Open your mind. LUT.
Lappeenranta University of Technology

5.4.2010

Teknistaloudellinen tiedekunta

Tuotantotalouden osasto

Toimitusketjun johtaminen

KAPASITEETIN KARKEASUUNNITTELU MAATALOUSKONETUOTANNOSSA

KANDIDAATINTYÖ

Kimmo Kansanen

Maarit Karhumaa

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO 1
2 TOIMINTAYMPÄRISTÖ 2
2.1 Perustietoa yrityksestä ja toimialasta 2
2.1.1 Tuotevalikoima, markkinat ja asiakkaat 2
2.1.1 Kysyntä 2
2.1.2 Yritys Suomessa 3
2.2 Tilausohjautuva tuotanto 3
2.2.1 Tuotantoprosessi 4
2.2.2 Kokoonpanolinja 4
2.2.3 Omat komponenttitehtaat 6
2.3 Tuotannonsuunnittelu 6
2.3.1 Kapasiteettisuunnittelun nykytila ja haasteet 6
2.3.2 Kapasiteettisuunnittelun tavoitteet 7
3 KAPASITEETTISUUNNITTELU OSANA TUOTANNONSUUNNITTELUA 7
3.1 Kapasiteettisuunnittelun tasot ja yhteys tuotannonsuunnittelun kokonaisuuteen 7
3.2 Kapasiteettisuunnittelun tavoitteet ja onnistumistekijät 9
4 KAPASITEETIN KARKEASUUNNITTELUN MENETELMÄT 9
4.1 CPOF 10
4.2 Capacity bills 11
4.3 Resource profiles 13
5 MENETELMIEN KÄYTTÖ 16
5.1 Menetelmien käyttö ja valinta 16
5.2 Erilaisiin ympäristöihin soveltuminen 18
6 MENETELMIEN SOVELTAMINEN MAATALOUSKONETUOTANTOON 19
6.1 Laskutoimitusten perusta 19
6.2 Kapasiteettisuunnittelun tehostaminen 20
6.2.1 CPOF 20
6.2.2 Capacity bills 21
6.2.3 Resource profiles 23
6.3 Erikoistilanteisiin varautuminen kokoonpanolinjalla 24
7 TULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI 25

7.1 Suositus 25
7.2 Arvio tuloksista 27
8 YHTEENVETO 28
LÄHTEET 29
LIITTEET

1 JOHDANTO

Tämä kandidaatintyö on laadittu Lappeenrannan teknillisen yliopiston tuotantotalouden osastolle toimitusketjun johtamisen pääaineeseen. Työ käsittelee tuotannonsuunnittelua, tarkemmin määriteltynä kapasiteetin karkeasuunnittelua. Aihe on rajattu koskemaan seuraavaa kolmea kapasiteetin karkeasuunnittelun tekniikkaa: CPOF, capacity bills ja resource profiles. Toimintaympäristönä on maatalouskoneita valmistavan yrityksen kotimainen tuotantolaitos.

Työn tavoitteena on selvittää, millä tavalla kapasiteetin karkeasuunnittelun tekniikoita voidaan hyödyntää tuottavuuden kasvattamiseksi esitellyn toimintaympäristön kaltaisessa tuotannossa. Pyrkimyksenä ei ole valita sopivaa tekniikkaa, vaan luoda suositus eri tekniikoiden hyödyntämismahdollisuuksista.

Raportti koostuu toimintaympäristön kuvauksesta, teorioiden esittelystä ja niiden soveltamisesta esiteltyyn toimintaympäristöön. Aluksi on kuvailtu toimintaympäristöä, johon tutkimusongelma sijoittuu. Kyseessä ei ole yksittäinen olemassa oleva yritys, vaan realistinen kuvaus tyypillisestä alan yrityksestä. Kuvauksen päätteeksi on eritelty toimintaympäristössä esiintyviä kapasiteettisuunnitteluun liittyviä ongelmia ja tavoitteita nykytilan parantamiseksi.

Teoriaosio koostuu yleisestä katsauksesta kapasiteettisuunniteluun ja kolmen karkeasuunnittelun menetelmän esittelemisestä. Kukin menetelmä on esitelty yksinkertaistetun esimerkin avulla. Teoriaosion päätteeksi on kerrottu lyhyesti menetelmien käytöstä ja valinnasta. Teoriaosion jälkeen on pureuduttu varsinaiseen ongelmaan. Esitellyn analyysin, ratkaisun ja lopputulosten jälkeen on pohdittu saavutetun ratkaisun laajempaa sovellettavuutta.

2 TOIMINTAYMPÄRISTÖ

Maatalouskonetuotantoon sijoittuva toimintaympäristö on kuvattu tässä luvussa. Kuvaukseen on sisällytetty perustiedot yrityksestä, sen toiminnasta, tuotantojärjestelyistä ja tuotannonsuunnittelusta.

2.1 Perustietoa yrityksestä ja toimialasta

Toimintaympäristöä kuvaa yritys, joka kehittää, valmistaa ja markkinoi traktoreita. Kansainvälistyneellä yrityksellä on pohjoismaiset juuret ja päätuotantoyksikkö Suomessa.

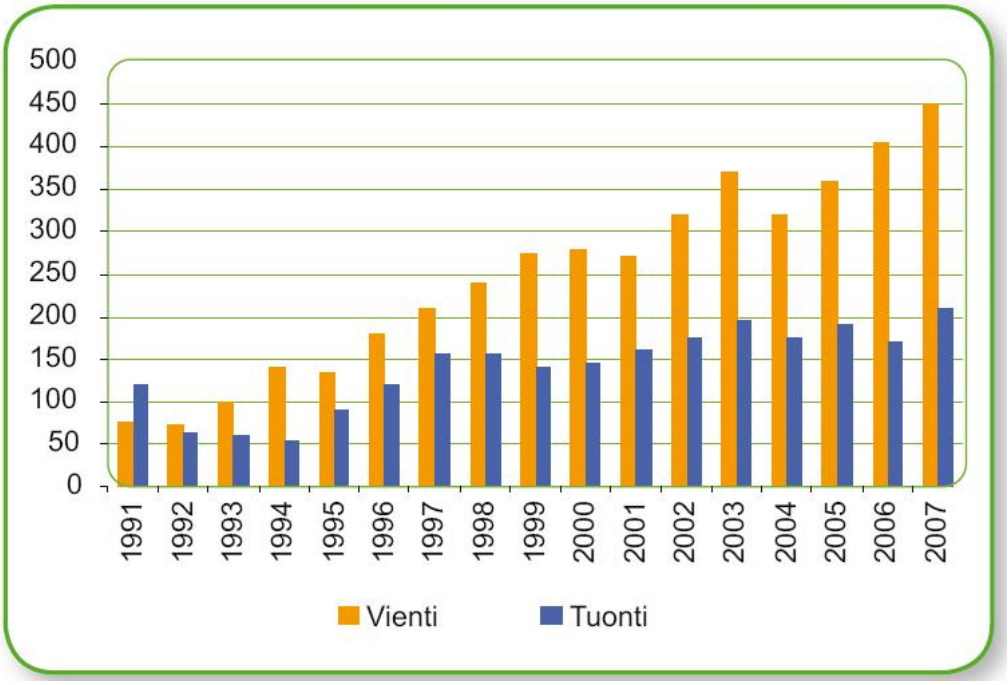
2.1.1 Tuotevalikoima, markkinat ja asiakkaat

Yrityksen tuotevalikoima on varsin laaja sisältäen traktoreita eri käyttötarkoituksiin: maatalostöihin, metsätöihin, maanmuokkaukseen, kuljetusajoon ja moneen muuhun urakointiin, kuten tienhoitoon. Useimmat traktorimallit ovat monitoimikoneita, joita pystyy hyödyntämään erilaisissa töissä. Kokoluokan ja tehon mukaan lopputuotteet voidaan jakaa A-, B-, ja C-sarjaan. Yrityksen markkina-alue käsittää Pohjoismaat ja Keski-Euroopan. Suurin osa tuotannosta menee vientiin, mutta siitä huolimatta Suomessa yrityksellä on vankka markkina-asema. Asiakkaita ovat lähinnä maa- ja metsätalousyrittäjät ja urakoitsijat – sekä yritykset että yksityishenkilöt.

2.1.1 Kysyntä

2000-luku on ollut tasaisen kasvun aikaa maatalouskoneteollisuudelle Suomessa, sillä vienti on kasvanut suotuisasti. Kuvan 1 mukaisesti viime vuosina vientikoneet ovat kuitenkin vastaavasti saaneet jalansijaa kotimaan markkinoilla. Vuosituhannen alkuvuosina kotimaisten maatalouskoneiden osuus myynnin arvosta vaihteli 53 ja 59 prosentin välillä. Vuosina 2006–2007 kotimaisten koneiden markkinaosuus oli pudonnut 47–49 prosenttiin. Myynnin kasvun myötä kotimaisten koneiden myynnin arvo on kuitenkin pysynyt suunnilleen ennallaan. Kaiken kaikkiaan maatalouskonetuotanto seuraa melko tarkkaan yleisiä suhdannevaihteluita. Suhdannevaihteluiden lisäksi

esiintyy kausivaihteluita vuodenaikojen mukaan. Kesällä kysyntä on alhaisimmillaan, joten tehdas hiljenee vuosittain heinäkuun ajaksi. Suurimmat kysyntäpiikit ovat heti vuodenvaihteen jälkeen sekä alkusyksystä. (Manni et al. 2009, s. 22–23; Viinanen 2010)



Kuva 1. Maatalouskoneiden vienti ja tuonti Suomessa vuosina 1991–2007 (Manni et al. 2009, s. 24).

2.1.2 Yritys Suomessa

Yrityksen Suomen tehdas sijaitsee Pohjanmaalla. Kokoonpanotehtaan yhteydessä laajalla tehdasalueella toimii kaksi omaa komponenttitehdasta, tuotekehitysyksikkö, testauslaitos ja huoltokeskus. Traktorin komponenteista yritys valmistaa itse voimansiirron ja dieselmoottorit.

