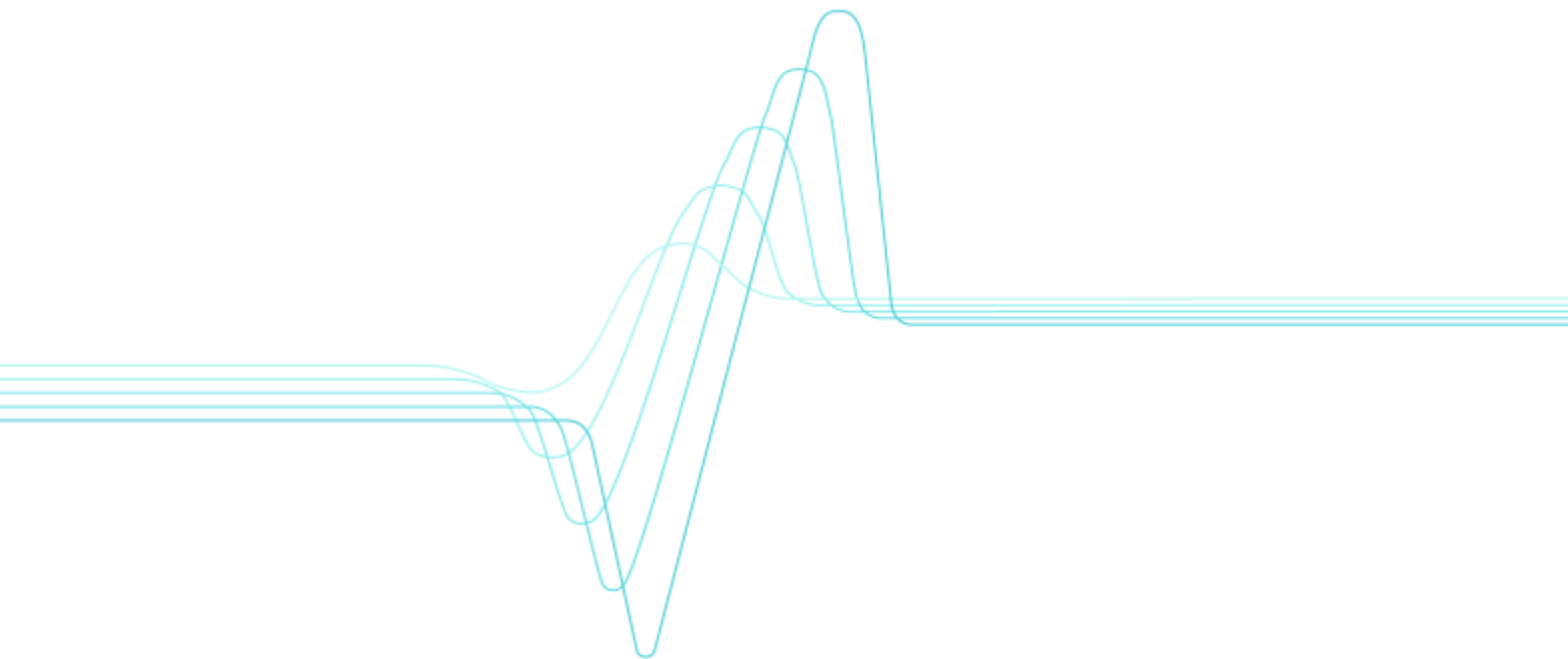


Kai Häkkinen, Jyri Pötry & Peik Joutsen

# Konepajateollisuuden alihankintaprosessien kehittämisedellytykset ja -tavat pk-sektorilla

Koneali-projektin loppuraportti



# **Konepajateollisuuden alihankintaprosessien kehittämisedellytykset ja -tavat pk-sektorilla**

## **Koneali-projektin loppuraportti**

Kai Häkkinen & Jyri Pötry

VTT Tuotteet ja tuotanto

Peik Joutsen

Teknillinen korkeakoulu,  
konepajatekniikan laboratorio



ISBN 951-38-6128-7 (nid.)  
ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-6129-5 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)  
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

Copyright © VTT 2003

#### JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT  
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4374

VTT, Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT  
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland  
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 4374

VTT Tuotteet ja tuotanto, Tekniikantie 12, PL 1301, 02044 VTT  
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 6752

VTT Industriella System, Teknikvägen 12, PB 1301, 02044 VTT  
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 6752

VTT Industrial Systems, Tekniikantie 12, P.O.Box 1301, FIN-02044 VTT, Finland  
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 6752

Toimitus Leena Ukoski

Otamedia Oy, Espoo 2003

Häkkinen, Kai, Pötry, Jyri & Joutsen, Peik. Konepajateollisuuden alihankintaprosessien kehittämisedellytykset ja -tavat pk-sektorilla. Koneali-projektin loppuraportti [Subcontracting process development in SME mechanical engineering industry. Final report of the project Koneali]. Espoo 2003. VTT Tiedotteita – Research Notes 2190. 129 s.

**Avainsanat** subcontracting, subcontract manufacture, concurrent engineering, setups, inventories, product design, investments

## Tiivistelmä

Asetustutkimusosion tulokset osoittavat, että tutkittujen tuotteiden osalta asetusajat olivat 10–50 % kaikesta valmistusajasta. Tehokkain keino vähentää asetusajoja näyttää olevan suunnittelijan ja valmistuksen yhteistyön lisääminen. Osoituksena tästä ovat case-tapaukset, joissa onnistuttiin vähentämään valmistuskustannuksia parhaimmillaan 50–70 %. Lisäksi tulokset osoittavat, että asetusajat olivat valtaosin sisäisiä. Näiden siirtäminen ulkoisiksi on merkittävä kehittämismahdollisuus.

Kaksoisvarastoproblematiikka-osiossa kehitettiin alihankintaprosessin kustannusmalli ja varastojen sijaintipäätös malli. Kustannusmallissa lasketaan tilaus-toimitusprosessin välillisiä kustannuksia tuotekohtaisesti. Lisäksi analysoitiin muut kuin taloudelliset varastojen sijaintipäätökseen vaikuttavat tekijät. Kustannusmallia testattiin historiadatan avulla, tietokonesimulaatiolla ja joukolla erilaisia tapauksia eri yrityksissä. Testaus osoitti, että kustannusmalli on käyttökelpoinen ja tulokset vastasivat erityisesti alihankintayritysten näkemyksiä. Jotkut yritykset ottivat mallin heti käyttöönsä.

Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyöosiossa oli tavoitteena selvittää valmistuksen ja suunnittelun väliseen yhteistyöhön liittyvää problematiikkaa. Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö on vähäistä, vain noin 10–15 % päähankkijoista osallistuu alihankkijoidensa kanssa yhteiseen tuotekehitykseen. Case-tapaukset osoittivat, että yhteistyötä lisäämällä saavutetaan merkittäviä hyötyjä. Erityisen tärkeäksi nousi yhteistyö uusien tuotteiden kehittämisessä. Vanhojen tuotteiden kehittäminen on usein ongelmallista erisyistä. Yhteistyön lisäämistä puoltaa myös kokeneemman suunnittelijakunnan väheneminen. Myös suunnittelijoiden apuvälineiden kehittäminen on tärkeä kehityskohde. Yhteistyön lisäämistä rajoittaa molempien osapuolien halu välttää sitoutumista toisiinsa kovin vahvasti.

Investointien osalta tavoitteena oli selvittää, millä tavoin yritykset investointiongelmia tarkastelevat. Tulosten mukaan koneinvestointeihin liittyvä pää- ja alihankkijoiden välinen strateginen yhteistyö on olematonta. Investoinnit ovat pääasiassa työkaluja ja -välineitä, joiden hankintakustannukset yleisesti laskutetaan päähankkijalta joko erillisellä laskulla tai lisäämällä tuotteen hintaan pieni lisä kuoletusta varten. Suuntaus näyttää olevan se, että tuotteet suunnitellaan valmistettaviksi yleiskoneilla ja toisaalta alihankkijat ottavat valmistaakseen sellaisia tuotteita, jotka ovat yleiskoneilla tehtävissä.

Häkkinen, Kai, Pötry, Jyri & Joutsen, Peik. Konepajateollisuuden alihankintaprosessien kehittämisedellytykset ja -tavat pk-sektorilla. Koneali-projektin loppuraportti [Subcontracting Process Development in SME Mechanical Engineering Industry. Final report of the project Koneali]. Espoo 2003. VTT Tiedotteita – Research Notes 2190. 129 p.

**Avainsanat** subcontracting, subcontract manufacture, concurrent engineering, setups, inventories, product design, investments

## Abstract

This study was focused on the following four topics concerning the subcontract manufacture process in the SME sector: setup times, double inventory and indirect costs, concurrent engineering (CE) and investments.

The results of the setup time case analysis indicated that setups took 10–50 % of the total manufacturing time. Increasing co-operation with product designers and the manufacturer seems to be the most effective way to reduce setup times. This was indicated in cases, where manufacturing costs were cut by 50–70 %. In addition, the results showed that the great majority of setups are internal. Transferring internal setups to external ones is a potential development method.

The second part of the study, addressing double inventory and indirect costs, started with the development of a cost model for the subcontract manufacture process. The model was used for analysing product-specific indirect costs of the demand-supply chain and for the identification of "non-economic" factors having an effect on inventory location decisions. The cost model was tested by comparing its results with history data, results of a dynamic computer simulation and a set of real case studies of different companies. The tests indicated the usefulness of the model. Some case companies also took it into active use.

The third part of the study focused on the CE-process in subcontract manufacture. Only 10–15 % of the main contractors involved in this study were maintaining a continuous CE-process. The cases showed, however, that the companies may significantly benefit from increasing co-operation. Investing in the CE-process was found to be most important in connection with the development of new products. Updating the existing, old products is often very difficult, and design changes involve unexpected risks. The number of experienced machine designers is decreasing and a poor understanding of the manufacturing technology is becoming an ever-increasing problem for main contractors. Young designers typically have a very weak manufacturing experience. Finally, the results suggest that the most important barrier for increased co-operation between main contractors and subcontractors is the lack of mutual trust. On the other hand, the subcontractors were willing to increase co-operation.

The fourth research topic of this study related to investment appraisal problems in the subcontract manufacture process. The results indicated that there were no strategic co-operation between the main contractors and subcontractors involved in this study. The subcontractors invested mainly in tools and machines that were financed by charging directly to the contractor, or by adding a minor extra to products prices. A trend seems to be that products are designed to be manufactured by general (rather than product-dedicated) machines. Moreover, also subcontractors are more interested in manufacturing products that can be processed by general machines.

# Alkusanat

Projektin vastuuhenkilönä toimi erikoistutkija Kai Häkkinen VTT Tuotteet ja tuotannosta. Kai Häkkinen vastasi valmistuksen ja suunnittelun yhteistyötä sekä investointeja käsitelleestä tutkimuksesta. Tutkija Jyri Pötry VTT Tuotteet ja tuotannosta vastasi tuplavarasto-ongelman analysoinnista. Tekn. yo Peik Joutsen Teknillisen korkeakoulun Konepajatekniikan laboratorion vastasi asetustutkimuksesta.

Projektin rahoittivat Tekes, Työelämän kehittämisohjelma ja osallistujayritykset. Projekti toteutettiin ajalla 1.10.2001–31.12.2002. Projektin kotisivut ovat osoitteessa <http://partnet.vtt.fi/koneali/>.

Projektin johtoryhmän kokoonpano oli seuraava:

Fläkt Oy / Fans Heavy Duty, Olli Majamäki  
Erituote Oy, Satu Heikkinen  
Oy Factorix Ab, Kent Björklund  
Kemppi Oy, Toivo Juntunen  
Laukamo Electromec Oy, Jan Nordbo  
Lehtosen Konepaja Oy, Erkki Lehtonen  
Levyosa Oy, Jouni Kallio  
Metallilaitte Oy, Matti Nyysönen  
Oy M. Haloila Ab, Juha Vanhanen  
Purso Oy Veme, Hemmo Virtanen, Petri Vuorinen  
ThermoLabsystems Oy, Urho Roivanen  
Tekes, Rauli Hulkkonen  
Teknillinen korkeakoulu, Kalevi Aaltonen  
Työministeriö, Petteri Halme.

Kiitämme kaikkia onnistuneesta hankkeesta!

