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus.

Kauppalehti 2015. Oletko valmis seuraavan sukupolven ERP:iin? [Viitattu 7.11.2020] <https://studio.kauppalehti.fi/tieto/oletko-valmis-seuraavan-sukupolven-erp-hen>

Kempf, Karl G. & Keskinocak, Pinar & Uzsoy, Reha 2011. Planning production and inventories in the extended enterprise: a state of the art handbook, volume 1. New York: Springer.

Lapinleimu, Ilkka & Kauppinen Veijo & Torvinen Seppo 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantjärjestelmät. Porvoo; Helsinki; Juva: WSOY.

Lehtonen, Juha-Matti 2004. Tuotantotalous. Helsinki: WSOY.

Logistiikan maailma 2021. Toiminnanohjausjärjestelmä. [Viitattu 1.11.2020] <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/ohjausjarjestelmat/toiminnanohjausjarjestelma/>

Logistiikan maailma 2021. Tuotannosuunnittelu- ja ohjaus. [Viitattu 28.10.2020] <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotannosuunnittelu-ja-ohjaus/>

Sipper, Daniel & Bulfin, Robert L. 1997. Production: Planning, Control and Integration. Yhdysvallat: McGraw-Hill.

Vilpola, Inka & Kouri, Ilkka 2006. Toiminnanohjausjärjestelmän hankinta C-CEI-menetelmän avulla: joutaako yritys vai järjestelmä? Helsinki: Teknologiateollisuus.