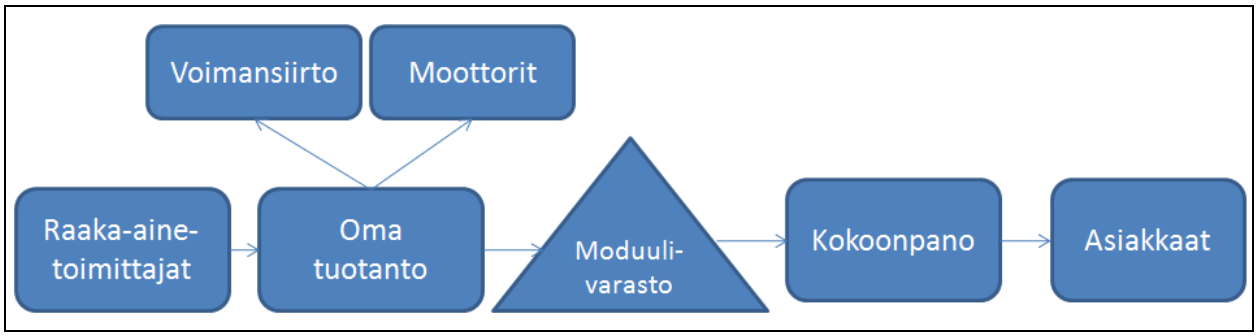
2.2 Tilausohjautuva tuotanto

Yrityksen tuotanto toimii tilausohjautuvasti. Lopputuotteita ei varastoida lainkaan, vaan kaikki tuotteet valmistetaan asiakastilausten mukaisesti. Pitkälle viety asiakasräätälöinti aiheuttaa niin omalle kuin toimittajienkin tuotannolle suuret vaatimukset. Myyjä ja asiakas suunnittelevat yhdessä, millainen lopputuote vastaa parhaiten asiakkaan tarpeita. Suunnittelun perustana on mal-

listoluettelo, jonka perusteella voidaan muodostaa suunnattoman suuri määrä erilaisia ominaisuus- ja varusteyhdistelmiä. Tilaussopimuksen päätteeksi myyjä lähettää tilauksen suoraan tehtaalle, ja tuote laitetaan tilausjonoon. (Hernesniemi 2009, s. 1; Tilauksesta toimitukseen 2006, s.12) Lopputuotteen toimitusaika on sesongista riippuen 5–8 viikkoa.

2.2.1 Tuotantoprosessi

Yritys kokoaa traktorit asiakkaiden tilausten mukaisesti. Pääkomponenttikokonaisuuksia ovat voimansiirto, runko, moottori, etuakseli, ohjaamo, konepeitto, renkaat ja erilaiset lisävarusteet. Dieselmoottorit ja voimansiirron yritys valmistaa itse. Muut tarvittavat osat tulevat toimittajilta valmiina komponentteina kokoonpanoon. Kuvassa 2 on esitetty tuotantoprosessin periaate. Moottori- ja voimansiirtokomponenttien valmistus sekä traktoreiden kokoonpano ovat täysin tilausohjautuvia. Ainoat varastot ovat siis moottori- ja voimansiirtotehtaiden raaka-aine- ja komponenttivarastot sekä kokoonpanon komponenttivarasto. Lopputuotevarastoa ei ole. Asiakastilauksen kytkeytymispiste on kokoonpanon komponenttivaraston kohdalla. Siitä eteenpäin tuotanto on täysin tilausohjautuvaa. Tuotannon läpimenoaika vaihtelee lopputuotesarjoittain, mutta komponenttien valmistus huomioiden se on keskimäärin 32 tuntia.

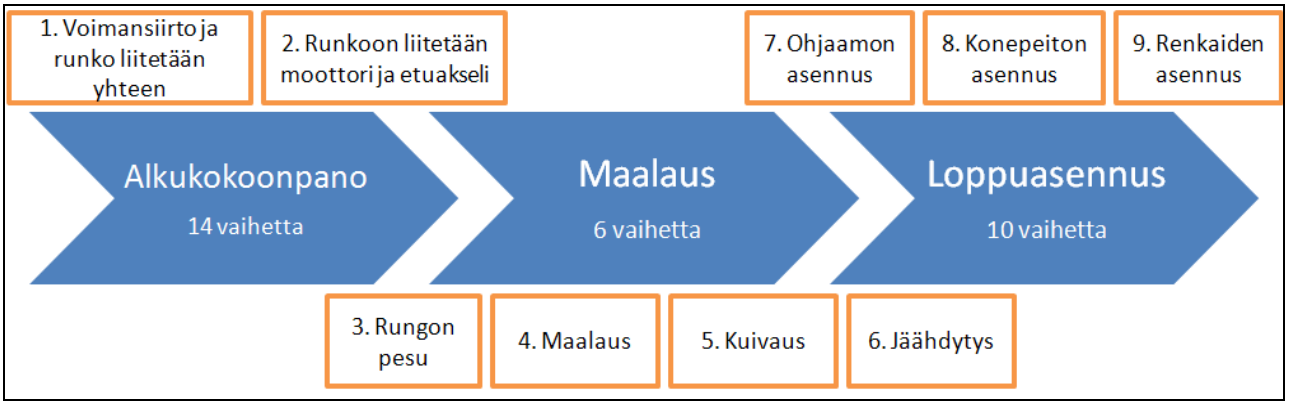


Kuva 2. Tuotantoprosessin kuvaus.

2.2.2 Kokoonpanolinja

Traktoreiden kokoonpano tapahtuu yhdellä linjalla. Kokoonpanon vaiheet on esitetty kuvassa 3. Linja koostuu seuraavista kolmesta päävaiheesta: alkukokoonpano, maalaus ja loppuasennus. Alkukokoonpanossa liitetään yhteen voimansiirto ja välirunko. Sen jälkeen kiinnitetään moottori ja etuakseli. Ennen pinnoitusta traktorin runko tarkistetaan. Pinnoitusvaihe suoritetaan maalaa-

mossa, jossa runko pestään, fosfatoidaan ja kuivataan 75-asteisessa uunissa. Kuivatettu runko jäähdytetään, jotta sitä voidaan heti käsitellä turvallisesti. Loppuasennuksessa traktorin rungon päälle asennetaan ohjaamo, konepeitto, lisävarusteet ja lopuksi renkaat. Kokoonpanon päätteeksi valmis traktori koeajetaan koeajohallissa. (Tilauksesta toimitukseen 2006, s. 12–13)



Kuva 3. Kokoonpanolinja.

Pakkotoimisen kokoonpanolinjan pituus on 230 m, ja traktori liikkuu linjalla vaiheittain. Vaiheaika on keskimäärin 20 minuuttia. Aikaa koko tuotantolinjan läpi kulkemiseen traktorilta kuluu noin 11 tuntia. Kokoonpanotehtaalta valmistuu keskimäärin 40 traktoria päivässä. (Myllymäki 2008, s. 15; Saulio 2010)

Tuotantolinjalla on 30 eri työvaihetta. Vaiheet sijoittuvat kokoonpanolinjaan kuvan 3 osoittamalla tavalla alkukokoonpanon käsittäessä lähes puolet työvaiheista. Kussakin työvaiheessa on omat työntekijänsä, ja pääosa kokoonpanolinjalla tehtävästä työstä tehdään käsityökaluilla. Hitsausta tai muuta koneistusta kokoonpanolinjalla ei enää suoriteta. Komponentit ja muu tarvittava materiaali varastoidaan tällä hetkellä tuotantolinjan välittömässä läheisyydessä. Kun traktori saapuu työvaiheeseen, työntekijät keräävät tarvittavat komponentit ja suorittavat asennuksen ja kokoonpanon. Yrityksen tulevaisuuden suunnitelmissa on muuttaa toimintatapaa siten, että kunkin työvaiheen materiaalinkeräys ja työvaiheet, jotka on mahdollista suorittaa ennen varsinaista aihioon kiinnittämistä, suoritetaan hieman erillään kokoonpanolinjasta, ja valmis osa tuodaan liitettäväksi kokoonpanoon. Uudella järjestelyllä pyritään parantamaan tuotannon joustavuutta. (Viinanen 2010)

2.2.3 Omat komponenttitehtaat

Yritys valmistaa sekä dieselmoottoreita että voimansiirtoa tilausohjautuvasti. Karkeasti jäsenneltynä kummankin komponentin valmistus jakaantuu koneistukseen ja kokoonpanoon. Moottoreiden ja voimansiirron komponenttien koneistus on osaksi varasto-ohjautuvaa, mutta kokoonpano on tilausohjautuvaa, sillä komponenttien lopputuotevariaatioita on useita traktorin kokoluokasta ja ominaisuuksista riippuen. Erikoistilanteiden varalle sekä voimansiirrolle että moottoreille pidetään pientä puskurivarastoa kokoonpanotehtaan komponenttivaraston yhteydessä.

2.3 Tuotannonsuunnittelu

Tuotannonsuunnittelussa pyritään siihen, että alihankkijat tietävät mahdollisimman tarkkaan yrityksen tuotantosuunnitelmat. Tärkeimmille toimittajille tuotantosuunnitelmat pyritään toimittamaan heti niiden valmistuttua. Lisäksi toimittajat näkevät kulloisenkin tilaus- ja tuotantojonon reaaliaikaisena. Informaationjaon myötä toimittajilta edellytetäänkin täsmällistä toimintaa. Periaatteena on, että toimittaja toimittaa komponentit kokoonpanolinjalle tilausjonon osoittamassa järjestyksessä**.** (Hernesniemi 2009, s. 3, 11) Tuotannonsuunnittelussa yrityksellä on käytössään ERP-järjestelmä.

2.3.1 Kapasiteettisuunnittelun nykytila ja haasteet

Koska kaikkien kokoluokkien traktorit kokoonpannaan samalla linjalla, tuotannonsuunnittelu on hyvin haastavaa. Eri vaiheiden kesto eri malleilla ja eri tavalla varustelluilla traktoreilla vaihtelee suuresti. Eroja pyritään tasoittamaan suunnittelemalla kokoonpanojärjestys siten, että suuren kokoluokan C-sarjan traktoreita ei valmisteta useaa kappaletta peräkkäin, vaan kapasiteettia tasataan kokoonpanemalla vuorotellen eri kokoluokan lopputuotteita. Yritys hyödyntää ERP-järjestelmään kuuluvaa kapasiteettitarvelaskentaa, mutta erityistilanteita esiintyy paljon, eikä niihin pystytä varautumaan. Tulevaisuudessa kokoonpanolinjan uusien tuotantojärjestelyjen toteuttaminen asettaa myös haasteita kapasiteettisuunnittelulle.