Espoo, 11.12.2002

Tekijät

# Sisällysluettelo

|   |    |
|---|----|
| Tiivistelmä.....  | 3  |
| Abstract.....   | 4  |
| Alkusanat.....  | 6  |
| 1. Johdanto.....  | 9  |
| 1.1 Aloitus- ja asetuskustannukset logistisessa toimitusketjussa..... | 10 |
| 1.2 Nykyinen toimintatapa alihankintakonepajoissa.....                | 11 |
| 1.3 Tutkimuksen osat, tavoitteet ja rajaukset.....                    | 12 |
| 1.4 Projektin osallistujat ja rahoittajat.....                        | 13 |
| 2. SMED-järjestelmä.....  | 16 |
| 2.1 SMED-järjestelmä, mitä se on?.....                                | 17 |
| 2.2 Valmistusprosessit ja -operaatiot.....                            | 17 |
| 2.3 Asetuksen vaiheet.....  | 18 |
| 2.4 Asetuksen analyysin ja kehittämisen kolme vaihetta.....           | 19 |
| 2.4.1 Sisäisten ja ulkoisten asetusten erottelu.....                  | 19 |
| 2.4.2 Sisäisten asetusten muuttaminen ulkoisiksi.....                 | 20 |
| 2.4.3 Asetusoperaatioiden virtaviivaistus.....                        | 21 |
| 3. Asetustutkimus.....  | 27 |
| 3.1 Tutkimustulokset.....   | 30 |
| 3.1.1 Tuote 1.....  | 30 |
| 3.1.2 Tuote 2.....  | 34 |
| 3.1.3 Tuote 3.....  | 38 |
| 3.1.4 Tuote 4.....  | 43 |
| 3.1.5 Tuote 5.....  | 47 |
| 3.1.6 Tuote 6.....  | 51 |
| 3.1.7 Tuote 7.....  | 54 |
| 3.2 Asetustutkimuksen yhteenveto.....                                 | 57 |
| 4. Kaksoisvarastoproblematiikka.....                                  | 60 |
| 4.1 Johdanto.....   | 60 |
| 4.1.1 Tutkimusongelma, tavoite ja rajaukset.....                      | 61 |
| 4.1.2 Tutkittavat vaihtoehdot.....                                    | 62 |
| 4.2 Tutkimuksen viitekehys.....                                       | 63 |
| 4.3 Kustannusmallin muodostaminen ja testaus.....                     | 66 |
| 4.4 Esimerkkejä eri tapauksista.....                                  | 73 |
| 4.4.1 Yrityspari A.....   | 73 |



|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 4.4.2 | Yrityspari B .....                                   | 75  |
| 4.4.3 | Yrityspari C .....                                   | 76  |
| 4.4.4 | Yrityspari D .....                                   | 78  |
| 4.4.5 | Yrityspari F .....                                   | 79  |
| 4.5   | Varaston sijoittamisen päätössäännöt .....           | 81  |
| 4.6   | Yhteenveto tuplavarastoanalyysistä .....             | 83  |
| 5.    | Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö .....         | 84  |
| 5.1   | Johdanto .....                                       | 84  |
| 5.2   | Tutkimusmenetelmät ja tulokset .....                 | 88  |
| 5.2.1 | Yrityshaastattelut .....                             | 88  |
| 5.2.2 | Onnistuneita kehitystapauksia .....                  | 91  |
| 5.2.3 | Kyselylomakkeen laadinta, kysely ja tulokset .....   | 92  |
| 5.2.4 | Case-testaus valituilla tuotteilla ja tulokset ..... | 95  |
| 5.2.5 | Tulosten yhteistarkastelua .....                     | 96  |
| 5.2.6 | Yhteistyön lisäämisen mahdollisuudet ja keinot ..... | 98  |
| 5.3   | Johtopäätökset ja suositukset .....                  | 99  |
| 5.4   | Yhteenveto .....                                     | 101 |
| 6.    | Investoinnit alihankintaprosessissa .....            | 103 |
| 6.1   | Johdanto .....                                       | 103 |
| 6.2   | Tavoite ja tutkimusmenetelmä .....                   | 104 |
| 6.3   | Investoinneista yleistä .....                        | 104 |
| 6.4   | Viitekehyksen rakentaminen .....                     | 105 |
| 6.5   | Haastattelujen tulokset .....                        | 110 |
| 6.6   | Yhteenveto investoinneista .....                     | 114 |
| 7.    | Kooste tutkimuksen tuloksista .....                  | 116 |
| 7.1   | Asetustutkimus .....                                 | 116 |
| 7.2   | Kaksoisvarastoproblematiikka .....                   | 117 |
| 7.3   | Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö .....         | 118 |
| 7.4   | Investoinnit .....                                   | 119 |
| 8.    | Johtopäätökset .....                                 | 121 |
| 9.    | Yhteenveto .....                                     | 123 |
|       | Kirjallisuusluettelo .....                           | 125 |

# 1. Johdanto

Tämän tutkimuksen taustalla on kaksi aiempaa yritysten kanssa yhteistyössä läpivietyä tutkimusprojektia. Interalli-projektin (Internet alihankintatyypillisessä alihankintayhteistyössä) tuloksena oli, että Internet-tekniikoita voidaan hyödyntää alihankintaprosesseissa. Internet-tekniikat toimivat hyvin samoin kuin käytännön pilottitestit. Tässä Partnet-projektissa (Internet-pohjainen sopimusali-hankintajärjestelmä toistuvassa pienerävalmistuksessa) analysoitiin alihankintaprosessia tarkemmin todellisiin historiatietoihin perustuen sekä kehitettiin Internet-pohjainen tietokantasovellutus kahden yrityksen väliseksi tiedonvälitysjärjestelmäksi ja kartoitettiin käytössä olevia uudentyyppisiä toimintamalleja. Tuloksena oli, että

1. alihankintaprosesseissa on merkittävää kehittämispotentiaalia
2. alihankintaprosesseja on hyvin monenlaisia ja niissä käytettävät tiedonvälitysjärjestelmät ovat myös toisistaan poikkeavia
3. Internet-tekniikoita voi hyödyntää, mutta ei kaikissa tapauksissa
4. manuaaliset ja muut perinteiset tiedonvälitysmenettelyt ovat edelleen käyttökelpoisia useissa tapauksissa
5. Internet-pohjaisen tietokantasovellutuksen kehittäminen osapuolien väliseksi yhteiseksi ratkaisuksi on tehtävissä mutta edellyttää korkeaa teknistä osaamista
6. asetuskustannukset ovat ratkaisevassa asemassa alihankintaprosessin kehittämisessä.

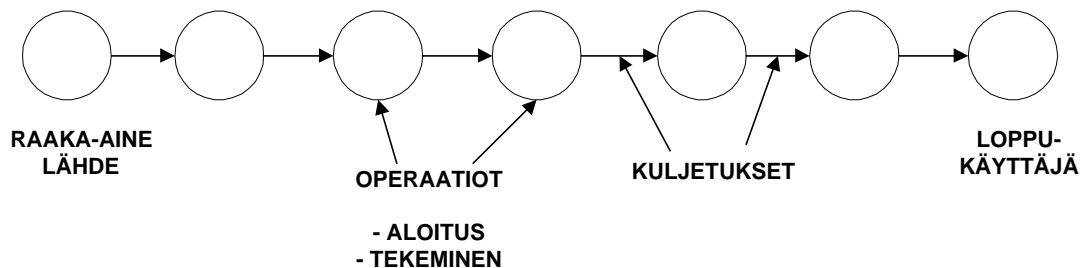
Internet-tekniikoiden soveltamiselle näyttää löytyvän useitakin eri alueita. Edellä mainittujen tutkimusten kuluessa tulivat selkeästi esille toimintatapojen eroavaisuudet eri yrityksissä. Eroista johtuen tietojärjestelmäratkaisut ovat myös toisistaan poikkeavia. Toimitusprosessianalyysi puolestaan osoitti, että alihankintaprosesseissa on huomattavaa tehostamispotentiaalia.

Tämän tutkimuksen pyrkimyksenä on jatkaa alihankintaprosessien tutkimista edelleen. Asetuskustannusten merkitys koko alihankintaprosessin kulmakivenä on huomattava. Pyrittäessä taloudellisiin valmistuseräkokoihin asetuskustannuksilla on määräävä rooli. Korkeat asetuskustannukset johtavat suuriin valmistuseräkokoihin ja sitä kautta usein tilanteeseen, jossa sekä alihankkijalla että päähankkijalla on varastointia samalle tavarelle. Käytäntö rajoittaa lean-tyyppisen logistisen prosessin kehittämistä. Tuotekonstruktioiden osalta on myös havaintoja siitä, että niiden valmistusystävällisyydessä on parantamisen varaa, erityisesti asetusten näkökulmasta.. Tässä tutkimuksessa keskitytään asetuksiin ja kaksoisvarastoihin liittyvään problematiikkaan. Lisäksi selvitetään valmistuksen ja suunnittelun yhteistyökysymyksiä alihankintaprosessissa.

Koneali-projektin tavoitteena oli myös luoda perustaa tehokkaiden alihankintaverkostojen luomiseksi. Suomalaisen konepajatoimintaa harjoittavan alihankintasektorin kilpailukyky perustuu olennaisesti valmistusmenetelmien osaamiseen ja kehittämiseen. Fyysisten konetason menetelmien kehittämispotentiaali on kuitenkin rajallista, joten uutta kilpailutekijää voisi hakea yritysten välisen yhteistoiminnan kehittämisen kautta.

## 1.1 Aloitus- ja asetuskustannukset logistisessa toimitusketjussa

Tuotteiden jalostus tapahtuu tavallisesti useassa eri vaiheessa useiden eri yritysten voimin. Jokainen yritys jalostaa omalta osaltaan tuotetta ja toimittaa sen seuraavalle yritykselle, kunnes lopulta tuote on loppukäyttäjällä (kuva 1.). Jalostusoperaatioiden välillä ovat kuljetukset sekä useimmiten jonkinlaisia varastoja.



*Kuva 1. Toimitusketju.*

Tuotannon ja toimitusketjun ohjauksen peruslähtökohtia ovat mm:

- Kustannustehokkuutta lisätään yleisesti eri vaiheissa.
- Ohjaus koskee jalostuksen lisäksi myös ei-jalostavia vaiheita (myyntiä, ostamisia, varastointia, kuljetuksia jne.).
- Kaikkiin vaiheisiin liittyy aloitus- ja asetuskustannuksia.

Aloitus- ja asetuskustannusten merkitys riippuu tuotantotyypistä. Massatuotannossa merkitys on pienempi kuin toistuvassa erätuotannossa. Voidaan erottaa kaksi ääripäätä:

### 1. Pääpaino jalostusvaiheissa

Tämä on yleisimmin käytössä oleva ohjausperiaate ja länsimainen lähtökohta tuotannonohjaukselle. Tuotantoa pyritään ohjaamaan siten, että työntekijöiden kaikki aika saadaan laskutukseen. Virtauksella ei ole suurta merkitystä. Asetuskustannuksista johdettujen eräkoot ovat suuria ja sen vuoksi varastotasot korkeita. Asetuksiin ei yleensä panosteta.

## 2. Pääpaino virtauksessa

”Virtautus” on japanilainen lähtökohta tuotannonohjaukselle, joka on leviämässä myös länsimaihin. Pyritään ohjaamaan siten, että tuote viipyisi mahdollisimman vähän aikaa tuotantoprosessissa. Virtaus on keskeisessä roolissa, varastointi pientä. Asetus- ja aloituskustannusten alentaminen on keskeistä, koska talouden lait ovat tässäkin voimassa. Virtautus on taloudellisesti kannattamatonta, jos asetus- ja aloituskustannukset ovat suuria.

Toimitusketjujen kehittämisen keskeinen kohta on aloitus- ja asetuskustannusten pienentäminen. Vain sitä kautta voidaan toimitusketjun kokonaistehokkuutta nostaa eri mittareilla mitattuna. Aloituskustannusten eräs osa on toimistossa tehtävä hallinnollinen, tilauksiin (myyntiin, ostoon, valmistukseen) liittyvä työ. Kokemuksesta tiedetään, että valmistuksen eräkokoihin vaikuttaa myös hallinnollisen työn määrä. Vaikka asetuskustannukset olisivatkin pienet, voi tuotannonjohto teettää isoja eriä, jotta pärjätään vähemmällä toimihenkilöllä. Valmistustoiminnan lisäksi on siis kehitettävä myös kevyitä hallintorutiineja toimitusketjun eri osiin.

### 1.2 Nykyinen toimintatapa alihankintakonepajoissa

Partnet-projektin kuluessa ilmeni, että taloudelliset valmistuseräkoot ovat useimmissa yrityksissä suurempia kuin asiakkaan tilauseräkoot. Merkittävin tekijä taloudellista eräkokoa määrittäessä ovat koneiden asetuskustannukset. Lisäksi tuotteiden toimitusaika vaatimus on usein lyhyempi kuin valmistuksen läpimenoaika. Alihankkijoilla on tyyppillisesti useita asiakkaita, jolle kaikille valmistetaan useita erilaisia tuotteita – jopa satoja erilaisia. Toisaalta tuotekohtainen volyyymi on useimmiten niin pieni, että taloudellisia edellytyksiä asetusten merkittävään tekniseen kehittämiseen ei juurikaan ole. Näistä syistä alihankkijat normaalisti valmistavat varastoon sellaisia tuotteita, joita myös asiakas tavallisesti varastoi omassa varastossaan.

Asetuskustannukset määrittävät tuotekohtaisen taloudellisen eräkoon. Vaativissa koneistuskeskuksissa valmistettavissa tuotteissa voi asetus aika olla 4–8 tuntia, jopa enemmän. Jos kone seisoo koko asetuksen ajan, voi pelkkä koneaika maksaa  $50 \text{ €/h} \times 8 = 400 \text{ €}$ , joka jaettuna valmistusmäärällä vaikuttaa kustannuksiin merkittävästi.

Toistuva pienerävalmistus on yleisin suomalaisen alihankintakonepajan tuotantotyyppi. Koska tuotteita on yhdessä konepajassa usealta asiakkaalta helposti 1 000–3 000 erilaista, joiden menekki vaihtelee vuodesta toiseen, on selvää, että osakohtaisia asetusmenetelmiä ei voida helposti kehittää. Käytetään yleiskoneita, yleistyövälineitä, yleistyökaluja, yleisjikejä jne.

Näistä syistä johtuen valmistuseräkoot ovat melko suuria ja edellyttävät varastoja.

Varastojen osalta nykyinen toimintatapa on yleisesti sellainen, että samoja asiakkaan piirustusten mukaan valmistettuja tuotteita varastoidaan sekä alihankkijan että asiakkaan varastossa. Nämä aiheuttavat kustannuksia, jotka heikentävät kummankin osapuolen kilpailukykyä omilla markkinoillaan. Merkittävin kehittämisvaihtoehto on luopua molemmista varastoista ja siirtyä virtaviivaistettuun lean-tyyppiseen toimintamalliin ja valmistaa tuotteita vain asiakkaan tarpeen mukaan. Suomalaisessa pienerävalmistuksessa tämä vaihtoehto on tällä hetkellä epärealistinen. Vaikuttavin syy ovat asetuskustannukset, joita vääjäämättä syntyy. Realistinen kehittämisvaihtoehto on sen sijaan luopua toisesta varastosta kehittämällä ohjausjärjestelmiä yritysten välisen läpinäkyvyyden lisäämiseksi. Tässä Internet-tekniikoilla on merkittävä rooli.

Kun pyritään toisen varaston poistamiseen, on päätettävä, kummassa päässä oikea sijainti on. Päätös ei ole itsestään selvä. Valmistettavia tuotteita on helposti yli sata erilaista jokaista asiakasta kohden. Kaksoisvarastoproblematiikkaosiossa syvennyttään näiden päätöissäntöjen luomiseen yhdessä yritysten kanssa.

Aiempien VTT:n vetämien tutkimusprojektien kuluessa saatiin havaintoja siitä, että alihankittavien tuotteiden konstruktioissa ja niiden valmistusystävällisyydessä olisi kehittämismahdollisuuksia. Tuotannonohjauksen keskeinen ongelma-alue ovat valmistustoiminnan asetuskustannukset, jotka määrittelevät valmistuksen taloudellisen eräkoon. Näissä tutkimuksissa tarkasteltiin valmistettavia tuotteita hyvin läheltä, ajatellen mm. asetuskustannusten alentamista. Havaittiin, että tuotteiden valmistusystävällisyydessä on kehittämisen varaa. Koska osat valmistetaan päähankkijan piirustusten mukaan, ei alihankkijalla ole yksin mahdollisuuksia konstruktioiden kehittämiseen. Tarvitaan yhteistyötä. Tästä syystä aihetta haluttiin tutkia tarkemmin ja katsoa, minkälainen maailma havaintojen takaa paljastuu. Tutkimuksen kolmannessa osiossa syvennyttään valmistuksen ja suunnittelun väliseen yhteistyöhön alihankintaprosessissa.

### 1.3 Tutkimuksen osat, tavoitteet ja rajaukset

Tutkimus jaettiin kolmeen osioon:

1. **Kaksoisvarastoproblematiikka**, jossa tavoitteena oli alihankintaprosessin kustannusmallin ja varastojen sijaintipäätösmallin kehittäminen. Lisäksi analysoitiin muut kuin taloudelliset sijaintipäätökseen vaikuttavat tekijät. Kehitettyä mallia testattiin osallistuvien yritysten nykyisessä toiminnassa.

2. **Asetusanalyysi**, jossa analysoitiin osallistuvien yritysten nykyisiä tuotteita. Valituista tuotteista tehtiin aikatutkimus, jossa asetusajat eriteltiin ja luokiteltiin riittäväällä tarkkuudella. Aikatutkimus tehtiin alihankkijan tehtaassa todellisessa valmistusprosessissa kellottamalla.
3. **Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö**, jossa tutkimusongelmana oli selvittää valmistuksen ja suunnittelun väliseen yhteistyöhön liittyvää problematiikkaa ja sen tilaa tutkimushetkellä. Ensisijainen tavoite oli lisätä ymmärrystä yhteistyön erityispiirteistä, etsiä syitä mahdollisiin ongelma-kohtiin ja toisaalta selityksiä onnistumisiin. Tärkeänä tavoitteena oli myös löytää keinoja mahdollisten ongelma-kohtien poistamiseksi.

Jokaisesta edellä mainitusta osiosta on laadittu oma tutkimusraportti. Tässä julkaisussa osiot käsitellään lyhyesti, tuloksiin painottuen.

Lisäksi käsiteltiin investointeja alihankintaprosessissa. Kirjallisuuden pohjalta laadittiin viitekehys ja suoritettiin haastattelututkimus. Tavoitteena oli saada yleiskäsitys investointeihin liittyvästä problematiikasta ja siitä, miten investointeihin liittyviä riskejä pyritään hallitsemaan.

Tutkimus rajattiin koskemaan pk-konepajateollisuuden alihankintaprosesseja toistuvassa pienerävalmistuksessa. Tutkimukseen osallistui 11 metalliteollisuusyritystä, joista neljä oli päähankkijoita ja seitsemän alihankkijoita.

## 1.4 Projektin osallistujat ja rahoittajat

### **Fläkt Oy / Fans Heavy Duty**

Olli Majamäki  
PL 5, Karapellontie 12, 02610 Espoo  
Puh. 020 442 3000  
Email [olli.majamaki@fi.abb.com](mailto:olli.majamaki@fi.abb.com)

### **Erituote Oy**

Satu Heikkinen  
Isonkivenkuja 1, 04300 Tuusula  
Puh. (09) 2744 1655  
Email [satu.heikkinen@erituote.fi](mailto:satu.heikkinen@erituote.fi)  
WWW <http://www.erituote.fi/>

### **Oy Factorix Ab**

Kent Björklund  
Raudoittajantie 3, 06450 Porvoo  
Puh. (019) 560 6500  
Email [kent.bjorklund@factorix.fi](mailto:kent.bjorklund@factorix.fi)

### **Kemppi Oy**

Toivo Juntunen  
PL 13, Hennalankatu 39, 15801 Lahti  
Puh. (03) 899 332  
Email [toivo.juntunen@kemppi.com](mailto:toivo.juntunen@kemppi.com)  
WWW <http://www.kemppi.com/>

### **Laukamo Electromec Oy**

Jan Nordbo  
Teollisuustie 1 B, 31400 Somero  
Puh. (02) 77 900  
Email [jan.nordbo@laukamo.fi](mailto:jan.nordbo@laukamo.fi)  
WWW <http://www.laukamo.fi/>

### **Lehtosen Konepaja Oy**

Erkki Lehtonen  
Haanmäentie 31, 32810 Peipohja  
Puh. (02) 540 9900  
Email [erkki.lehtonen@lehtosenkp.fi](mailto:erkki.lehtonen@lehtosenkp.fi)  
WWW <http://www.lehtosenkp.fi/>

### **Levyosa Oy**

Jouni Kallio  
Valtaimenkuja 80, 30100 Forssa  
Puh. (03) 424 2000  
Email [jouni.kallio@levyosa.fi](mailto:jouni.kallio@levyosa.fi)  
WWW <http://www.levyosa.fi/>

### **Metallilaite Oy**

Matti Nyysönen  
Ahjotie 3, 79700 Heinävesi  
Puh. (017) 555 8111  
Email [matti.nyysonen@metallilaite.fi](mailto:matti.nyysonen@metallilaite.fi)  
WWW <http://www.metallilaite.fi/>

### **Oy M. Haloila Ab**

Juha Vanhanen  
21250 Masku  
Puh. (02) 437 6111  
Email [juha.vanhanen@itwstretch.com](mailto:juha.vanhanen@itwstretch.com)  
WWW <http://www.haloila.com/>

### **Purso Oy Veme**

Petri Vuorinen  
Papinsaarentie 1, 23800 Laitila  
Puh. (02) 8592 226  
Email [hemmo.virtanen@veme.fi](mailto:hemmo.virtanen@veme.fi)  
WWW <http://www.veme.fi/>

## **ThermoLabsystems Oy**

Urho Roivanen  
PL 100, Ratastie 2, 01621 Vantaa  
Puh. (09) 3291 0267  
Email [urho.roivanen@thermo.com](mailto:urho.roivanen@thermo.com)  
WWW <http://www.labsystems.fi/>

## **Tekes**

Teknologia-asiantuntija  
Rauli Hulkkonen  
PL 69, 00101 Helsinki  
Puh. 010 521 5893  
Email [rauli.hulkkonen@tekes.fi](mailto:rauli.hulkkonen@tekes.fi)  
WWW <http://www.tekes.fi/>

## **Teknillinen korkeakoulu**

Konepajatekniikan laboratorio

Professori Kalevi Aaltonen  
PL 4200, 02015 TKK  
Puh. (09) 451 3522  
Email [kalevi.aaltonen@hut.fi](mailto:kalevi.aaltonen@hut.fi)  
WWW  
<http://www.hut.fi/Yksikot/Konepaja/>

## **Työministeriö**

Työelämän kehittämisohjelma

Petteri Halme  
PL 34, 00023 Valtioneuvosto  
Puh. Puh. (09) 160 06  
Email [petteri.halme@mol.fi](mailto:petteri.halme@mol.fi)  
WWW <http://www.mol.fi/tyke>



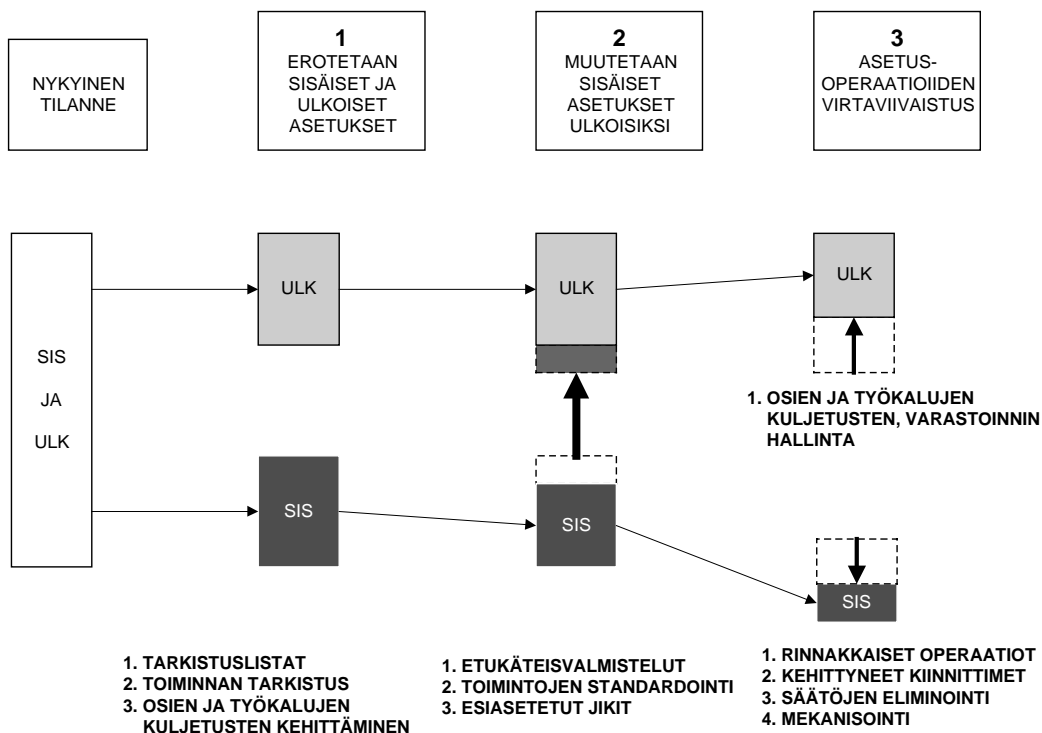
## 2. SMED-järjestelmä

Tämä luku perustuu teokseen Quick Changeover for Operators (Productive... 1996).

SMED on lyhenne sanoista ”Single-Minute Exchange of Die”. Tavoitteena on alle kymmenen minuutin asetus aika (yhden numeron mittainen aika). Menetelmän on kehittänyt japanilainen tri Shigeo Shingo. Kehitys kesti 17 vuotta alkaen vuonna 1950. Menetelmä on laajalti käytössä japanilaisessa teollisuudessa. Menetelmän periaate esitetään kuvassa 2.

Perinteisesti asetuksia on pidetty itsestään selvänä asiana. Niiden kustannusvaikutuksia on pyritty vähentämään valmistuseräkkoa kasvattamalla. Suurista valmistuseristä on puolestaan kaikille tuttuja seurauksia: varastoja, laatuongelmia, tilatarvetta, häviämistä, etsimistä, tietokoneita varastojen ja keskeneräisten töiden hallintaan, pitkiä läpimenoaikoja jne. Välillisiä kustannuksia syntyy paljon. Valmistustoimintaa kehitettäessä pääpaino on usein jalostavassa vaiheessa eikä asetuksiin juuri puututa.

Shingon mukaan asetusten kehittäminen tuotantoprosessissa on tärkein kehityskohde.



Kuva 2. SMED-järjestelmä.

## 2.1 SMED-järjestelmä, mitä se on?

SMED on asetusten kehittämismenetelmä, joka on kehitetty erityisesti lastuavaa työstöä ja levyn puristusta ajatellen. Menetelmää voi kuitenkin soveltaa kaikentyypisiin operaatioihin.

## 2.2 Valmistusprosessit ja -operaatiot

Prosessilla tarkoitetaan jatkuvaa virtaa, jossa raaka-aine muuntuu lopputuotteeksi. Operaatiolla tarkoitetaan koneen tai työntekijän suorittamaa vaihetta raaka-aineelle, puoli-valmisteele tai valmiille tuotteelle. Esimerkiksi:

Prosessivaiheet

Operaatiot

Raaka-ainevarasto

Kuljetus

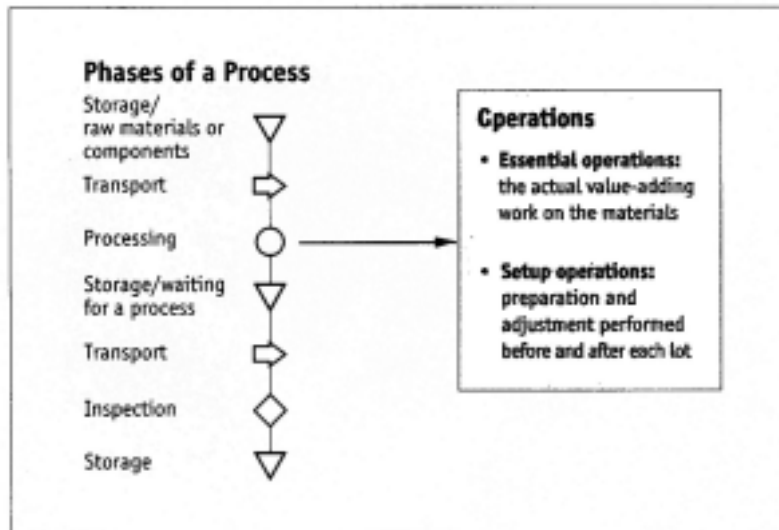
Prosessointi (esim. sorvaus) ==> asetusvaihe ja jalostava vaihe

Välivarasto

Kuljetus

Tarkastus

Varasto



*Kuva 3. Prosessivaiheet ja operaatiot.*

Asetusoperaatio voidaan jakaa kahteen osaan:

1. Sisäiseen asetukseen, joka tehdään ”koneen sisällä”. Kone on tällöin pois päältä. Esimerkiksi puristustyökalun vaihto.
2. Ulkoiseen asetukseen, joka tehdään koneen käydessä. Esimerkiksi seuraavan työkaluvaihdon esivalmistelu.