2.3.2 Kapasiteettisuunnittelun tavoitteet

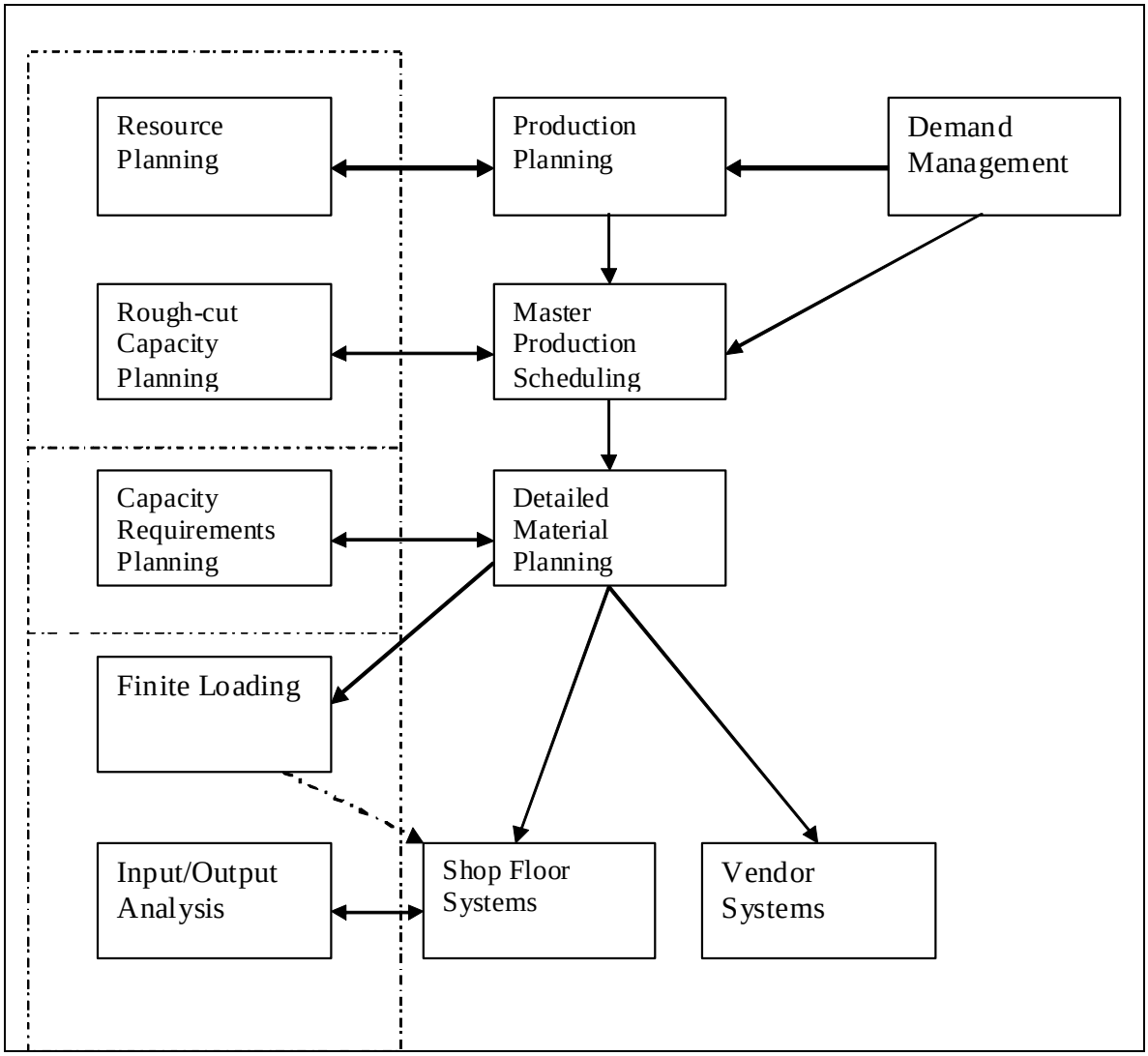
Yrityksen tavoitteena on tehostaa kapasiteettisuunnitteluaan, ja pyrkiä sen avulla parantamaan tuottavuutta. Erityisenä tavoitteena on pyrkiä varautumaan tuotannossa kohdattaviin erikoistilanteisiin. Pyrkimyksenä on myös hyödyntää erilaisia kapasiteettisuunnitteluun tarkoitettuja työkaluja, sillä kapasiteettitarvelaskennan ohjelmiston täysimääräinen hyödyntäminen on koettu ajoittain hankalaksi

3 KAPASITEETTISUUNNITTELU OSANA TUOTANNONSUUNNITTELUA

Kapasiteettisuunnittelulla tarkoitetaan prosessia, jonka tarkoituksena on saattaa yrityksen kapasiteetti mahdollisimman tehokkaaseen käyttöön. Tähän päästäkseen yrityksen on selvitettävä kapasiteetin tarve, verrattava sitä jo olemassa olevaan kapasiteettiin, ja näiden tietojen pohjalta ryhdyttävä tarvittaviin toimenpiteisiin. Kapasiteettisuunnittelun tärkein tavoite on nimenomaan tuottavuuden parantaminen. Kapasiteettisuunnittelu on osa tuotannonsuunnittelua ja sidoksissa tuotannonsuunnittelun eri osa-alueisiin. Kapasiteettisuunnittelua voi toteuttaa monin eri tavoin, ja suunnittelua helpottamaan on luotu erilaisia työkaluja. (Vollmann, Berry, Whybark & Jacobs 2005, s. 279–280; Süer 2003, s. 2)

3.1 Kapasiteettisuunnittelun tasot ja yhteys tuotannonsuunnittelun kokonaisuuteen

Kapasiteettisuunnittelu on jaettu seuraavaan viiteen pääluokkaan: resurssisuunnittelu (resource planning), kapasiteetin karkeasuunnittelu (rough-cut capacity planning), kapasiteettitarvelaskenta (capacity requirement planning), finite loading ja input/output -analyysi. Kokonaisuutena kapasiteettisuunnittelu on loogisesti etenevä ketju, joka alkaa resurssisuunnittelusta ja päättyy lopulta input/output -analyysiin. Kuvasta 4 selviää kapasiteettisuunnittelun tasojen yhteys tuotannonsuunnittelun muihin osa-alueisiin. Kapasiteettisuunnittelu kommunikoi koko prosessin ajan muiden tuotannonsuunnittelun osa-alueiden kanssa. (Vollmann et al. 2005, s. 280–281).



Kuva 4. Tuotannonsuunnittelun osa-alueet. (Vollman et al. 2005, s. 280)

Resurssisuunnittelu on pitkän tähtäimen suunnittelua. Sen avulla määritetään operatiivisen suunnittelun tarve. Lisäksi pyritään simuloimaan erilaisia ”mitä jos” -tilanteita ja löytämään niihin vastauksia. Kapasiteetin karkeasuunnittelu on astetta tarkempaa suunnittelua. Tärkein informaationlähde kapasiteetin karkeasuunnittelulle on tuotantosuunnitelma. Tarkemmat lyhyen tähtäimen suunnitelmat aikatauluttavat yksityiskohtaisemmin kapasiteetintarpeen ja seuraavat kapasiteetin käyttöä. (Vollmann et al. 2005, s.280–281)

3.2 Kapasiteettisuunnittelun tavoitteet ja onnistumistekijät

Onnistuessaan kapasiteettisuunnittelu voi tarjota monia hyötyjä yrityksen toiminnalle etenkin nostamalla yrityksen tuottavuutta. Alla on listattu asioita, jotka edesauttavat kapasiteettisuunnittelun onnistumista.

1. Kapasiteettisuunnitelmat on kehitettävä samanaikaisesti materiaalisuunnitelmien kanssa.
2. Valittujen kapasiteettisuunnittelun tekniikoiden tulee olla tarpeeksi tarkkoja ja sopia yhteen yrityksen yleistilanteen kanssa.
3. Kapasiteettisuunnitelma voidaan yksinkertaistaa just in time -ympäristössä
4. Huolella tehty resurssi- ja tuotesuunnitteluprosessi helpottaa kapasiteettisuunnittelua.
5. Mitä yksityiskohtaisempi kapasiteettisuunnittelusysteemi on, sitä enemmän tietoa ja tarkempaa tietokannan ylläpitoa se vaatii.
6. Aina ei pidä kapasiteettia muuttaa, vaikka kapasiteetti ei vastaisikaan oikeata tarvetta.
7. Pelkkä kapasiteettitarpeen suunnittelu ei riitä, vaan kapasiteetin käyttöä tulee monitoroida ja hallita.
8. Kapasiteettisuunnittelun menetelmiä voidaan hyödyntää tiettyihin, valittuihin avainresursseihin.

(Vollmann et al. 2005, s.307)

4 KAPASITEETIN KARKEASUUNNITTELUN MENETELMÄT

Kapasiteetin karkeasuunnitteluun on tarjolla kolme yleistä menetelmää. Ne ovat kapasiteettisuunnittelu yleiskertoimilla (*capacity planning using overall factors*, CPOF), kapasiteettirakenteet *(capacity bills*) ja resurssiprofiilit (*resource profiles*). Usein näiden karkeasuunnittelun menetelmien yhteydessä käsitellään neljäntenä ratkaisumallina kapasiteettitarvelaskenta (*capacity requirements planning*, CRP), joka on kuitenkin huomattavasti yksityiskohtaisempi tekniikka. (Vollmann et al. 2005, s. 281–282)

Kapasiteetin karkeasuunnittelun tekniikoilla on joitakin etuja verrattuna kapasiteettitarvelaskentaan: niiden avulla voidaan nopeasti arvioida erilaisten skenaarioiden mukaisia tilanteita, ja toimintaympäristöön kohdistuvat rajoitukset ovat pienemmät. Lisäksi toisin kuin kapasiteettitarvelaskenta, ne eivät vaadi toiminnanohjausjärjestelmän (*enterprise resource planning*, ERP) tukea.

Tässä yhteydessä keskitymme ainoastaan kolmeen ensin mainittuun kapasiteetin karkeasuunnittelun tekniikkaan. (Guide et al. 1997, s. 70–71; Vollmann et al. 2005, s. 281–282)

4.1 CPOF

Kapasiteettisuunnittelu yleiskertoimilla eli CPOF on menetelmistä yksinkertaisin; se ei vaadi yksityiskohtaista lähtötietoa, eikä sen suorittaminen ole laskennallisesti vaikeaa. CPOF-menetelmän mukainen kapasiteettisuunnittelu suoritetaan yleensä manuaalisesti. (Fogarty et al. 1991, s. 410–411)

Tekniikan käyttämiseksi tarvitaan tuotantosuunnitelma, tuotantoprosessin vaatima aika yhden osan valmistamiseen ja kunkin avainresurssin vaatima osuus kokonaistuotantoajasta. Osuudet voidaan ilmaista esimerkiksi tuotteen valmistukseen tai kokoonpanoon käytettyinä kone- tai työtunteina (Sipper & Bulfin 1997, s. 331). Osuudet saadaan jaettua esimerkiksi historiatiedon perusteella. ”Tyypillinen” valmistusaika kerrotaan tuotantosuunnitelmasta saatavalla tuotteiden lukumäärällä, ja tuloksena saadaan kokonaisaika, joka on linjassa tuotantosuunnitelman kanssa. Lopuksi kokonaisaika jaetaan suhteellisesti resurssien kesken kussakin työpisteessä. (Fogarty et al. 1991, s. 410–411)

Seuraavassa on esitetty yksinkertaistettu esimerkki CPOF-menetelmän soveltamisesta Vollmannin esittämiä laskukaavoja hyödyntäen. Esimerkin yrityksellä on kaksi lopputuotetta A ja B. Taulukossa 1 on esitetty tuotantosuunnitelman mukainen lopputuotteiden valmistus kuuden periodien ajalta. Historiatiedosta on poimittu kummankin tuotteen valmistamiseen kuluva keskimääräinen kokonaistyöaika.

Taulukko 1. Tuotantosuunnitelman mukainen lopputuotteiden valmistus.

		Periodi						
Lopputuote	Työaika yhteensä [h/kpl]	1	2	3	4	5	6	Yhteensä
A	1,995	10	10	12	15	15	17	79
B	2,725	8	7	11	14	15	15	70

Varsinaiset laskutoimitukset on suoritettu taulukkoon 2. Kunkin periodin kohdalle on laskettu kokonaiskapasiteetin tarve, joka on sitten jaettu kolmen työpisteen kesken prosenttiosuuksien mukaan. Näin on saatu laskettua kunkin työpisteen vaatima kokonaiskapasiteetti.

Taulukko 2. Arvioitu kapasiteetintarve CPOF-menetelmällä.

		Periodi						
Työpiste	Työajan osuus [%]	1	2	3	4	5	6	Yhteensä [h]
01	30	12,53	11,71	16,18	20,42	21,24	22,44	104,51
02	58	24,22	22,64	31,27	39,48	41,06	43,38	202,05
03	12	5,01	4,68	6,47	8,17	8,50	8,98	41,80
Kokonaiskapasiteetin tarve		*41,75	39,03	55,92	68,08	70,8	74,79	348,36

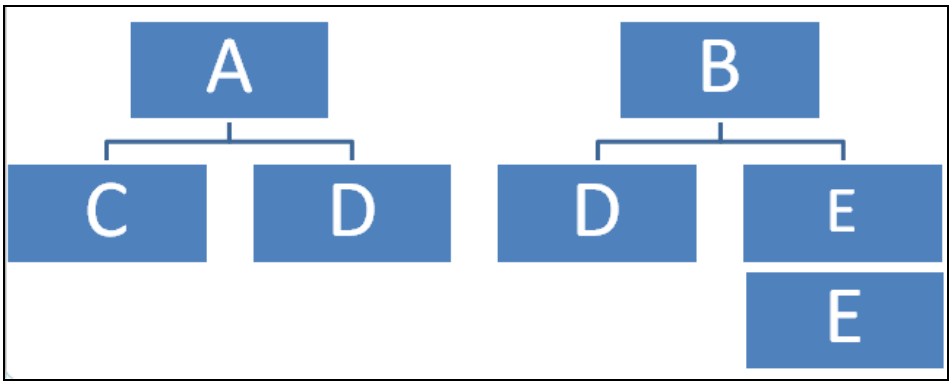
*41,75=(10*1,995)+(8*2,725)

CPOF-menetelmän tärkein etu on sen yksinkertaisuus. Laskutoimitukset ovat suoraviivaiset, ja menetelmä vaatii vain vähän syötetietoja, jotka lisäksi useimmiten ovat helposti saatavilla. Tuloksena saatavat arviot tuotantosolujen kapasiteettitarpeesta pitävät kuitenkin paikkansa vain siinä tapauksessa, että kapasiteettitarpeen jakautuminen tuotantosolujen kesken pysyy vakiona. (Vollmann et al. 2005, s. 284)

4.2 Capacity bills

Kapasiteettirakenteet eli capacity bills on menettelytapa, joka vaatii enemmän lähtötietoja kuin CPOF, mutta sisältää vahvemman yhteyden tuotantosuunnitelmassa olevan yksittäisen lopputuotteen ja tuotantosolun kapasiteettitarpeen välillä. Lähtötietoihin tarvitaan lopputuotteiden osaluettelot, tiedot tuotantolinjastosta ja tarkka tieto kunkin työvaiheen vaatimista kone- tai työtunneista. (Vollmann et al. 2005, s. 284)

Seuraavassa esimerkissä käytetään samaa tuotetietoa kuin CPOF-esimerkissä. Tuotteiden A ja B tuoterakenteet on esitetty kuvassa 5. Tuote A koostuu komponenteista C ja D. Tuotteessa B käytetään myös komponenttia D, mutta lisänä on kaksi kappaletta komponenttia E.



Kuva 5. Esimerkin tuoterakenteet.

Taulukossa 3 on tiedot lopputuotteiden kokoamisesta sekä komponenttien valmistamisesta. Taulukosta nähdään, että lopputuotteiden kokoonpanossa ja komponenttien valmistamisessa on ainoastaan yksi työvaihe. Poikkeuksen tekee komponentti C, jonka valmistus koostuu kahdesta peräkkäisestä työvaiheesta.

Taulukko 3. Tuotteiden tuotanto-ohjelman tiedot.

	Eräkoko	Toiminto	Työpiste	Asetustunnit	Asetustunnit /kpl	Työtunnit /kpl	Tunnit yhteensä /kpl
Lopputuotteet							
A	20	1/1	01	1,0	0,050	0,02	0,07
B	10	1/1	01	1,0	0,100	1,05	1,15
Komponentit							
C	40	1/2	02	1,0	0,025	0,6	0,625
		2/2	03	1,0	0,025	0,55	0,575
D	60	1/1	02	1,5	0,025	0,7	0,725
E	40	1/1	02	1,0	0,025	0,4	0,425

Taulukon 3 tiedoista saadaan laskettua lopputuotteiden kapasiteettitarpeet työpisteittäin. Tulokset on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Lopputuotteiden kapasiteettitarpeet työpisteittäin.

	A	B
Työpiste	Aika [h/kpl]	Aika [h/kpl]
01	0,07	1,15
02	1,35	1,575
03	0,575	0,00
Aika yhteensä [h/kpl]	1,995	2,725

Kun kapasiteetintarve työpisteittäin on laskettu kullekin lopputuotteelle, voidaan käyttää tuotantosuunnitelmaa yksittäisen työpisteen kokonaiskapasiteetin tarpeen arvioimiseen. Tuloksena saadut kunkin työpisteen prosentuaaliset osuudet kokonaistyöajasta ovat taulukossa 5. Taulukosta nähdään myös, että kokonaiskapasiteetin tarve on aivan sama kuin CPOF-menetelmässä (taulukko 2). Lopputulosten välinen ero tulee esille työpisteiden osuuksien arvioissa eri periodeissa. Tämä ero on erityisen tärkeä yrityksissä, joiden tuotteilla on korkea kysynnän vaihtelu, ja tuotannon on sopeuduttava vaihteluihin.

Taulukko 5. Arvioitu kapasiteetintarve capacity bills -menetelmällä.

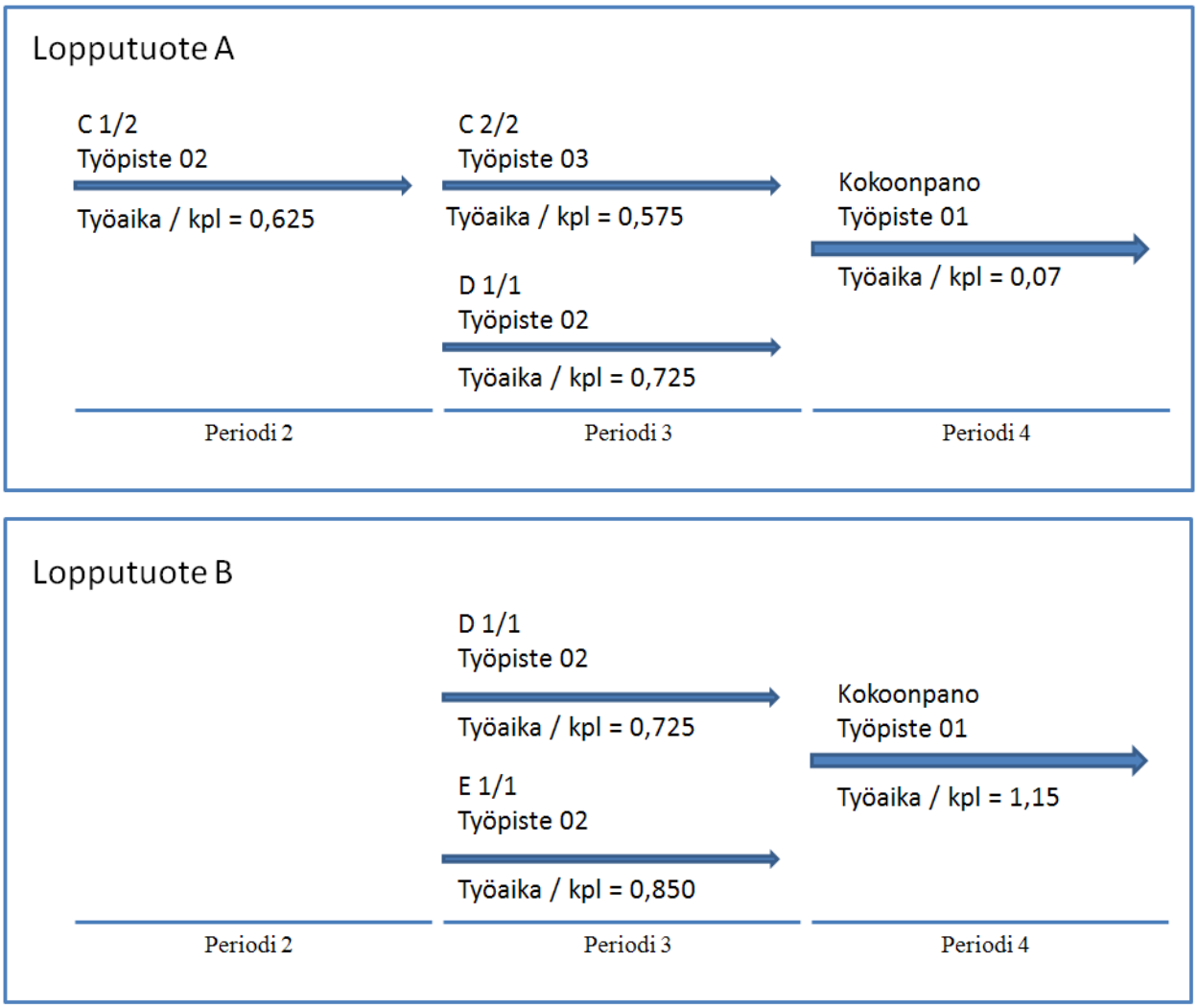
		Periodi							
Työpiste		1	2	3	4	5	6	Yhteensä [h]	Työajan osuus [%]
01		9,90	8,75	13,49	17,15	18,30	18,44	86,03	24,70
02		26,10	24,53	33,53	42,30	43,88	46,58	216,90	62,26
03		5,75	5,75	6,90	8,63	8,63	9,78	45,43	13,04
Kokonaiskapasiteetin tarve		41,75	39,03	53,92	68,08	70,80	74,79	348,36	