## 2.3 Asetuksen vaiheet

Normaalisti asetusoperaatio voidaan jakaa seuraaviin neljään vaiheeseen. Vaiheiden perässä oleva prosenttiluku kuvaa erään asetuksen aikajakautumaa.

- |   |      |
|---|------|
| 1. Valmistelu, prosessin jälkeiset säädöt, materiaalien ja työkalujen tarkistus | 30 % |
| 2. Terien, työkalujen ja osien kiinnitykset ja irrotukset                       | 5 %  |
| 3. Mittaukset, asettamiset ja kalibroinnit                                      | 15 % |
| 4. Koeajot ja säädöt  | 50 % |

## **2.4 Asetuksen analyysin ja kehittämisen kolme vaihetta**

### **1. Erotetaan toisistaan sisäiset ja ulkoiset asetukset**

Analysoidaan asetusoperaatio aikatutkimuksella ja eritellään sen vaiheet sisäisiin ja ulkoi-  
siin. Järjestämällä vaiheet järkevästi voidaan jo tässä vaiheessa lyhentää koneen seisokkia  
30–50 %. Esimerkiksi valmisteluita ja kuljetuksia voidaan tehdä koneen käydessä.

### **2. Muutetaan sisäiset asetukset ulkoisiksi**

Jäljelle jääneet sisäiset asetusvaiheet analysoidaan ja pyritään löytämään keinoja nii-  
denkin siirtämiseksi ulkoisiksi.

### **3. Virtaviivaistetaan jäljelle jäävät asetusoperaatiot**

Tehdään yksityiskohtainen analyysi molemmista ryhmistä ja suunnitellaan kaikin osin  
tehokas asetusprosessi. Erityinen paino on jäljelle jääneessä sisäisessä asetuksessa, jon-  
ka virtaviivaistaminen on erityisen tärkeää.

#### **2.4.1 Sisäisten ja ulkoisten asetusten erottelu**

Sisäisten ja ulkoisten asetusten järjestelyssä käytetään erilaisia apuvälineitä ja menetel-  
miä kuten tarkistuslistat, laitteiden ja työkalujen toiminnan tarkistus sekä osien ja työ-  
kalujen kuljetusten kehittäminen.

##### **Tarkistuslistat**

Tuotteen jokaista valmistusoperaatiota kohden laaditaan tarkistuslista (esim. kuva 4),  
jossa on kuvattu asetukseen liittyvät asiat, kuten

- työkalut, tarvittavat dokumentit ja työntekijät
- operaation ympäristötekijät (lämpötilat, paineet, virrat, syötöt jne.)
- tarvittavat mittavälineet ja mitat.

| Operation Checklist  |  | effective 4/30 |                     |
|--|--|----------------|---------------------|
| Equipment: Line C Casepacker                                     |  |                |                     |
| Operation: Changeover to 3.5 lb size                             |  |                |                     |
| Date: 5/7  |  |                |                     |
| <b>Employees trained for setup and operation (need 2 people)</b> |  |                |                     |
|  | Colleen R.                                 | ✓              | Jody M.             |
| ✓  | Elizabeth B.                               |                | Kyle B.             |
| <b>Tools needed</b>  |  |                |                     |
| ✓  | automatic nut driver                       |                |                     |
| ✓  | hex wrench                                 |                |                     |
|  | rolling cart -- at Line B 4:10:30          |                |                     |
| <b>Parts needed</b>  |  |                |                     |
| ✓  | elevator plate--3.5 lb. size               |                |                     |
| ✓  | compression plate--3.5 lb. size            |                |                     |
| ✓  | feed augur--3.5 lb. size                   |                |                     |
| ✓  | vacuum hose, towels, brushes for cleandown |                |                     |
| <b>Standard Operating Procedures to follow</b>                   |  |                |                     |
| ✓  | SOP 001 (changeover)                       | ✓              | SOP 003 (cleandown) |

Kuva 4. Esimerkki tarkistuslistasta.

### Toiminnan tarkistus

Työkalut, jikit, muotit jne. tarkistetaan hyvissä ajoin ennen asetusta, jotta mahdolliset toimintahäiriöt voidaan eliminoida.

### Osien ja työkalujen kuljetusten kehittäminen

Työkaluja, jikejä, mittavälineitä, muotteja jne. joudutaan kuljettamaan varastointipaikan ja koneen välillä. Nämä kuljetukset on pyrittävä tekemään koneen käydessä. Uuteen työhön tarvittavat kuljetukset tehdään edellisen työn kuluessa, ja edellisestä työstä purtetut osat ja työkalut kuljetetaan pois vasta, kun uusi työ on lähtenyt käyntiin.

#### 2.4.2 Sisäisten asetusten muuttaminen ulkoisiksi

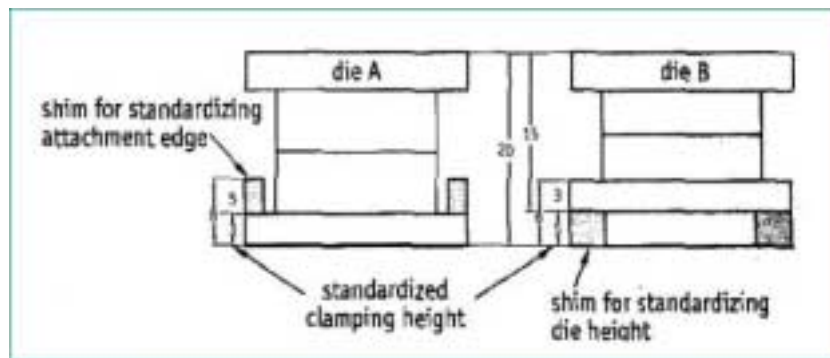
Jäljelle jääneet sisäiset asetukset analysoidaan huolellisesti, ja pyritään löytämään keinoja niiden muuttamiseksi ulkoisiksi. Seuraavat kolme tekniikkaa voivat olla avuksi:

#### Etukäteisvalmistelut

Tarvittavien osien ja työkalujen valmistelu ennen sisäisen asetuksen alkua. Samoin ympäristötekijöiden kuten lämpötilojen, paineiden ja materiaalien sijainnin valmistelu.

## Toimintojen standardointi

Kun työkalut, kiinnittimet ja muut osat ovat erilaisia jokaisessa asetuksessa, kuluu koneaikaa niiden vaihtamiseen ja säätämiseen. Standardoimalla pyritään vakioimaan asioita asetuksissa, jolloin säästetään sisäistä asetusajaa. Standardointi voi kohdistua esimerkiksi mitoittamiseen, keskittämiseen, varmistamiseen, irrottamiseen tai kiinnittämisiin (kuva 5).



Kuva 5. Standardisointiesimerkki.

## Esiasetetut jikit

Esiasetetut jikit ovat standardimitoitettuja levyjä tai runkoja, joihin työkalut kiinnitetään koneen ulkopuolella. Koneen pysähtyessä vaihdetaan uusi työkalu esiasetettuna, ts. sisäistä asetusajaa voidaan siirtää ulkopuoliseksi.

### 2.4.3 Asetusoperaatioiden virtaviivaistus

#### Ulkoiset asetukset

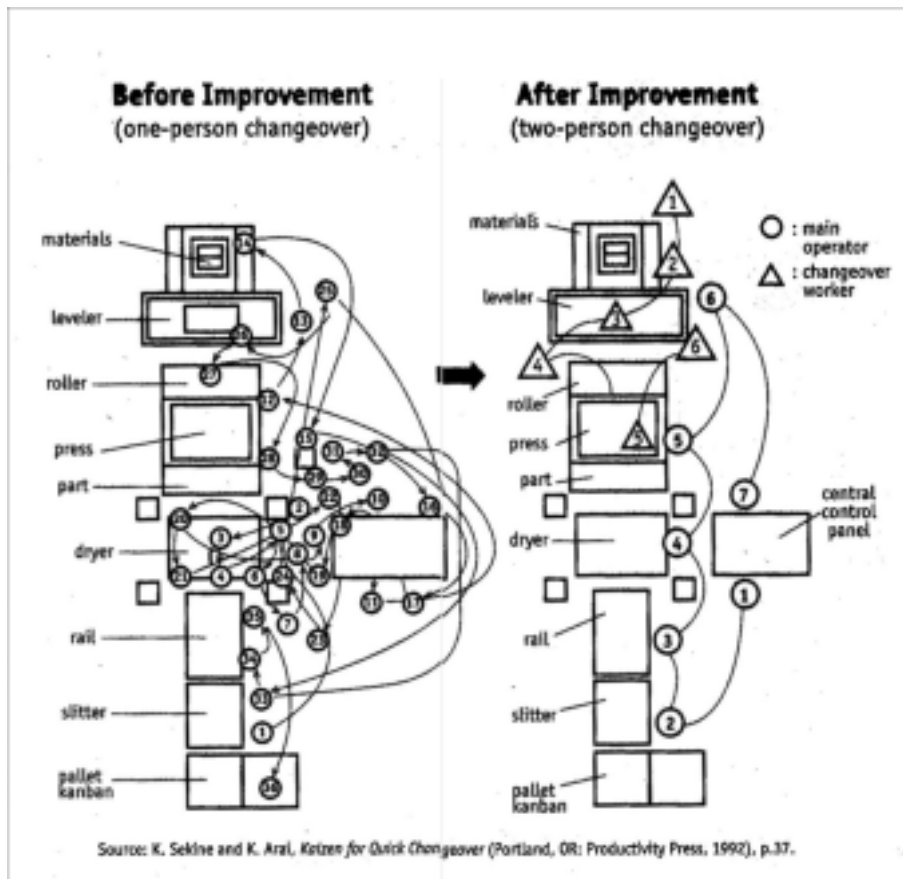
Ulkoisten asetusten virtaviivaistaminen käsittää työkalujen, osien, jikien jne. varastoinnin ja kuljetusten kehittämisen.

- Mikä on paras tapa organisoida varastointi ja kuljetukset (sijainti, vastuut, kuljetustapa jne.)?
- Miten ne huolletaan seuraavaa käyttökertaa varten?
- Paljonko niitä varastoidaan?

## Sisäiset asetukset

Sisäisten asetusten virtaviivaistamisessa käytettävät neljä tekniikkaa ovat rinnakkaiset operaatiot, kehittyneet kiinnittimet, yhden kierroksen menetelmät ja yhden liikkeen menetelmät.

**Rinnakkaisissa operaatioissa** vähintään kaksi henkilöä osallistuu asetuksen tekoon. Aikasäästö voi olla yli 50 % kahden miehen voimin tehtynä, koska kävelemisaika voi vähentyä radikaalisti yhteen mieheen verrattuna (kuva 6).

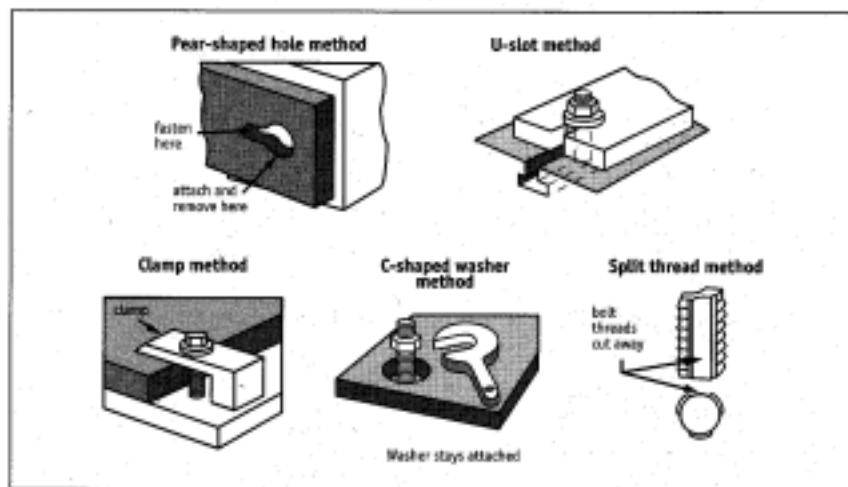


Kuva 6. Esimerkki rinnakkaisesta operaatiosta.

**Kehittyneet kiinnittimet.** Pultteja käytetään laajalti kiinnittämiseen. Niitä voidaan pitää asetusten vihollisina, koska niiden kiertämiseen kuluu usein paljon aikaa. Lisäksi ne helposti tippuvat ja vierivät koneen alle. Niitä on suuri joukko eripituisia ja erikierteisiä, joten niitä on haettava hyllystä jatkuvasti. Pulttiliitosten sijaan on kehitetty seuraavia menetelmiä:

**Yhden kierroksen menetelmät** (tarvitaan yksi kierros ja pultti on tiukassa, kuva 7):

- Päärynänmuotoisten reikien soveltaminen, jolloin pultin kanta menee isommasta osasta läpi ja pulttia tai mutteria ei tarvitse avata kokonaan.
- U-aukkojen soveltaminen, jolloin pultti liikkuu U-muotoisessa hahlossa.
- Kiinnitinmenetelmä, jossa L-muotoisella kiinnittimellä kiristetään työkalu pöytään.
- C-muotoinen prikka: prikassa on U-muotoinen hahlo, jolloin se voidaan laittaa paikalleen pultin sivusta.
- Jaettu kierre: pultin pitkittäissuunnassa on urat ja vastaavat urat ovat mutterissa.