4.3 Resource profiles

Resurssiprofiilit eli resource profiles on kapasiteetin karkeasuunnittelun menetelmistä kehittynein. Toisin kuin edellä esitellyt tekniikat resource profiles -lähestymistapa huomioi resurssitar-

peen ajoituksen. Tekniikan hyödyntämisen tuloksena saadaan aikaan sidottu arvio kapasiteetin tarpeesta yksittäisestä työpisteestä. (Fogarty et al. 1991, s. 416)

Seuraavassa esimerkissä käytetään samoja lähtötietoja, kuin aikaisemmissa esimerkeissä (taulukot 1,3,4). Aikaisempien tietojen lisäksi tarvitaan kunkin lopputuotteen ja komponentin tuotannon läpimenoajat. Esimerkin yksinkertaistamiseksi määrittelemme lopputuotteen kokoonpanon läpimenoajaksi yhden periodin. Kunkin komponentin valmistamisen läpimenoaika on myös yksi periodi kussakin työpisteessä, eli C-komponentilla yhteensä kaksi periodia ja muilla komponenteilla yksi periodi. Kuvassa 6 on esitetty komponenttien valmistuksen ja kokoonpanon vaatimat läpimenoajat lopputuotteelle A ja B. Kuvasta selviää, että komponentin C valmistus on aloitettava kahta periodia ennen kokoonpanoa, sillä siinä on yhteensä kaksi työvaihetta työpisteissä 02 ja 03.



Kuva 6. Komponenttien valmistuksen ja kokoonpanon ajoitus.

Taulukosta 6 selviää, kuinka tuotantoon vaadittu aika kussakin työpisteessä jakautuu eri periodeille. Tuotantosuunnitelman mukaisilla tuotantomäärillä kerrotut resurssitarpeet on laskettu taulukkoon 7.

Taulukko 6. Resurssiprofiili työpisteittäin.

	Periodi		
	2	3	4
Lopputuote A			
01	0	0	0,07
02	0,625	0,725	0
03	0	0,575	0
Lopputuote B			
01	0	0	1,15
02	0	1,575	0

Taulukko 7. Resurssiprofiili työpisteittäin tuotantosuunnitelman tuotemäärillä.

	Periodi		
	2	3	4
15 kpl A – tuotetta			
01	0	0	1,05
02	6,25	8,7	0
03	0	6,9	0
14 kpl B – tuotetta			
01	0	0	16,1
02	0	17,325	0
03	0	0	0

On huomioitava, että nämä esimerkkilaskelmat koskevat ainoastaan neljännessä periodissa valmiina olevien tuotteiden lukumäärän mukaisen resurssitarpeen. Laskelmat on suoritettava erikseen jokaisessa periodissa valmiiksi saatettavien tuotteiden osalta, sillä resurssitarpeet kohdistuvat myös aiemmille periodeille. Laskelmien tuloksena saadaan taulukon 8 mukainen lopputulos. Verrattaessa capacity bills- ja resource profiles -menetelmillä saavutettuja lopputuloksia huoma-

taan, että kokonaiskapasiteetintarve ja työpisteiden kapasiteettitarpeen osuudet säilyy samana, mutta kapasiteetin kohdistuminen työpisteiden kesken on erilainen. Esimerkiksi periodissa 5 työpisteen 02 kapasiteetin tarve nousee 34:stä 43:een. Tämä käytettävästä laskutekniikasta johtuva 26 %:n ero on tuotannon kannalta hyvin merkittävä.

Taulukko 8. Arvioitu kapasiteetintarve resource profiles -menetelmällä.

		Periodi							
Työpiste	Myöh.	1	2	3	4	5	6	Yht. [h]	Työ-ajan osuus [%]
01	0,0	9,90	8,75	13,49	17,15	18,30	18,44	86,04	0,247
02	55,94	26,10	24,53	33,53	42,30	34,50		216,89	0,6226
03	9,78	5,75	5,75	6,90	8,63	8,63		45,43	0,1304
Kokonaiskapasi-teetin tarve	65,73	41,75	39,03	53,92	68,08	61,43	18,44	348,36	

5 MENETELMIEN KÄYTTÖ

Ruotsissa tehdyn tutkimuksen mukaan teollisuuden yritykset käyttävät kapasiteettisuunnittelun menetelmiä laajasti. Eri tekniikat soveltuvat eri toimintaympäristöihin, ja yritysten niillä saavuttamat hyödyt vaihtelevat. (Jonsson & Mattson 2003, s. 90)

5.1 Menetelmien käyttö ja valinta

Kapasiteetinsuunnittelutekniikoista käytetyimmät ovat CRP ja CPOF. Ruotsissa tehdyn tutkimuksen mukaan kapasiteettitarvelaskentaa kertoi käyttävänsä yli 80 % tutkimukseen osallistuneista yrityksistä. CRP:n käyttöä puoltaa sen yksityiskohtaisuus ja tarkkuus, mutta osaksi sen suosiota selittää se, että se sisältyy useimpiin ERP-järjestelmiin. CPOF-menetelmää käytti tutkimuksen mukaan yli puolet yrityksistä. CPOF-menetelmän suurin etu on sen yksinkertaisuus. Lisäksi sitä käytetään laajasti pitkän tähtäimen suunnitteluun, jolloin tulosten tarkkuus ei ole

määräävin tekijä tekniikan valinnassa. Capacity bills- ja resource profiles -menetelmiä kertoi käyttävänsä noin neljännes yrityksistä. (Jonsson et al. 2003, s. 90–91)

Kuten prosenttiosuuksista käy ilmi, sopivaksi vaihtoehdoksi yrityksen tarpeisiin voi muodostua eri menetelmien yhdistelmä. Capacity bills- ja resource profiles -menetelmiä käytetään useimmiten täydentämään pääasiallista menetelmää. Taulukossa 9 on esitetty eri menetelmien käyttö suunnittelutähtäimen ja menetelmän ensisijaisuuden mukaan. (Jonsson et al. 2003, s. 90)

Taulukko 9. Menetelmien käyttö prosenttiosuuksina yrityksistä. (Jonsson et al. 2003, s. 91)

Suunnittelutähtäin	CPOF	capacity bills	resource profiles	CRP
Lyhyt	1	6	6	33
Keskipitkä	5	13	13	38
Pitkä	51	11	9	10
Käyttö ylipäätään	57	30	28	81
Käyttö päämetodina	32	4	3	61

Motiivit tietyn menetelmän käyttämiseen vaihtelevat yrityksen koon mukaan. Suuret ja keskisuuret yrityksen perustavat valintansa usein analyysiin, laskelmiin tai suosituksiin. Suurissa yrityksissä valinnassa voidaan hyödyntää myös konsulttiapua. Pienissä yrityksissä tietyn menetelmän käyttö perustuu usein vain totuttuun tapaan tai ERP:n sisältämiin mahdollisuuksiin. (Jonsson et al. 2003, s. 91)

Kapasiteettisuunnittelun menetelmän valinnassa on syytä asettaa vastakkain kehittyneemmän menetelmän tarjoamat hyödyt sekä käytön aiheuttamat kustannukset ja vaiva. Olennaista on, että kustannuksia lisäävän, monimutkaisemman tekniikan käyttämisen tulisi parantaa päätöksentekoa ja kehittää tehtaan toimintoja pysyvästi. (Vollmann et al. 2005, s. 301)

5.2 Erilaisiin ympäristöihin soveltuminen

Kapasiteetin karkeasuunnittelun menetelmien sovellettavuus erilaisiin toimintaympäristöihin vaihtelee. Toimintaympäristön luonnehdinnan kannalta tärkeimpiä muuttujia ovat tuotteeseen, kysyntään sekä tuotantoprosessiin liittyvät tekijät. (Jonsson & Mattsson 2002, s. 876–877)

CPOF-menetelmä on eniten altis lopputuotteen kysynnän muutoksille. Lisäksi menetelmän tehokas hyödyntäminen edellyttää tuotteiden yhdenmukaisuutta, sillä se ei tunne eroa eri tuotteiden valmistuksessa. Monimutkainen tuoterakenne ja pitkät toimitusajat suhteutettuna suunnittelujakson pituuteen huonontavat CPOF-menetelmällä saavutettavien kapasiteettiarvioiden tarkkuutta. Menetelmällä voidaan saavuttaa hyötyjä esimerkiksi tilanteissa, joissa halutaan arvioida, miten erilaiset tuotantosuunnitelmassa tapahtuvat muutokset muuttavat kapasiteetintarvetta. Tällä tavalla pystyttäisiin ennakoimaan esimerkiksi pullokaulatilanteet jo ennen niiden syntymistä. Vaihtoehtoisesti, jos kysynnän arvioidaan pienenevän, saadaan nopeasti selville, mistä kapasiteettia vapautuu ja kuinka paljon. (Jonsson et al. 2002, s. 881; Vollmann et al. 2005, s. 284, 301)

Verrattuna CPOF-menetelmään capacity bills -lähestymistapa on selvästi kehittyneempi, sillä se huomioi erilaiset lopputuotteet. Tämä on tärkeää erityisesti JIT-ympäristöissä. Toisaalta tuotteiden kapasiteetintarpeiden erojen ollessa erittäin pieniä, CPOF-menetelmän yksinkertaisuutta voidaan hyödyntää, mikäli sen koetaan tuovan lisäarvoa. (Fogarty et al. 1991, 422; Vollmann et al. 2005, s. 301–302)

Kuten CPOF myös capacity bills -lähestymistapa olettaa, että valmistus ja jakelu tapahtuvat saman periodin aikana. Tekniikassa käytettävän periodin pituutta ei kuitenkaan ole järkevää pidentää äärettömän pitkäksi, sillä se tekee ennusteesta hyödyttömän. Resource profiles -menetelmä sen sijaan huomioi ajoituksen ja soveltuu sen vuoksi hyvin tuotteille, joilla on pitkä toimitusaika (Fogarty et al. 1991, 419–420). ETO-tuotteille kyseinen tekniikka sopii kaikkein parhaiten, sillä se sallii kapasiteetin suunnittelun jo ennen kuin tuotteen ja tuotannonsuunnittelun yksityiskohdat ovat selvillä. (Jonsson et al. 2002, s. 90)

6 MENETELMIEN SOVELTAMINEN MAATALOUSKONETUOTANTOON

Esiteltyjen menetelmien soveltamista kuvailtuun toimintaympäristöön lähestytään ongelmien ja yrityksen asettamien tavoitteiden kautta. Toimivasta kapasiteettitarvelaskentaohjelmasta huolimatta yrityksen ongelmana on kapasiteettisuunnittelun tehottomuus. Tarkoituksena on aluksi selvittää, millä tavalla kapasiteetin karkeasuunnittelun menetelmillä voisi tehostaa kapasiteettisuunnittelua. Tässä yhteydessä vertaillaan eri tekniikoilla saavutettavia kapasiteettitarvearvioita laskuesimerkin kautta. Tarkasteluun sisällytetään koko tuotantoprosessi, sisältäen moottoreiden ja voimansiirron valmistuksen sekä lopputuotteiden kokoonpanon.