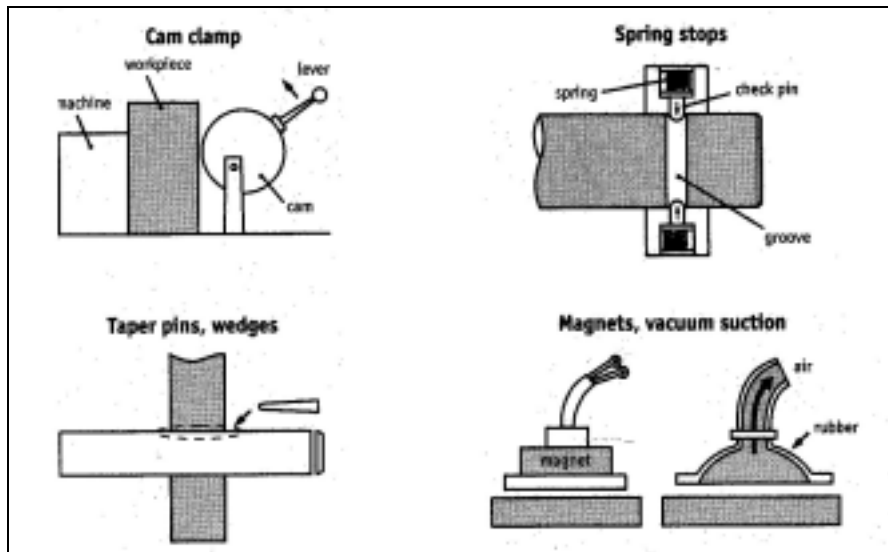


*Kuva 7. Esimerkkejä yhden kierroksen menetelmistä.*

**Yhden liikkeen menetelmät** (yhdeällä kädenliikkeellä osa kiinnitetty, kuva 8):

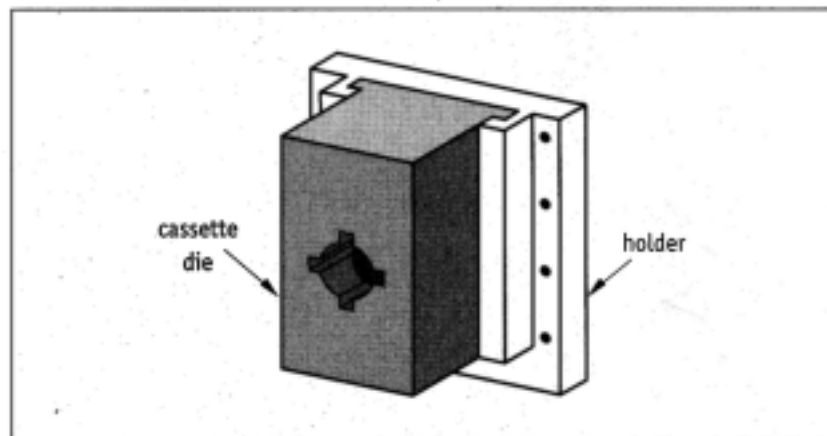
- epäkeskokampi
- kiilat ja kartiotapit
- jousistopparit
- magneetit ja alipaine.





Kuva 8. Esimerkkejä yhden liikkeen menetelmistä.

**Lukitusmekanismit.** Toisiinsa kiinnittyvät osat on muotoiltu niin, että ruuveja ei tarvita ollenkaan, esimerkiksi kartiomaiset osat tai kuten kuvassa 9.

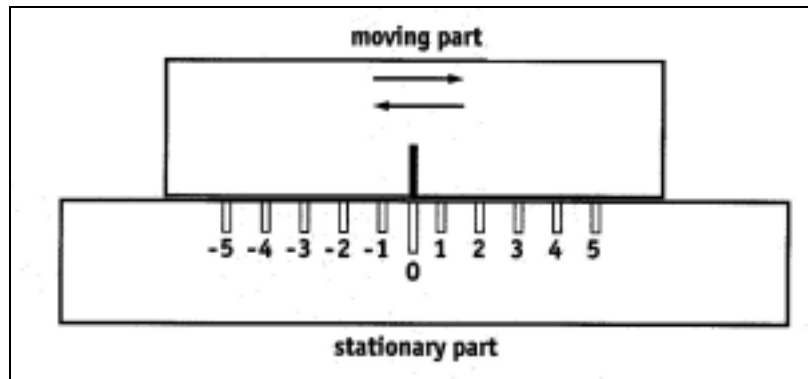


Kuva 9. Esimerkki lukitusmekanismista.

### Säätöjen eliminointi

Koeajoihin ja säätöihin voi kulua jopa 50 % asetusajasta. On pyrittävä ratkaisuihin, joissa ne eliminoidaan kokonaan: kun työkalu on laitettu paikoilleen, se on varmasti kohdallaan. Koeajojen ja säätöjen määrä riippuu siitä, kuinka hyvin edellisissä vaiheissa tehtiin keskittämiset, mitoitus ja ympäristöarvojen säädöt. Voidaan käyttää seuraavia kolmea tekniikkaa:

*Numeroitujen skaalojen käyttö.* Esimerkiksi paikallaan olevaan pöytään on merkitty mittaskaala, joihin työkalussa oleva viiva kohdistetaan (kuva 10). Silmämääräisessä asetuksessa tarkkuus on n. 0,5 mm. Mittakellolla päästään n. 0,01 mm:n tarkkuuteen, digitaalisella laitteistolla vieläkin tarkempaan. Lisäksi voidaan käyttää kiinteämittaisia tulkkeja ja välilevyjä.



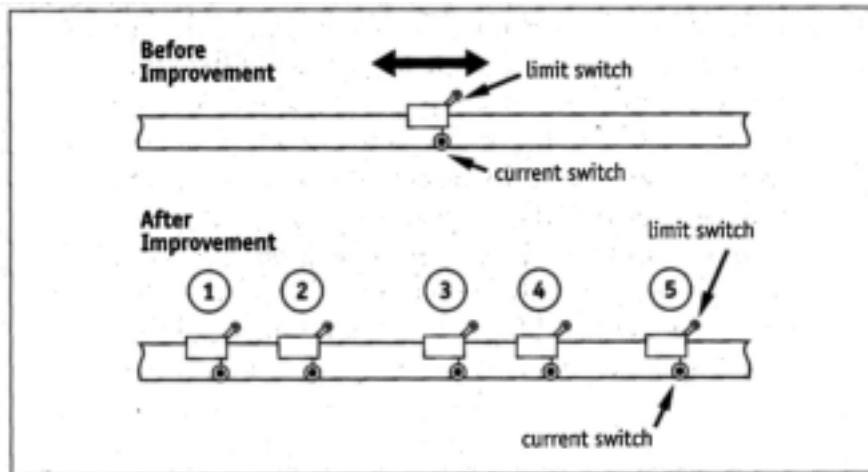
*Kuva 10. Esimerkki numeroidusta skaalasta.*

Kuvitteellisten *keskilinjojen ja tasojen muuttaminen näkyviksi.* Ilman näkyviä referenssipintoja ja -tasoja työkalu kiinnitetään suunnilleen kohdalleen ja säädetään tarkalleen kokeilemalla.

*Pienimmän yhteisen jaettavan menetelmä* (Least Common Multiple System, LCM, kuva 11). Useimmiten samassa koneessa käytetään yleisiä elementtejä, joiden avulla tehdään samoja toimintoja mutta eri mitoilla. LCM-menetelmässä nämä yleiset elementit kootaan mekanismiksi, joka voi käsitellä useita eri toimintoja. Periaatteet ovat:

- Jätä mekanismit paikoilleen ja muuta toimintoa
- Tee asetuksia, älä säätöjä.

Esimerkkinä on rajakatkaisija, jota siirretään kiskossa eri kohtiin tarpeen mukaan. LCM-sovellutuksessa kiskoon kiinnitetään joukko rajakatkaisijoita, joiden paikkaa ei säädetä vaan joista jokainen on tarkoitettu tiettyyn työhön.



*Kuva 11. Esimerkki LCM-menetelmästä.*

## Mekanisointi

Mekanisointia suositellaan vasta, kun kaikki aiemmin käsitellyt keinot on käytetty. Näillä keinoin päästään jo hyvin lyhyisiin asetusajakoihin, joiden lyhentäminen mekani-soinnilla ei juurikaan tehosta tuotantoa. Mekanisointi sopii suurten puristustyökalujen, painevalumuottien ja muovipuristustyökalujen asetuksiin.

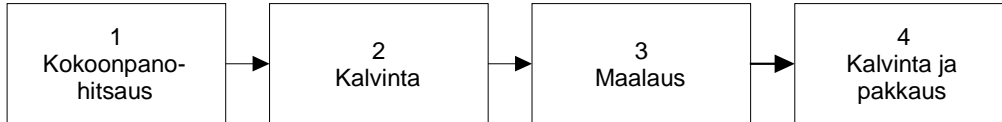
### 3. Asetustutkimus

Tutkimusongelmana oli alihankintakonepajojen asetusten nykytilan analysointi. Analysoitavia nimikkeitä oli yhteensä seitsemän kuudesta eri konepajasta. Pää- ja alihankkijat valitsivat yhdessä tutkittavat nimikkeet päähankkijan esitysten perusteella.

Nimikkeet valittiin päähankkijan ehdottamien nimikkeiden joukosta, mutta myös tuotanto-ohjelmilla ja -aikataululla oli merkitystä nimikkeiden valintaan tapauksissa, joissa päähankkijan esittämää nimikettä ei olisi valmistettu tutkimuksen tiedonkeruun aikana.

Analysointia varten kehitettiin tiedonkeruulomake, jota käytettiin kaikissa tiedonkeruutapauksissa. Lomakkeiden etusivulle kerättiin tiedot yhteyshenkilöistä, eräkoosta, vuosittaisesta valmistusmäärästä, työvaihejärjestyksestä ja aloituspäivämäärästä. Työvaihejärjestys kuvattiin piirtämällä paperille valmistuksen päävaiheita esittävä kaavio. Kuvassa 12 esitetään kyselylomakkeen etusivu.

**Eräsivu** (Tämä lehti seuraa tuotteita läpi koko valmistusprosessin)



Yritys \_\_\_\_\_ Päivämäärä \_\_\_\_\_

Asiakas \_\_\_\_\_ Täyttäjä \_\_\_\_\_

Nimike \_\_\_\_\_

Valmistettu kappalemäärä \_\_\_\_\_

Arvio vuotuisesta valmistusmäärästä \_\_\_\_\_

Ryhmittelyt

U Ulkoiset asetukset (Kone käy samalla)

S Sisäiset asetukset (Kone pysähdyksissä)

Luokat

1. Työpisteen valmistelut. Materiaalin haku ja palautus, materiaalien tarkistus. Terien, työkalujen ja mittavälineiden nouto ja palautus.
2. Työkalujen, terien, osien jne asennus ja irrotus. Työkappaleiden kiinnitys ja irrotus. NC-ohjelmien haku + palautus kirjastosta
3. Nollapistet, mittaukset, kalibroinnit, keskitykset, paineet
4. Koeajot ja säädöt
5. Jalostava työ

**Ajat ja tehdyt toimenpiteet  
kirjataan Työvaihelomakkeeseen**

*Kuva 12. Eräkohtainen kyselylomake.*

Yrityksiä pyydettiin listaamaan valitun nimikkeen osalta kaikki tehdyt toimenpiteet minuutin tarkkuudella. Kuvassa 13 on tiedonkeruulomake. Pääpaino mittauksissa oli tuotantoa valmistelemissä toimenpiteissä. Varsinainen jalostava työn osuus kirjattiin myös muistiin vertailutietona. Aikojen kirjaus tapahtui yrityksen henkilökunnan toimesta, tutkijoiden tehtäväksi muodostui lomakkeiden käyttökoulutuksen antaminen ja aikataulun valvominen. Aikataulua valvottiin puhelimitse ja yhdellä tai kahdella tarkastuskäynnillä.

TYÖVAIHELOMAKE Nro **1**

**Koneali-**

Yritys  
Työvaihe nro  
Työvaiheen nimi

Päivämäärä  
Täyttäjä  
Nimike

| No. | Aloitettu<br>[pp.kk.vv] | Toimenpide | Aika<br>[min] | U | S | Luokka | Muuta<br>tietoa |
|-----|-------------------------|------------|---------------|---|---|--------|-----------------|
| 1   |                         |            |               |   |   |        |                 |
| 2   |                         |            |               |   |   |        |                 |
| 3   |                         |            |               |   |   |        |                 |
| 4   |                         |            |               |   |   |        |                 |
| 5   |                         |            |               |   |   |        |                 |
| 6   |                         |            |               |   |   |        |                 |
| 7   |                         |            |               |   |   |        |                 |
| 8   |                         |            |               |   |   |        |                 |
| 9   |                         |            |               |   |   |        |                 |
| 10  |                         |            |               |   |   |        |                 |
| 11  |                         |            |               |   |   |        |                 |
| 12  |                         |            |               |   |   |        |                 |

Luokat

1. Työpisteen valmistelut. Materiaalin haku ja palautus, materiaalien tarkistus. Terien, työkalujen ja mittavälineiden nouto ja palautus.
2. Työkalujen, terien, osien jne asennus ja irrotus. Työkappaleiden kiinnitys ja irrotus. NC-ohjelmien haku + palautus
3. Nollapisteet, mittaukset, kalibroinnit, keskitykset,
4. Koeajot ja säädöt
5. Jalostava työ

*Kuva 13. Kyselylomake.*

Tiedonkeruulomakkeet perustuvat SMED-menetelmään, josta on kerrottu enemmän luvussa 2. Asetuksen aikana tapahtuvat tapahtumat kirjattiin muistiin ja luokiteltiin kahdella eri tavalla. Asetukset jaettiin ensin sisäisiin ja ulkoisiin. Sisäinen asetus tarkoittaa että kone, jolle asetusta tehdään seisoo eikä tuota lisäarvoa asetuksen aikana. Ulkoisessa asetuksessa asetus tehdään koneen ulkopuolella ja kone käy samanaikaisesti. Toiseksi asetukset jaettiin SMED-järjestelmän mukaisiin luokkiin, jotka ovat:

1. *Työpisteen valmistelut, materiaalin haku ja palautus, materiaalin tarkistus, terien, työkalujen ja mittavälineiden nouto ja palautus.* Luokka pitää sisällään selkeästi valmisteluun ja työpaikan organisointiin liittyvät vaiheet.

2. *Työkalujen, terien, osien jne. asennus ja irrotus, työkappaleiden kiinnitys tai irrotus, nc-ohjelmien haku ja palautus kirjastosta.* Luokka sisältää koneen valmisteluun kuuluvia vaiheita. Kappaleenvaihto kuuluu tähän luokkaan.
3. *Nollapistet, mittaukset, kalibroinnit, keskitykset ja paineet.* Luokka sisältää työskentelyn aloittamiseen liittyviä vaiheita.
4. *Koeajot ja säädöt, jotka tehdään, kun ensimmäiset kappaleet on valmistettu ja koneen säätöjä tarkistetaan.*

*Jalostavan työn* luokaksi määrättiin luokka 5.

Aikamittausten lisäksi yrityksissä suoritettiin haastatteluja, joilla pyrittiin selvittämään mahdollisia ongelmia ja löytämään ideoita asetusten kehittämiseksi. Haastattelukäyntejä oli kussakin alihankintayrityksessä keskimäärin neljä ja päähankkijoiden luona keskimäärin kolme. Haastatteluihin otettiin mukaan kustakin yrityksestä mahdollisimman laaja joukko henkilöitä, joita aihe kiinnosti tai jotka olivat osallistuneet sarjan valmistamiseen. Haastatteluissa yritysten henkilökunta sai kommentoida aikamittauksia ja esittää omia ajatuksiaan asetusten kehittämisestä. Lopuksi järjestettiin kokous, jossa olivat paikalla pää- ja alihankkijan edustajat sekä tutkijaryhmä.

## **3.1 Tutkimustulokset**

### **3.1.1 Tuote 1**

Tuote 1 on teollisuuden automaattisen paukkaus koneen osa. Osan koko on noin 500 x 100 x 100. Se on loppukokoonpanossa kriittinen komponentti, ja siihen kohdistuu vaihtelevia dynaamisia ja staattisia kuormia. Tuote 1 koostuu kuudesta osasta. Osat hitsataan yhteen jigien ja kiinnittimien avulla. Pääosa on levyrunko, johon kiinnitetään erilaisia holkkeja ja saranatappeja. Holkkeihin kiinnitetään laakerit puristussoviteella. Toleranssit tuotteelle ovat varsin tiukat, mikä on hitsatulle rakenteelle ongelmallista. Hitsauksen lämpö aiheutti vetelyä ja muodonmuutoksia, jotka ovat aiheuttaneet ongelmia tuotteen elinkaaren alkuvaiheessa. Ongelmat on ratkaistu jigien ja kiinnitystä kehittämällä.

### **Valmistusprosessi**

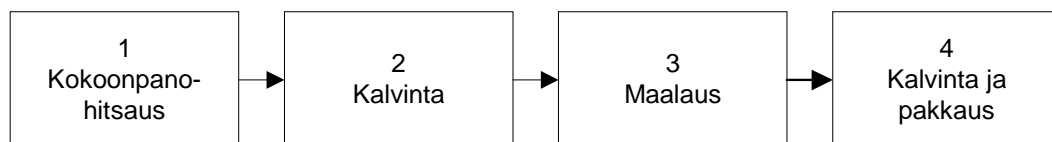
Valmistus aloitetaan kokoonpanohitsauksella. Työpisteeseen on kerätty kokoonpanossa tarvittavat osat valmiiksi. Osa komponenteista on valmistettu omassa yrityksessä, osa on tilattu alihankkijalta. Kokoonpanosolun näkökulmasta kaikki osat ovat alihankittuja.

Kokoonpanohitsauksessa käytetään itse valmistettua suhteellisen yksinkertaista jigiiä, jonka on tarkoitus pitää hitsattavia osia paikoillaan, kunnes hitsisauma on jähmettynyt ja tuote jäähtynyt sen verran, että se voidaan käsin siirtää lavalle odottamaan seuraavaa työvaihetta. Jigissä on ohjurit laakeriholkeille ja akseleille.

Hitsaus tapahtuu käsin MIG-menetelmällä. Ensin osat kiinnitetään toisiinsa heftaamalla, ja tarkistuksen jälkeen määrätyt saumat hitsataan vaadittuun paksuuteen. Aikaa hitsaukseen kuluu noin kymmenen minuuttia tuotetta kohti. Ennen lavalle siirtoa jigistä irrottamisen jälkeen mahdolliset hitsausroiskeet poistetaan kulmahiomakoneella. Hitsaajan ammattitaidolla on suuri merkitys riittävän laadun syntymisessä, koska tuote muuttaa hyvin helposti muotojaan ja mittojaan hitsausvaiheessa.

Seuraavaksi osat siirretään maalaamoon, jossa ne ripustetaan maalauslinjan kuljetinradan koukkuihin. Kohdat, joihin maalia ei saa tarttua, suojataan paperilla ja silikonilla. Pulverin haun jälkeen maalauslaitteet käynnistetään. Uunissa tapahtuvan kuivatuksen jälkeen suojat poistetaan ja tuotteet pakataan lavalle. Ripustus, suojaus, pulverin haku ja suojien poisto tapahtuvat koneen käydessä, joten kyseiset toimenpiteet luokitellaan ulkoisiksi asetuksiksi.

Maalausvaiheen jälkeen tuotteet käyvät vielä läpi kalvausvaiheen, jonka tarkoituksena on varmistaa osan liityntäpintojen yhteensopivuus muun konstruktion kanssa. Tuotteen valmistusprosessi esitetään kuvassa 14.

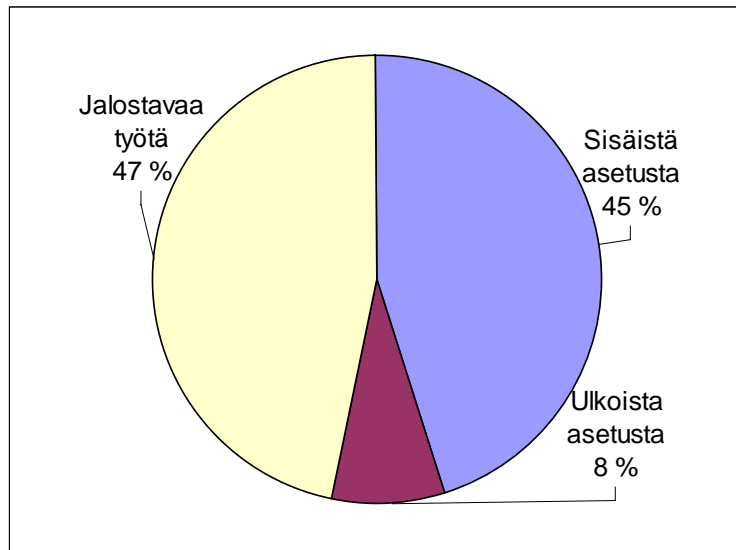


*Kuva 14. Tuotteen 1 valmistusprosessi.*

## **Asetukset**

Tuotteen 1 vuosittainen valmistusmäärä on noin 400–500 kpl. Tutkimuksessa selvitettiin 30 kappaleen valmistuserän asetukset. Toimenpiteitä kirjattiin kaikkiaan 38 kappaletta. Kuvassa 15 esitetään käytetyn ajan jakautuminen jalostavaan työhön ja asetuksiin. Asetusajat jakautuivat eri SMED-luokkiin taulukon 1 mukaisesti.





Kuva 15. Tuotteen 1 sisäiset ja ulkoiset asetukset sekä jalostava työ.

Taulukko 1. Tuotteen 1 asetusten jakautuminen SMED-luokkiin.

| Luokka 1 | Luokka 2 | Luokka 3 | Luokka 4 |
|----------|----------|----------|----------|
| 23,2 %   | 76,2 %   | 0,6 %    | 0,0 %    |

### Kehitysmahdollisuudet

Taulukoissa 2–4 esitetään tutkimuksessa havaittuja ongelmia sekä keskusteluissa löydettyjä korjauskeinoja ja kehitysvaihtoehtoja.

Yleisiä havaintoja konstruktiokeskeisistä ongelmista ja konstruktion kehittämisestä:

- Vanhojen tuotteiden muutoksiin suhtaudutaan kriittisesti, koska muutokset voivat hankaloittaa modulointia, dynaamisten kuormien kestävyyttä ja varaosahuoltoa.
- Suunnittelijoilla on kiire uusien tuotteiden kanssa ja ylläolevat hankaluudet tekevät vanhan tuotteen päivittämisestä suhteellisen raskaan operaation.
- Päähankkijan oma konepaja on myyty kaksi vuotta sitten, ja sen myötä on yrityksestä on hävinnyt osa menetelmäosaamisesta. Osien suunnittelu valmistusystävällisyyden näkökulmasta on siten jäänyt toissijaiseksi.

*Taulukko 2. Tuotteen 1 konstruktion liittyvät ongelmat ja mahdollisuudet.*

| <b>Ongelmat</b>   | <b>Kehitysvaihtoehdot</b>   |
|---|---|
| Toleranssit tiukat hitsatuksi konstruktioksi  | Koneen toiminta vaatii tältä osalta tarkkuutta joten tästä ongelmasta tuskin päästään eroon.  |
| Osia on nykyisessä konstruktiossa melko paljon.   | Osien yhdistely harvemmiksi osiksi. Kaapelikouru on eräs esimerkki rakenteesta, joka voidaan yksinkertaistaa suhteellisen pienellä panostuksella. |
| Levypaksuuksia on paljon  | Konstruktiossa käytettyjen levypaksuuksien harmonisointi.   |
| Tuotetta kalvitaan kahdesti, ensimmäisen kerran hitsauksen jälkeen ja toisen kerran maalauksen jälkeen. | Laakereiden kiinnittämiseksi esimerkiksi liimalla tai prässillä, jolloin mahdollisesti päästäisiin eroon yhdestä kalvintavaiheesta.               |
| Kaapelikouru on koottu useammasta osasta  | Profiili voisi olla yhdestä osasta valmistettu.   |
| Akselitappi vahvistetaan irtopaloista tehtävillä tuilla   | Materiaalin paksuntaminen akselitappin kohdalta vähentäisi osien lukumäärää.  |

*Taulukko 3. Tuotteen 1 menetelmiin ja prosesseihin liittyvät ongelmat ja kehittämismahdollisuudet.*

| <b>Ongelmat</b>   | <b>Kehitysvaihtoehdot</b>                                |
|---|--|
| Käytetty keltainen maali peittää huonosti materiaalimerkinnot.          | Siirrytään käyttämään merkitsemättömiä raaka-aineita.    |
| Nykyisellä asetuskustannuksella erä koko on todennäköisesti liian pieni | Korjataan erä koko sopivammaksi ja kehitetään asetuksia. |

Keinoja asetusten kehittämiseen valmistavan yrityksen luona ei löydetty haastattelujen ja aikamittausten perusteella

Taulukko 4. Yhteistyöhön liittyvät ongelmat ja kehitysvaihtoehdot.

| Ongelmat   | Kehitysvaihtoehdot  |
|--|---|
| Päähankkijalla on menetelmäsuunnittelu jäänyt toissijaiseksi. Pääpaino on ollut tuotteen toiminnallisuudessa ja ominaisuuksissa. | Käytetään hyväksi alihankkijan osaamista ja lähetetään tuotesuunnittelijat valmistajan luokse tutustumaan valmistusjärjestelmiin ja prosesseihin. Lisätään yhteistyötä. |
| Kuvissa oli puutteita. Kuvat koh- tuullisen hyviä, mutta tietyt mitat löytyvät vasta kokoonpanokuvasta                           | Yhteistyö kuvien saattamiseksi ajantasaisiksi ja vastaamaan alihankkijan toiveita.  |

### Yhteenveto tuotteesta 1

Kyseisen nimikkeen osalta täydellistä taloudellista analyysia ei tehty. Vastaavanlainen tuote on hiljattain käynyt läpi kehityshankkeen, jossa mm. osien määrää vähennettiin useasta yhteen. Tuotteen hinta laski kolmasosaan. Näin merkittäväällä säästöllä kehityskustannukset maksavat itsensä takaisin varsin nopeasti. Esimerkin tuotetta kehitettiin yhdessä alihankkijan kanssa.

Tulevaisuutta ajatellen osien vähentäminen on ensimmäisiä ja ehkä helpoimpia kehityshankkeita. Osien vähentäminen vaikuttaa suoraan asetusaikoihin. On otettava huomioon se, että menetelmien ja konstruktion kehityksen ansiosta sekä asetus- että valmistuskustannukset laskevat.

Taloudelliset vaikutukset arvioitiin yhdessä tilaajan ja valmistajan kanssa. Jos taulukossa listatut kehityshankkeet toteutettaisiin, säästöt asetuskustannuksissa saattaisivat olla noin 50 % nykykustannuksista. Eräkokoja säättämällä voidaan edelleen saavuttaa säästöjä. Suurin osa asetuskustannuksista on eräkohtaisia, jolloin eräkoolla on suuri merkitys kokonaiskustannuksiin.

### 3.1.2 Tuote 2

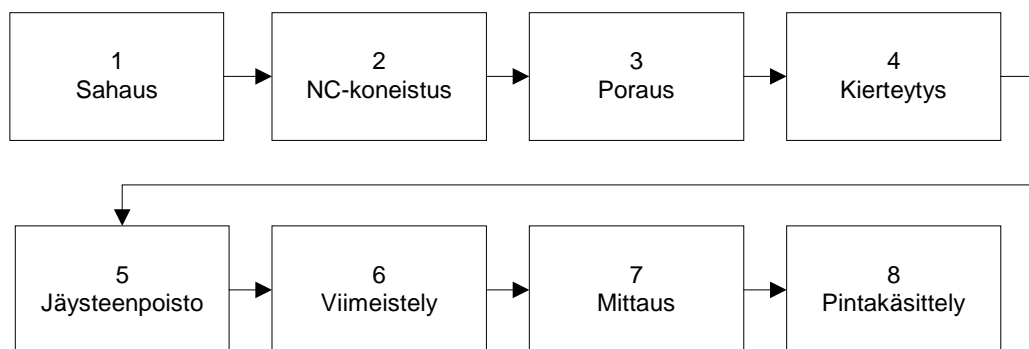
Osa on verianalysoijan eräs mekaaninen komponentti. Materiaali on alumiini, ja koneistus on tapahtuu pääosin NC-koneilla. Kappaleen pituus on noin 200 mm ja leveys 70 mm. Kappale on osa mekaanista järjestelmää, ja sen laatuvaatimukset ovat tarkkuuksien ja pinnanlaatujen suhteen siksi korkeita. Myös sähkönjohtavuudelle on asetettu vaatimuksia. Tiukka viranomaiskontrolli on ominaista kaikille lääketieteellisen tekniikan osille.