Toimintaympäristön nykytilassa on havaittu kehittämiskohteita liittyen erikoistilanteiden ennakoimiseen ja tuotantoprosessin uudistamiseen. Kapasiteettisuunnittelun tehostamisen ohella siis selvitetään, voidaanko äkillisiin muutoksiin tuotantojärjestyksessä varautua kapasiteettisuunnittelun keinoin. Tässä yhteydessä keskitytään tarkastelemaan ainoastaan kokoonpanolinjan toimintaa ja sen yksittäisiä työvaiheita. Kolmantena päämääränä on selvittää, miten kapasiteetin karkeasuunnittelulla voidaan edesauttaa kokoonpanolinjan rakennemuutoksen läpiviemistä.

6.1 Laskutoimitusten perusta

Eri menetelmissä esiintyvien laskutoimitusten helpottamiseksi toimintaympäristötietoihin on tehty muutamia yksinkertaistuksia. Lopputuotteita käsitellään sarjoittain. Tämän yksinkertaistuksen perusteena on se, että vaikka kuhunkin sarjaan kuuluu erilaisia tuotteita, niiden valmistuksen vaatimat kapasiteettitarpeet ovat suunnilleen samat. Suurimmat erot vaiheajoissa ovat nimenomaan eri lopputuotesarjojen välillä. Myös itse valmistettavien komponenttien suhteen tehdään yksinkertaistuksia. Oletetaan, että moottoreita tehdään kolmenlaisia: 3-, 4-, ja 6-sylinterisiä. Voimansiirtoa valmistetaan myös kullekin lopputuotesarjalle erilaista, eli yhteensä kolmea mallia. Sekä moottoreiden että voimansiirtojen valmistuksen vaiheet on eritelty ainoastaan kahteen osaan: koneistukseen ja kokoonpanoon.

Esimerkkilaskuissa käytettävät kysyntätiedot on esitetty tuotantosuunnitelmana taulukossa 10. Lukuarvot perustuvat toimintaympäristön kuvauksessa kerrottuihin vuosittaisiin tuotantomääriin ja kysynnän luonteeseen. Tilausten ja ennusteiden perusteella kysynnän ennakoidaan olevan ta-

saista ensimmäisten kolmen kuukauden ajan. Sen jälkeen kysyntä laskee ja hajaantuu jonkin verran, ja tarkoituksena on ajoittaa linjastojen vuosihuollot näiden jaksojen yhteyteen. Työaika on jaettu lopputuotesarjojen kesken siten, että A-sarjalla valmistus vie keskimäärin 28 tuntia, B-sarjalla 32 tuntia ja C-sarjalla 36 tuntia yhtä lopputuotetta kohden.

Taulukko 10. Tuotantosuunnitelma

		Kuukausi						
Tuotesarja	Työaika yhteensä [h/kpl]	1	2	3	4	5	6	Yhteensä
A	28	608	608	608	485	288	125	2751
B	32	243	243	243	395	425	385	1967
C	36	365	365	365	245	225	185	1786

6.2 Kapasiteettisuunnittelun tehostaminen

Kapasiteettisuunnittelun tekniikoiden soveltamisen lähtökohtana ovat toimintaympäristön asettamat rajoitukset ja menetelmien hyödyntämiseen tarvittavan tiedon saatavuus. Tässä luvussa tutkitaan, millä tavalla kapasiteetin karkeasuunnittelun menetelmillä voidaan tehostaa kapasiteettisuunnittelua. Tarkastelussa on sekä kokoonpano, että oman valmistuksen kapasiteettisuunnittelu.

6.2.1 CPOF

CPOF-menetelmän mukainen edellä esitetyin yksinkertaistuksin laskettu kapasiteettitarvelaskelma on esitetty taulukossa 11. Työvaiheet on jaettu edellä kuvatulla tavalla moottorin koneistukseen ja kokoonpanoon, voimansiirron koneistukseen ja kokoonpanoon sekä lopputuotteen kokoonpanoon. Kokonaiskapasiteetin tarpeeksi kuuden kuukauden ajalta saadaan 201 167 tuntia.

Taulukko 11. Kapasiteetintarve CPOF-menetelmällä.

		Kuukausi						
Työpiste	Työajan osuus [%]	1	2	3	4	5	6	Yhteensä [h]
Moottori 1/2	15	5 931	5 931	5 931	5 475	4 651	3 513	31 433
Moottori 2/2	15	5 931	5 931	5 931	5 475	4 651	3 513	31 434
Voimansiirto 1/2	17	6 524	6 524	6 524	6 023	5 116	3 864	34 575
Voimansiirto 2/2	17	6 524	6 524	6 524	6 023	5 116	3 864	34 575
Kokoonpano	34	13 049	13 049	13 049	12 045	10 231	7 728	69 150
Kokonaiskapasiteetin tarve		37 960	37 960	37 960	35 040	29 764	22 480	201 167

CPOF-menetelmän hyödyntäminen ei vaadi suuria panostuksia, ja laskentaa varten tarvittava tieto on helposti saatavilla. Lähtökohdaksi muodostuukin pohtia, saavutetaanko tekniikalla ylipäätään käyttökelpoista tietoa kapasiteettisuunnittelun käyttöön. Merkittävin ongelma CPOF-menetelmän hyödyntämisessä on kapasiteettitarvearvion epätarkkuus. ATO-ympäristössä erilaisten lopputuotteiden lukumäärä on suuri, joten niiden käsitteleminen homogeenisina aiheuttaa epätarkkuutta. Koska eri lopputuotteiden kapasiteetintarve niin komponenttien valmistuksessa kuin kokoonpanolinjan eri vaiheissakin vaihtelee, arviot kapasiteettitarpeesta ovat niin keskimääräisiä, ettei niillä voida tehostaa kapasiteettisuunnittelua. Myös pitkät toimitusajat suhteessa suunnitteluperiodin pituuteen heikentävät kapasiteettisuunnittelun tarkkuutta CPOF-menetelmällä. Näin ollen ainoa potentiaalinen tapa hyödyntää CPOF-menetelmää on pitkän aikavälin kapasiteettisuunnittelu. Pitkän tähtäimen suunnittelussa keskeistä on saada arvio kokonaiskapasiteetin tarpeesta yksittäisten työvaiheiden kapasiteettitarpeen sijaan, ja juuri tähän CPOF-menetelmällä pystytään.

6.2.2 Capacity bills

Lähtökohtaisesti capacity bills -menetelmä tarjoaa sitä tietoa, mitä yritys tarvitsee; menetelmällä saadaan arviot kunkin tuotantovaiheen kapasiteettitarpeesta. Lopputuotteiden monimuotoisuus ei aiheuta ongelmaa, sillä lopputuotteiden erilaisuus huomioidaan. Menetelmän soveltumista vai-

keuttavat 5–8 viikon pituiset toimitusajat ja periaatteessa myös keskimääräinen 32 tunnin pituinen läpimenoaika, sillä tarkan arvion saavuttamiseksi suunnitteluperiodin pituus ei saisi tällöin olla läpimenoaikaa lyhyempi. Vertailun helpottamiseksi capacity bills -esimerkki on kuitenkin laskettu samalla suunnitteluperiodin pituudella kuin CPOF-esimerkki. Tarvittavat lähtötiedot ja niistä lasketut kapasiteettitarpeet työpisteittäin on esitetty taulukoissa liitteessä 1. Menetelmällä saadaan taulukon 12 osoittamat tulokset. Tuloksista huomataan, että kokonaiskapasiteetin tarve on sama, mutta työpisteittäin kapasiteetin tarpeessa on pieniä eroavaisuuksia. Lopputuotteen kokoonpanon työtuntien osuus nousee 34 %:sta 35 %:iin. Muiden työpisteiden osuus säilyy suunnilleen samana.

Taulukko 12. Kapasiteetintarve capacity bills – menetelmällä.

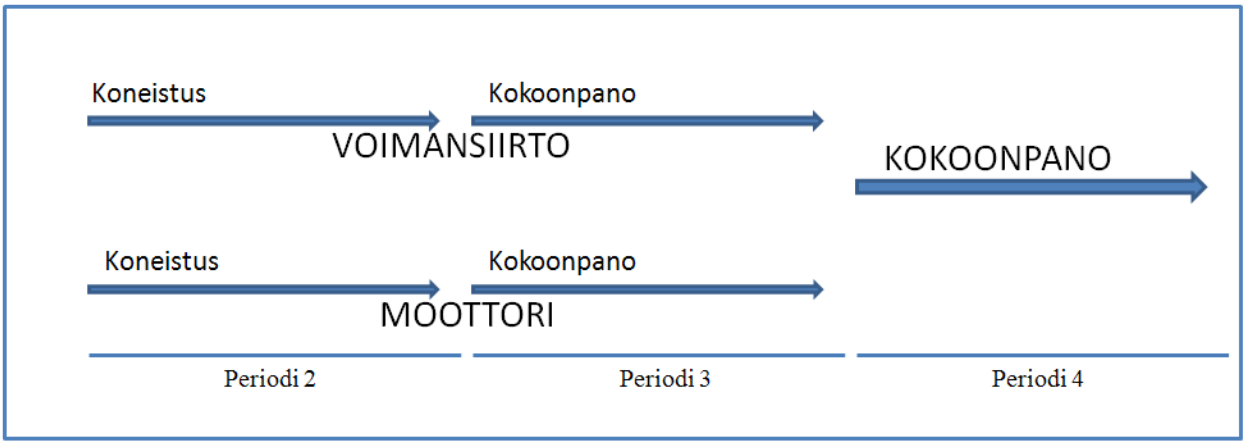
	Kuukausi							
Työpiste	1	2	3	4	5	6	Yht. [h]	Työ-ajan osuus [%]
Moottori 1/2	5 840	5 840	5 840	5 385	4 627	3 535	31 067	15 %
Moottori 2/2	5 840	5 840	5 840	5 385	4 627	3 535	31 067	15 %
Voimansiirto 1/2	6 448	6 448	6 448	5 948	5 096	3 883	34 271	17 %
Voimansiirto 2/2	6 448	6 448	6 448	5 948	5 096	3 883	34 271	17 %
Kokoonpano	13 383	13 383	13 383	12 375	10 318	7 645	70 488	35 %
Kokonaiskapasiteetin tarve	37 960	37 960	37 960	35 040	29 764	22 480	201 167	

Capacity bills -menetelmällä ei saavuteta hyötyä tutkitussa toimintaympäristössä. Laskelma on hieman tarkempi, mutta ei tarpeeksi tarkka lyhyen tähtäimen suunnitteluun, sillä se ei huomioi työvaiheiden ajoitusta. Pitkän tähtäimen suunnitteluun tekniikka on turhan monimutkainen, eikä tarkemmilla arvioilla ole yhtä suurta merkitystä pitkällä tähtäimellä huomioiden tekniikan vaatimat panostukset.