## Valmistusprosessi

Valmistus aloitetaan sahaamalla levystä aihiot. Seuraavaksi kappaleet siirretään NC-koneelle, jossa ne koneistetaan kahden kappaleen ryhmissä. Kappaleet käännetään ja kiinnitetään uudelleen kerran NC-koneistuksen aikana. Kappaleenvaihto tapahtuu käsin. Koneistusalusta on valmistettu niin tarkasti, että riittävän tarkkuuden saavuttaminen koneistuksessa edellyttää vain alustan kohdistamista; itse aihiot istuvat tarkasti alustassa.

Seuraavaksi kappaleet siirretään manuaali-pylväsporakoneelle, jossa tehdään muutama reikä ja kierre.

NC-koneistuksen jälkeen kappaleissa on teräviä särmiä ja purseita. Purseet poistetaan käsin kaavareilla, ja sen jälkeen terävät särmit siistitään myllytyksellä. Myllytys edellyttää oikean kivikoon vaihtamisen myllyyn, jotta kivet eivät kiilautuisi kiinni työkalupaleisiin. Myllytyksen ja pesun jälkeen kappaleet valmistellaan pintakäsittelyä varten suojaamalla kierrereiat nylonruuveilla. Ennen pintakäsittelyä erästä otetaan näytteet, jotka mitataan. Mittauksesta tehdään virallinen mittauspöytäkirja. Mittauksen jälkeen tuotteet pakataan ja lähetetään anodisointiin. Pintakäsittelyn jälkeen kappaleet toimitetaan takaisin, pakataan asianmukaisesti ja lähetetään tilaajalle. Valmistusvaiheet esitetään kuvassa 16.

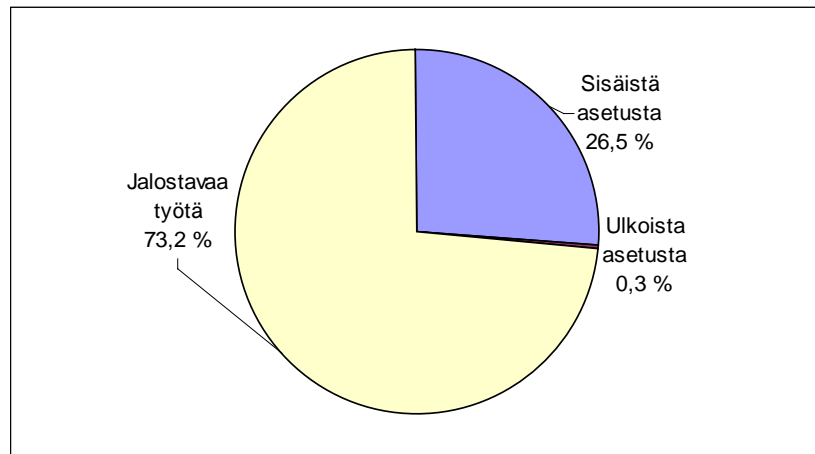


*Kuva 16. Tuotteen 2 valmistusvaiheet.*

## Asetukset

Valmistettava erä oli kooltaan 186 kappaletta. Vuosittainen valmistusmäärä on noin 300–500 kappaletta. Päätyövaiheita on kahdeksan, ja kaikkiaan toimenpiteitä kirjattiin 64. Ajat jakautuivat jalostavan työn, sisäisen asetuksen ja ulkoisen asetuksen välillä kuvan 17 mukaisesti.

Taulukossa 5 esitetään aikojen jakautuminen SMED-luokkiin.



Kuva 17. Tuotteen 2 sisäiset ja ulkoiset asetukset sekä jalostava työ.

Taulukko 5. Tuotteen 2 asetusten jakautuminen SMED-luokkiin.

| Luokka 1 | Luokka 2 | Luokka 3 | Luokka 4 |
|----------|----------|----------|----------|
| 4,0 %    | 77,5 %   | 9,6 %    | 8,8 %    |

### Kehitysmahdollisuudet

Seuraavissa taulukoissa 6–8 esitetään tutkimuksessa havaittuja ongelmia sekä keskusteluissa löydettyjä korjauskeinoja ja kehitysvaihtoehtoja.

Taulukko 6. Tuotteen 2 konstruktion liittyvät ongelmat ja mahdollisuudet.

| Ongelmat   | Kehitysvaihtoehdot  |
|--|---|
| Tuotteen leveys on 70 mm, joten työvarojen vuoksi ei voida käyttää 70 mm:n lattaa, vaan aihiot on sahattava levystä. | Tuotteen kaventaminen työvarojen verran.  |
| Paljon reikiä eri suunnista aiheuttaa useamman kiinnityksen ja irrotuksen.   | Pyritään korvaamaan eri suunnista porattavat reiät samansuuntaisilla, NC-koneen akselien suuntaisilla rei'illä. Harmonisoidaan reikien halkaisijat. |
| Useita umpireikiä tiettyyn syvyyteen porattuna.  | Umpireikien korvaaminen läpirei'illä.   |
| Jäysteenpoisto kaavareilla on hidas ja kallis käsityövaihe.  | Jäysteenpoisto NC-koneella ohjelmaan liitettynä.  |

*Taulukko 7. Tuotteen 2 valmistusmenetelmiin ja -prosesseihin liittyvät ongelmat ja kehitysvaihtoehdot.*

| <b>Ongelmat</b>  | <b>Kehitysvaihtoehdot</b>   |
|--|---|
| Päähankkijalla käytössä protopaja. Tuotteet siirretään protopajasta tehtaaseen ilman valmistusteknistä suunnittelua. | Suunnittelu yhdessä alihankkijan kanssa. Protovaiheen jälkeen uusi suunnittelukierros valmistusystävällisyyden kehittämiseksi. Protopajan roolina voisi olla tuotteen siirtäminen alihankkijalle sarjatuotantoon. |
| Päähankkijalla myynti, suunnittelu ja valmistus eivät kommunikoi riittävästi keskenään.                              | Tuotekehitysohjeistukseen prosessi kaikkien osapuolien kuulemiseksi.  |

*Taulukko 8. Yhteistyöhön liittyvät ongelmat ja kehitysvaihtoehdot (tuote 2).*

| <b>Ongelmat</b>   | <b>Kehitysvaihtoehdot</b>   |
|---|---|
| Lyhyen toimitusajan vuoksi tuotteita on varastossa alihankkijalla.  | Toiminnan tehostamiseksi alihankkijalla tulisi olla arvio kulutuksesta tulevaisuudessa. |
| Päähankkijan tuotekehitys ominaisuuskeskeistä. Yrityksen kulttuuriin ei ole kuulunut valmistuksen huomioon ottamista riittävästi. | Yhteistyön lisäämien alihankkijan ja päähankkijan välillä.                              |
| Päähankkijalla ei tyypillisesti ole ollut valmistusteknistä suunnittelua.   | Suunnittelijat alihankkijan luokse tutustumaan valmistukseen.                           |

## **Yhteenveto tuotteesta 2**

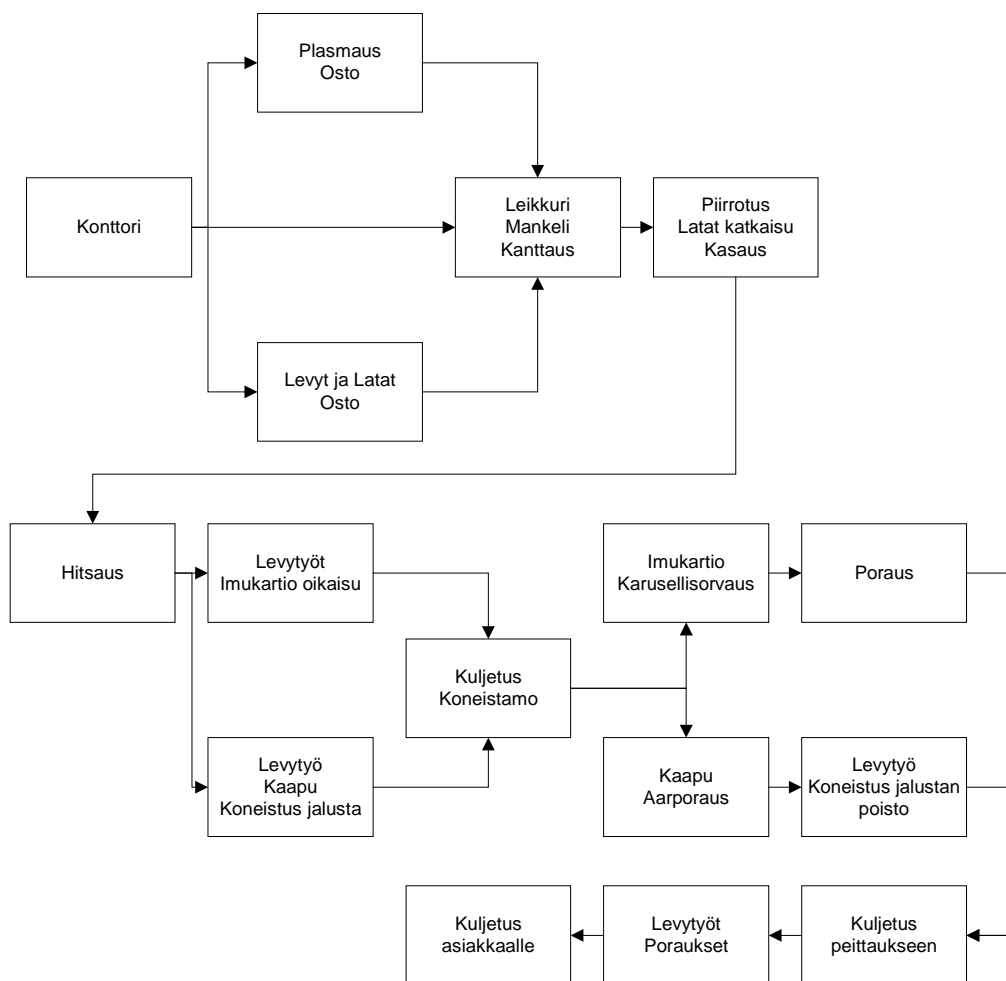
Kappale on osa lääketieteellistä tekniikkaa edustavaa laitetta. Lääketieteellistä tekniikkaa sitovat tarkat viranomaismääräykset erityisesti Yhdysvaltojen markkina-alueella, jonne päähankkija tuotteitaan vie. Muutokset hyväksytyihin tuotteisiin ja järjestelmiin ovat erittäin kalliita ja vaivalloisia, koska pienimpienkin muutosten jälkeen tuotteen täytyy käydä läpi hyväksynnät ja testit. Kehityshankkeet asetuskustannusten pienentämiseksi painottuvat tuleviin tuotteisiin kalliin hyväksyntäprosessin vuoksi. Kyseisen nimikkeen asetuksia voidaan kehittää manuaaliporausvaiheessa ja viisteidenpoistovaiheessa, jotka nykyisin tehdään käsin.

### 3.1.3 Tuote 3

Kyseessä on vaikeisiin olosuhteisiin tarkoitettu, ruostumattomasta teräksestä valmistettu teollisuuspuhallin. Puhallin on ainutkertainen projektituote. Pääosa valmistuksesta on alihankkijoilla; päähankkijalla tapahtuu kokoonpano. Tuotteen päämitat ovat 3 000 x 2 000 mm ja paino noin 3 000kg.

#### Valmistusprosessi

Valmistusprosessissa on kuusitoista vaihetta (kuva 18).



Kuva 18. Tuotteen 3 valmistusvaiheet.

Kyseessä on hyvin monesta osasta yhteen hitsattu konstruktio. Valmistus alkaa materiaalin hakemisella leikkurille ja piirustuksen lukemisella. Suurin osa osista leikataan levyistä NC-ohjatulla leikkurilla. Vaihe päättyy siivoukseen.

Leikkurilta osat siirretään mankelille. Vaihe aloitetaan vaihtamalla oikea telat ja säätämällä mankelin telat levyille sopiviksi. Tuotteen saamiseksi lopullisiin mittoihin joudutaan suorittamaan useita mankelointeja, tarkistusmittaamaan ja välillä säätämään teloja.

Seuraavassa työvaiheessa piirroitetaan tukirakenteiden paikat ja mitataan piirroitettusta levystä tukilattojen oikeat mitat. Kokonaisuus kasataan silloittamalla osat toisiinsa. Samassa työvaiheessa kasataan myös laipat puhaltimen liityntäpintoihin ja kondenssi- ja pesuveden poistoputket.

Seuraavaksi puhaltimen kotelon silloitetut saumat hitsataan umpeen vaadittuun mittaan. Kotelo kiinnitetään hitsauspöytään, ja kerran hitsaamisen aikana se käännetään nosturilla toiseen asentoon. Lopuksi hitsisaumat viimeistellään hiomalla. Hitsisaumaa syntyy noin 60–80 kg, joten kyseessä on varsin suuren luokan hitsaustyö.

Hitsauksessa kotelo lämpenee, ja jännityksien vuoksi laipat saattavat muuttua muotojaan. Muodonmuutokset korjataan lämmittämällä, mikä vaatii työntekijältä kokemusta ja taitoa. Jäähdyttämisen jälkeen suoritetaan tarkistusmittaus ja mahdollinen uusi oikaisulämmitys. Puhallin painaa tässä vaiheessa valmistusprosessia noin 3 000 kg. Suuren massan vuoksi puhallinta joudutaan käsittelemään nostureilla.

Koneistusta varten puhallin on saatava kiinnitetyksi työstökoneen pöydälle, mikä on hankalaa, vaikka kyseessä onkin raskas ja tukeva kappale. Ongelmana on, että siihen on vaikea tarttua ja sitä on vaikea puristaa tukevasti kiinni. Kokoonsa ja massansa nähden puhaltimen materiaalipaksuus on kuitenkin ohutta ja hentoa. Yritys on ratkaissut kiinnitysongelman rakentamalla puhaltimelle erillisen koneistusjalustan, joka hitsataan kiinni rakenteeseen.