6.2.3 Resource profiles

Resource profiles -menetelmä tuo edellisiin menetelmiin lisänä aikadimension, eli kapasiteettitarpeet on sidottu aikaan. Näin ollen pitkä toimitusaika ja tuotannon ajoittuminen useammalle suunnitteluperiodille eivät aiheuta ongelmia. Oleellista on pohtia, saavutetaanko resource profiles -menetelmällä joitakin etuja verrattuna käytössä olevaan kapasiteettitarvelaskentaan.

Resource profiles -esimerkissä suunnitteluajanjaksoa lyhennetään kuukaudesta vuorokauteen, eli kahteen työvuoroon. Laskelmien yksinkertaistamiseksi kukin työvaihe on ajoitettu omalle periodille. Lopputuotteiden valmistus jakaantuu kolmelle periodille kuvan 7 osoittamalla tavalla.



Kuva 7. Lopputuotteiden valmistuksen ajoittuminen.

Resource profiles -menetelmän laskelmien perusperiaate käy ilmi liitteestä 2. Taulukossa 13 on esitetty menetelmällä saavutetut tulokset. Tulokset on kuitenkin esitetty kuukauden suunnitteluperiodin mukaisesti, jotta ne ovat vertailukelpoiset muilla menetelmillä saatuihin tuloksiin. Työajan osuuksista nähdään, että tällä tekniikalla saadaan kaikkein tarkimmat arviot kapasiteettitarpeesta työpisteittäin. Suurin eroavaisuus edellä esiteltyjen menetelmien tuloksiin on lopputuotteen kokoonpanossa, jonka kapasiteettitarve putoaa peräti 11 prosenttiyksikköä. Muissakin tuotantovaiheissa tapahtuu usean prosenttiyksikön muutoksia.

Taulukko 13. Kapasiteetintarve resource profiles -menetelmällä.

	Kuukausi								
Työpiste	Myöh.	1	2	3	4	5	6	Yhteensä [h]	Työajan osuus [%]
Moottori 1/2	0	5 840	5 840	5 840	5 385	4 627	3 535	31 067	15 %
Moottori 2/2	5 501	4 867	4 867	4 867	4 164	3 856	2 946	25 566	13 %
Voimansiirto 1/2	0	6 448	6 448	6 448	5 947	5 096	3 883	34 271	17 %
Voimansiirto 2/2	6 076	5 374	5 374	5 374	4 592	4 247	3 235	28 195	14 %
Kokoonpano	22 827	9 145	9 145	9 145	8 250	6 879	5 097	47 661	24 %
Kokonaiskapasiteetin tarve	34 404	31 675	31 676	31 677	28 343	24 709	18 701	201 167	

6.3 Erikoistilanteisiin varautuminen kokoonpanolinjalla

Todellisena haasteena yrityksellä on tuotantosuunnitelmassa tapahtuviin muutoksiin varautuminen. Tämä ongelma koskee erityisesti kokoonpanolinjaa ja sen 30 yksittäistä työvaihetta. Esimerkiksi tiettyjen komponenttien puutetilanteet voivat aiheuttaa sen, että suunniteltua kokoonpanojärjestystä joudutaan muokkaamaan. Siitä puolestaan voi seurata kapasiteetin kannalta haastava kokoonpanojärjestys, jossa kapasiteetin tasaaminen on vaikeaa. Resource profiles -menetelmä sopisi mainiosti hyödynnettäväksi tällaisissa tilanteissa, koska se sallii kapasiteetin suunnittelun jo ennen kuin tuotteen ja tuotannonsuunnittelun yksityiskohdat ovat selvillä. Tämä tekijä huomioiden resource profiles -menetelmä on suositeltava lisänä yrityksessä tällä hetkellä käytössä olevalle kapasiteettitarvelaskennalle. Sovellettaessa kyseistä tekniikkaa tulisi tässä tapauksessa sisällyttää sovellukseen ainoastaan kokoonpanolinja ja siihen kuuluvat 30 yksittäistä työvaihetta. Näin saataisiin yksityiskohtaisempaa tietoa jokaisen työvaiheen kapasiteettitarpeesta jo suunnitteluvaiheessa.

Koska kokoonpanolinja on pakkotoiminen, yksittäisten työvaiheiden kestoissa ei pitäisi olla suuria eroja. Itse asiassa optimaalisessa tilanteessa eri työvaiheiden kapasiteettitarpeet olisivat keskenään täsmälleen samat tai toistensa monikertoja. Tämä takaisi sen, että pakkotoiminen kokoonpanolinja pystyisi toimimaan mahdollisimman sujuvasti ja ilman häiriöitä, kun mikään vai-

he ei muodostaisi kokoonpanon pullonkaulaa. Monikerrat työvaiheiden kapasiteettitarpeessa selittyvät työvaiheessa työskentelevien henkilöiden määrällä, mikäli kapasiteettitarvetta mitataan henkilötyötunneissa. Kapasiteettisuunnittelun tehostamisen myötä saadaan aluksi selville, kuinka lähellä optimaalista tilannetta ollaan. Mikäli kehitystarpeita ilmenee, päästään suunnittelemaan erilaisia ratkaisumalleja joustavamman kokoonpanolinjan luomiseksi. Vaihtoehtoja ovat esimerkiksi työvoiman vapaampi liikuttelu työpisteiden välillä, kriittisten työvaiheiden läpimenoajan lyhentäminen tai pullonkaulavaiheiden jakaminen kahteen suorituspisteeseen. On kuitenkin syytä hyväksyä se tosiasia, että kaikkia erikoistilanteita ja muutoksia ei pystytä ennakoimaan. Muutoksiin on reagoitava tapahtumahetkellä käytännön järjestelyillä, kuten lisäämällä työvoimaa tiettyihin työvaiheisiin.

Kokoonpanolinjan rakennemuutoksessa voitaneen myös hyödyntää kapasiteettisuunnittelua. Työvaiheet, joissa on suurimmat erot yksinkertaisimman ja monimutkaisimman lopputuotteen kokoamisen kapasiteettitarpeen kohdalla, ovat kaikkein kriittisimmät, sillä ne vaikeuttavat eniten kapasiteetin täysimääräistä hyödyntämistä. Rakennemuutos on syytä toteuttaa ensin näissä työvaiheissa.

7 TULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI

Analyysin tuloksena muodostui suositus eri tekniikoiden hyödyntämisestä ja kapasiteettisuunnittelun kehittämisestä. Tässä luvussa on koottuna keskeiset tulokset ja niiden pohjalta syntynyt suositus. Tulosten arvioinnissa on keskitytty suosituksen sisällön ja taustojen erittelyyn sekä suosituksen laajempaan sovellettavuuteen.

7.1 Suositus

Analyysin tuloksena todetaan, että yritys voi tehostaa kapasiteettisuunnitteluaan kapasiteetin karkeasuunnittelun tekniikoiden avulla. Kuten sovellusesimerkistä käy ilmi, CPOF-menetelmällä ei saavuteta tässä toimintaympäristössä hyötyä muutoin, kuin pitkän aikavälin kapasiteettisuunnittelussa hyödynnettynä. Tälläkin suunnittelulla saatava hyöty voi jäädä kovin pieneksi, mutta toisaalta menetelmä ei vaadi paljon resursseja, joten sen koekäyttö muun suunnittelun rinnalla on suositeltavaa. Capacity bills puolestaan todettiin täysin hyödyttömäksi soveltaa kuvailtuun toi-

mintaympäristöön. Pitkän tähtäimen suunnitteluun tekniikka on turhan monimutkainen, eikä pitkällä tähtäimellä ole tarvetta kokonaiskapasiteettia tarkempiin arvioihin. Parhaiten yrityksen tarpeisiin vastaa resource profiles -menetelmä. Sillä todettiin olevan joitakin etuja kapasiteettitarvelaskentaankin verrattuna. Tästä huolimatta kapasiteettitarvelaskentaa (CRP) ei ole tarkoitus välittömäsi syrjäyttää. Resource profiles -menetelmää suositellaan käytettäväksi kokoonpanolinjan kapasiteettisuunnittelussa. Tarkoituksena on selvittää tarkemmin yksittäisten työvaiheiden nykytilaa kapasiteetin jakaantumisen näkökulmasta ja hyödyntää menetelmää kehitystarpeiden määrittämisen apuvälineenä. Tämän sovelluksen lisäksi resource profiles -menetelmää suositellaan hyödynnettäväksi tuotantoprosessin toteuttamisessa kriittisten työvaiheiden määrittämisen kautta. Lisäksi menetelmän tuloksena saadaan melko pienellä vaivalla kapasiteettiarvioita erilaisten skenaarioiden varalle, mikä auttaa erikoistilanteisiin varautumisessa. Taulukkoon 14 on koottu suosituksen keskeinen sisältö.

Taulukko 14. Suositus kapasiteettisuunnittelun kehittämiseksi toimintaympäristössä.

	Kapasiteettisuunnittelun tehostaminen	**Erikoistilanteisiin varautuminen**
Kohde	Oma tuotanto, kokoonpano	Kokoonpano
Menetelmä	CPOF	Resource profiles
Tarkoitus	Pitkän tähtäimen suunnittelu	Nykytilanteen selvittäminen o kriittisten työvaiheiden tunnistaminen o kehitystarpeiden määrittelyn apuväline Rakennemuutoksen toteutuksen tukeminen Kapasiteettiarviot eri skenaarioiden varalle
Käyttöönotto	Muun suunnittelun rinnalla	Pääosin itsenäisenä kokonaisuutena

7.2 Arvio tuloksista

Laadittu suositus kapasiteettisuunnittelun kehittämiseksi vastaa toimintaympäristössä havaittuihin ongelmiin, mikä on lähtökohtaisesti tärkein asia arvioitaessa suosituksen sisältöä. Analyysissä ja suosituksen sisällössä on huomioitu yrityksen toimintaympäristön erityispiirteet niin tarkasti, kuin se tällaisessa selvityksessä on mielekästä ja mahdollista. Tarkempien lopputulosten saavuttamiseksi vaadittaisiin kuitenkin yksityiskohtaisempia tietoja muun muassa nykyisin käytössä olevasta kapasiteettitarvelaskentaohjelmasta ja sen käytössä ilmenneistä ongelmista. Suosituksen toimeenpano vaatii paljon selvitystyötä ja käytännön toteutuksen suunnittelua. Suositus on kuitenkin laadittu maltillisesti. Siihen ei esimerkiksi ole yhdistetty liian monia menetelmiä, jolloin kapasiteettisuunnittelun kokonaisuudesta tulisi liian monimutkainen ja vaikeasti hallittava.

Käsitellyt kapasiteetin karkeasuunnittelun menetelmät sisältävät teorian muodossa jo monia seikkoja, joiden avulla voi ennakoida tekniikoiden sovellettavuutta erilaisiin toimintaympäristöihin. On kuitenkin välttämätöntä tutkia jokaista tapausta erikseen ja verrata eri menetelmillä saavutettavia lopputuloksia keskenään. Tämä seikka rajoittaa tulosten laajempaa sovellettavuutta. Toimintaympäristö on kuitenkin monilta osin verrattavissa maatalouskonealan vastaaviin yrityksiin. Esimerkiksi asiakasohjautuva tuotanto on nykyisin alalla vallitseva tapa toimia. Omaa tuotantoa on harvemmin, mutta toisaalta analyysista ja tuloksista on poimittavissa osuuksia, jotka koskevat ainoastaan kokoonpanoa.

Kaiken kaikkiaan tuloksia voidaan tuskin sellaisenaan soveltaa mihinkään toimintaympäristöön. Tuloksista ja analyysista on kuitenkin poimittavissa osuuksia, joita on helppo soveltaa niin maatalouskonealan kuin muidenkin alojen yrityksiin. Laajemmin ajateltuna analyysi ja tulokset osoittavat, että ongelmia on syytä lähestyä useista eri näkökulmista. Tässäkin tapauksessa analyysin edetessä muodostui odottamattomia osa-alueita, joihin kapasiteettisuunnittelulla voidaan vaikuttaa.

8 YHTEENVETO

Kapasiteetin karkeasuunnittelussa käytetään useita menetelmiä, joilla saavutetaan erilaisia hyötyjä eri ympäristöissä. Tässä työssä tutkittiin seuraavaa kolmea menetelmää: CPOF, capacity billls ja resource profiles. Menetelmät eroavat toisistaan niiden vaatimien syöttötietojen, suoritettavien laskujen sekä saavutettavien lopputulosten tarkkuuden suhteen. Toimintaympäristön lisäksi menetelmät soveltuvat eri tavalla eri käyttötarkoituksiin. Niitä voidaan käyttää lyhyen tai pitkän tähtäimen suunnitteluun. Yrityksellä voi olla käytössään yksi menetelmä, tai useasta menetelmästä yhdistelty kokonaisuus.

Kapasiteetin karkeasuunnittelun menetelmiä sovellettiin traktoreita valmistavaan yritykseen, jonka toiminta on kokonaisuudessaan tilausohjautuvaa. Lopputuotteiden kokoonpanon ohella yritys valmistaa itse voimansiirron ja dieselmoottorit. Yrityksen tuotannonsuunnittelussa ilmenneisiin ongelmiin pyrittiin löytämään ratkaisuja kapasiteettisuunnittelun keinoin. Tavoitteena oli tehostaa kapasiteettisuunnittelua ja pyrkiä varautumaan kokoonpanolinjalla esiintyviin erikoistilanteisiin.

Kapasiteetin karkeasuunnittelun tekniikoita sovellettiin toimintaympäristöön ja vertailtiin niillä saavutettuja lopputuloksia, mahdollisia hyötyjä ja panostuksia keskenään. Lopputuloksena koottiin suositus, joka sisältää kapasiteettisuunnittelun tehottomuuteen ja erikoistilanteisiin varautumiseen liittyviin ongelmiin kehitetyt ratkaisut. Nykyisen kapasiteettisuunnittelun rinnalla suositellaan käytettäväksi CPOF-menetelmää, jonka hyödyt tulevat parhaiten esille pitkän tähtäimen suunnittelussa. Kokoonpanolinjan kapasiteettisuunnitteluun parhaana vaihtoehtona suositellaan resource profiles -menetelmää. Sitä voidaan käyttää kriittisten työvaiheiden tunnistamisen apuvälineenä, kokoonpanolinjan muutosprosessin toteutuksen tukemiseen ja eri skenaarioiden mukaisten kapasiteettitarvearvioiden luomiseen.

Käytettävissä olleiden tietojen perusteella suosituksen arvioitiin olevan sisällöltään tarkoituksenmukainen. Sovellettavuuden arvioinnissa todettiin, että toimintaympäristöjen erikoisominaisuuksien vuoksi jokaista tapausta on tutkittava erikseen. Suositus koostuu kuitenkin useasta osasta, joita voidaan erikseen pyrkiä hyödyntämään laajemmassa kontekstissa niin maatalouskonealalla kuin muillakin vastaavilla aloilla, joilla on yhtäläisyyksiä tutkimamme toimintaympäristön kanssa.

LÄHTEET

Burcher, Peter G. 1992. Effective Capacity Planning. Managing Services. Vol. 36, no. 10, s. 22–25.

Fogarty, Donald W. & Blackstone, John F. & Hoffman, Thomas R. 1991. Production & Inventory management. Second edition. Cincinnati. South-Western Publishing Co. 870 s.

Guide, V. D. R. & Srivastava R. & Spencer, M. S. 1997. An evaluation of Capacity planning techniques in a remanufacturing environment. International Journal of Production Research. Vol. 35, no. 1, s. 67–82.

Hernesniemi, Hannu (toim.). 2009. Koneteollisuuden menestys tarttuu verkostoihin: alihankkijoista kasvavia ja kansainvälistyviä sopimusvalmistajia. 2009. Helsinki. Edita. 143 s. ISBN: 978-951-37-5572-0

Jonsson, Patrik & Mattson, Stig-Arne. 2002. Use and applicability of capacity planning methods. Production and Inventory Management Journal. Vol. 43, no. 3–4, s. 89–95.

Jonsson, Patrik & Mattson, Stig-Arne. 2003. The implications of fit between planning environments and manufacturing planning and control methods. International Journal of Operations & Production Management Vol. 23, no. 8, s. 872 – 890.

Manni, Jukka & Riipinen, Tapio & Niskanen, Hannu & Karhu, Raimo & Järvenpää, Markku. 2009. Suomalaisen maatalouskoneteollisuuden tila ja tulevaisuus. Tampere. MTT. 100 s.

Myllymäki, Esa. 2008. Omalla konseptilla vuosittain 11 0000 traktoria maailmalle. [verkkodokumentti] Tuotantokonseptit – ohjelman käynnistysseminaari 13.2.2008. [viitattu 19.2.2010] Saatavissa: http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/Tuotantokonseptit/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta_ja_aktivointi/Seminaarit/Kaynnistysseminaari_13022008/Valtra_Myllymaki.pdf

Saulio, Markus. Vierailu Valtran Suolahden tehtaalla 16.2.2010.

Sipper, Daniel & Bulfin, Robert L. 1997. Production: Planning, control, and integration. United States of America. McGraw-Hill. 630 s.

Tilauksesta toimitukseen. 2006. [verkkolehti] 1/2006, [viitattu 1.2.2010]. Valtra Team – Valtran asiakaslehti. Saatavissa: http://valtra.fi/news/documents/Vteam_FI_012006.pdf

Viinanen, Matti. 2010. Vierailu Valtran Suolahden tehtaalla 16.2.2010.

Vollmann, Thomas E. & Berry, William L. & Whybark, D. Clay & Jacobs, F. Robert. 2005. Manufacturing Planning & Control Systems for Supply Chain Management. Fifth edition. New York. McGraw-Hill. 598 s.

Tuotteiden tuotanto-ohjelman tiedot.

	Työpiste	Työtunnit/kpl
Lopputuotteet		
A	Kokoonpano	11
B	Kokoonpano	11
C	Kokoonpano	11
Komponentit		
Moottorit		
D	Moottori 1/2	4,0
	Moottori 2/2	4,0
E	Moottori 1/2	5,0
	Moottori 2/2	5,0
F	Moottori 1/2	6,0
	Moottori 2/2	6,0
Voimansiirto		
G	Voimansiirto 1/2	4,5
	Voimansiirto 2/2	4,5
H	Voimansiirto 1/2	5,5
	Voimansiirto 2/2	5,5
I	Voimansiirto 1/2	6,5
	Voimansiirto 2/2	6,5

Lopputuotteiden kapasiteettitarpeet työpisteittäin.

Työpiste	A Aika [h/kpl]	B Aika [h/kpl]	C Aika [h/kpl]
Lopputuotteen kokoonpano	11,0	11,0	11,0
Moottorin koneistus	4,0	5,0	6,0
Moottorin kokoonpano	4,0	5,0	6,0
Voimansiirron koneistus	4,5	5,5	6,5
Voimansiirron kokoonpano	4,5	5,5	6,5
Aika yhteensä [h/kpl]	28	32	36

Resurssiprofiili työpisteittäin.

	Vuorokausi		
	1	2	3
Sarja A			
Moottori 1	4	0	0
Moottori 2	0	4	0
Voimansiirto 1	4,5	0	0
Voimansiirto 2	0	4,5	0
KOKOONPANO	0	0	11
Sarja B			
Moottori 1	5	0	0
Moottori 2	0	5	0
Voimansiirto 1	5,5	0	0
Voimansiirto 2	0	5,5	0
KOKOONPANO	0	0	11
Sarja C			
Moottori 1	6	0	0
Moottori 2	0	6	0
Voimansiirto 1	6,5	0	0
Voimansiirto 2	0	6,5	0
KOKOONPANO	0	0	11

Resurssiprofiili työpisteittäin tuotantosuunnitelman tuotemäärillä.

	Vuorokausi		
	1	2	3
Sarja A (20kpl)			
Moottori 1	80	0	0
Moottori 2	0	80	0
Voimansiirto 1	90	0	0
Voimansiirto 2	0	90	0
KOKOONPANO	0	0	220
Sarja B (8kpl)			
Moottori 1	40	0	0
Moottori 2	0	40	0
Voimansiirto 1	44	0	0
Voimansiirto 2	0	44	0
KOKOONPANO	0	0	88
Sarja C (12kpl)			
Moottori 1	72	0	0
Moottori 2	0	72	0
Voimansiirto 1	78	0	0
Voimansiirto 2	0	78	0
KOKOONPANO	0	0	132