Koneistusvaiheita on kaikkiaan kolme. Ensimmäinen on imukartion karuselliporaus. Siinä koneeseen vaihdetaan leuat, kuvat tarkistetaan, työkappale kellotetaan suoraan ja lopuksi suoritetaan koneistus. Välillä tarkistetaan työvarojen riittävyys, ja lopuksi poistetaan jäysteet ja työpiste siivotaan. Seuraavaksi imukartioon porataan reikiä porakoneella.

Kolmas koneistusvaihe on kaavun eli kotelon aarporaus. Tässä vaiheessa työkappale kellotetaan erittäin tarkasti, jotta se saataisiin varmasti oikeaan asentoon ja jotta työvarat riittäisivät. Koneistuksen jälkeen poistetaan jäysteet ja siivotaan lastut työkappaleen sisältä ja työstökoneesta.

Koneistusta varten rakennettu koneistusjalusta puretaan seuraavaksi pois. Poisto tapahtuu tehokkailla kulmahiomakoneilla, samoin saumojen hiominen tasaisiksi. Koneistus-



jalustan poistovaiheessa koteloon kiinnitetään samalla poistoputki ja mittayhde hitsaamalla.

Ennen peittaukseen lähettämistä suoritetaan tiivistystä, jossa puhallin tiivistetään ja paine sen sisällä nostetaan ympäröivää painetta suuremmaksi. Määrätyn odotusajan jälkeen vallitseva paine tarkistetaan ja mahdolliset vuotokohtat paikannetaan ja tiivistetään.

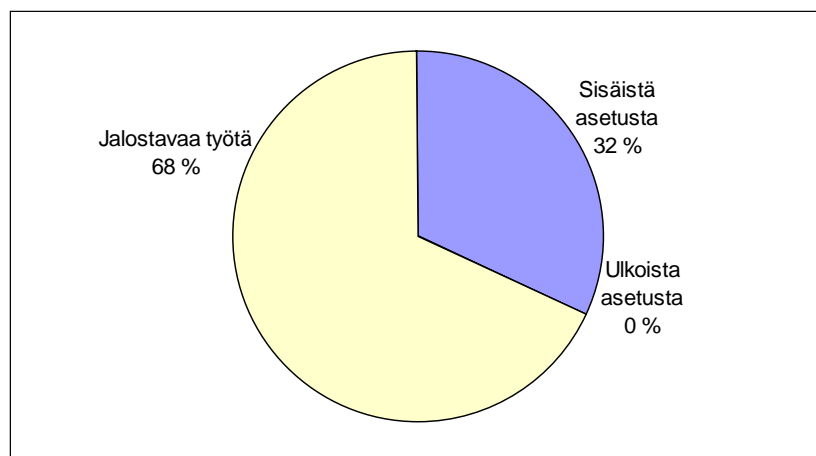
Pintakäsittelyn eli peittauksen jälkeen puhallin toimitetaan asiakkaalle.

### Asetukset

Vuosittain tämän kokoluokan puhaltimia valmistetaan muutama sata, mutta jokainen puhallin on silti yksilö eli ainutkertainen projektituote. Eräkokoa on siis yksi.

Päätyövaiheita on 16. Yksittäisiä toimenpiteitä, jotka pitävät sisällään valmistelevat vaiheet eli asetukset ja jalostavat vaiheet kirjattiin yhteensä 198 kappaletta.

Käytetty aika jakautuu jalostaviin vaiheisiin ja asetuksiin kuvan 19 mukaisesti.



Kuva 19. Tuotteen 3 sisäiset ja ulkoiset asetukset sekä jalostava työ.

Taulukossa 9 esitetään aikojen jakautuminen asetuksen eri SMED-luokkiin.

Taulukko 9. Tuotteen 3 asetusten jakautuminen SMED-luokkiin.

| Luokka 1 | Luokka 2 | Luokka 3 | Luokka 4 |
|----------|----------|----------|----------|
| 26,3 %   | 60,5 %   | 5,7 %    | 7,6 %    |

## Kehitysmahdollisuudet

Seuraavissa taulukoissa 10–12 esitetään tutkimuksessa havaittuja ongelmia sekä keskusteluissa löydettyjä korjauskeinoja ja kehitysvaihtoehtoja.

*Taulukko 10. Tuotteen 3 konstruktion liittyvät ongelmat ja mahdollisuudet.*

| <b>Ongelmat</b>   | <b>Kehitysvaihtoehdot</b>   |
|---|---|
| Nykyisessä konstruktiossa on käytössä huomattava määrä eripaksuisia levyjä.   | Levyepäksyyksien harmonisointi.   |
| Hitsimerkinnät ammattimiehen mukaan epäkurantteja tietyissä saumoissa.  | Piirustuksien päivittäminen hitsimerkkien osalta.   |
| Laipat ovat projektikohtaisia. Aikaa kuluu paljon reikien paikkojen mittaamiseen ja piirroittamiseen. Piirroituksessa on kasvanut virheiden todennäköisyys. | Reikäjaot laipoissa standardien mukaisiksi.   |
| Tukirakenne on monimutkainen ja joka kerta erilainen.   | Tukirakenteen yksinkertaistaminen ja standardoiminen. Suhteellinen mitoitus, jossa tietyt mitat ovat vakioita ja muut määrättyssä suhteessa näihin. |
| Koneistaminen vaikeaa, koska työvarat ovat pieniä levykonstruktiossa.   | Reilujen työvarojen huomioonotto suunnittelussa.  |
| Kaikki puhaltimet ovat yksilöitä eivätkä osat juurikaan ole vaihtokelpoisia.  | Modulointi toisi säästöä pidemmällä tähtäimellä.  |
| Toleranssit ovat tiukat tietyissä mitoissa.   | Toleranssit vastaamaan valmistusmenetelmien suorituskykyä.  |

Kaikkien konstruktiomuutosten eräs ongelma on värähtelyjen hallinta. Muutokset voivat vaikuttaa negatiivisesti lujuuksiin tai resonointitaajuuksiin ja -amplitudiin. Nykyisillä suunnittelutyökaluilla voidaan hallita värähtelyjen ongelmakenttää, mutta vasta käytännön testit varmistavat lopullisesti muutosten vaikutukset.

Standardoinnin ja moduloinnin vaikeutena ovat puhaltimien vaihtelevat tarpeet ja käyttöolosuhteet.

*Taulukko 11. Tuotteen 3 valmistusmenetelmiin ja -prosesseihin liittyvät ongelmat ja kehitysvaihtoehdot.*

| <b>Ongelmat</b>   | <b>Kehitysvaihtoehdot</b>   |
|---|---|
| Tehtaassa suoritetaan paljon mittauksia, joilla pyritään selvittämään levystä leikattavien osien pituuksia ja leveyksiä. Mittaaminen työkappaleesta vie aikaa ja virheiden todennäköisyys kasvaa. | Mittojen esittäminen kuvissa ja osien valmistaminen niiden perusteella.   |
| Hitsattavien osien paikat merkitään piirroittamalla. Piirroittamiseen kuluu paljon aikaa, ja virheiden todennäköisyys kasvaa. Hitsaussolu on varattuna piirroituksen ajan.                        | Merkkauksen automatisointi NC-ohjelmaan perustuen. Menetelmänä esimerkiksi laser.   |
| Tukiristikot kasataan puhaltimen selkälävyyden piirroitettujen merkkien päälle. Piirroittaminen vie aikaa, ja virheiden todennäköisyys kasvaa.  | Tukiristikoiden kasaaminen erillisessä työpisteessä jiggin avulla. Jigin tulisi olla modulaarinen, jotta sen kustannuksista tulisi kohtuulliset.  |
| Jokainen puhallin ja tukiristikko on yksilöllinen. Aikaa kuluu paljon palapelien kasaamiseen  | Standardisoidut tukiristikot. Suhteellinen mitoitus, jossa tietyt mitat ovat vakioita ja muut määrättyssä suhteessa näihin.   |
| Asetusajat vaihtelevat samantyyppisissä tuotteissa paljon.  | Asetusohjeiston luominen ja käyttö. Perustana dokumentoitu hyvin onnistunut suunniteltu asetusprosessi.   |
| Laippojen reikien poraamiseen kuluu aikaa paljon, koska se edellyttää piirroittamista ja mittaamista. Myös virheiden todennäköisyys kasvaa käsityön lisääntyessä.                                 | Standardilaippojen ja poraohjureiden valmistaminen tai NC-koneen käyttäminen. Poraohjurit voivat olla modulaarisia siten, että eri kokoisille poranterille on oma insertit, jotka istutetaan yleiskäyttöisiin ohjuriholkkeihin. Vaihtoehtoisia menetelmiä reikien aikaansaamiseksi ovat esim. polttoleikkaus, laser tai vesileikkaus. |
| Työstökoneeseen kiinnittämistä varten puhaltimeen pitää rakentaa erillinen jalusta.   | Standardisoitujen ja yleiskäyttöisten pukkien suunnittelu ja valmistus.   |
| Aarporaus vaatii tarkan kellottamisen, jonka onnistuminen riippuu ammattitaidosta hyvin paljon. Kellottamisen aikana kone seisoo, koska pöytä on varattu.   | Yleiskäyttöiset pukit varustettaisiin kohdistintapeilla tai muulla kohdistinjärjestelmällä ja pukit valmistettaisiin niin tarkkoiksi, että ne vain laskettaisiin työkappaleineen paikoilleen työstökoneen pöydälle.   |

Taulukko 12. Yhteistyöhön liittyvät ongelmat ja kehitysvaihtoehdot (tuote 3).

| Ongelmat  | Kehitysvaihtoehdot   |
|---|--|
| Tukirakenteen kasaamiseen on mennyt paljon aikaa, koska tehtaassa on yritetty seurata piirustuksia tarkkaan.  | Yhteistyön lisääminen ja tiedon vaihtaminen kriittisistä mitoista ja rakenteista.      |
| Käytetyt työtunnit ja kustannukset vaihtelevat paljon.  | Siirtyminen läpinäkyvään prosessiin, jossa tieto liikkuu vapaasti kumpaankin suuntaan. |
| Aarporaus vaatii tarkan kellottamisen, jonka onnistuminen riippuu ammattitaidosta hyvin paljon. Kellottamisen aikana kone seisoo, koska pöytä on varattu. | Standardipukkien kehittäminen edellyttää yhteistyön lisäämistä.                        |

### Yhteenveto tuotteesta 3

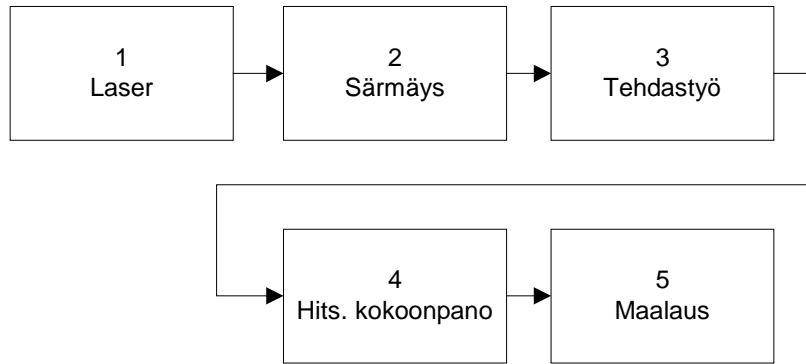
Tuote 3 on monimutkainen, ja siinä on huomattava määrä erikoisosaamista. Tuotteita tehdään yksilöinä ja ainutkertaisina, ja ehkä juuri siksi niihin sisältyykin huomattava määrä kehityspotentiaalia. Standardoimalla ja moduloimalla voidaan saavuttaa suuria säästöjä. Kaikista kolmesta tutkitusta osa-alueesta (konstruktio, menetelmät ja prosessit, yhteistyö) löytyi kehittämissideoita, joilla asetusaikoja ja kustannuksia saataisiin pienemmiksi. Kaikki toimenpiteet kuitenkin edellyttävät avoimempaa tiedon liikkumista ja yhteistyön lisäämistä.

### 3.1.4 Tuote 4

Tuote 4 on automaattisen pakkauskoneen osa. Tuote painaa noin 40 kg, ja sen päämitat ovat noin 830 x 540 x 250. Materiaalina on laserleikattu teräslevy. Pintakäsittely on keltainen pulverimaali. Osien lukumäärä on useita kymmeniä. Osat on liitetty toisiinsa hitsaamalla. Tuote on kriittinen osa pakkausautomaattia, ja siihen kohdistuu vaihtelevia staattisia ja dynaamisia kuormia. Tuote on varsin vanha, mutta sitä on muutettu hiljattain valmistajan vaihtuessa.

### Valmistusprosessi

Valmistusprosessi on viisivaiheinen. Työnkulkukaavio esitetään kuvassa 20.



*Kuva 20. Tuotteen 4 työnkulkukaavio.*

Valmistus alkaa laserleikkauksella. Käytössä on kaksi laserleikkaukoneetta integroituna yhteiseen automaattivarastoon. Järjestelmää kutsutaan FMS-laseriksi. Se hoitaa automaattisesti levyjen haut, laserleikkauksen ja valmiiden tuotteiden keräilylavoille, joskin usein kappaleet joudutaan ravistelemalla irrottamaan levystä. Jokaista automaattivarastosta haettua levyä kohti valmistusprosessiin kuuluvat seuraavat vaiheet:

1. levyn haku
2. NC-ohjelmien haku ja nestaus
3. suuttimen ja polttopään säätö
4. laserleikkaus
5. kappaleiden irrotus ja harjaus
6. lavan vienti hyllyyn.

Seuraavaksi osa osista siirtyy lavoilla särmäykseen. Särmäys tapahtuu NC-ohjatulla särmäyskoneella. Terien asettamisen jälkeen tehdään särmäyksessä tarvittava ohjelma. Yleensä tarvitaan vielä yksi tai kaksi koekappaletta ja niiden välissä ohjelman ja koneen hienosäätöä, ennen kuin varsinainen jalostava särmäysvaihe voi alkaa.

Särmäysvaiheen jälkeen osa aihioista siirtyy välivarastoon ja osa menee kierteytettäväksi. Samassa vaiheessa porataan ja seevataan muutama reikä. Työvaiheita kutsutaan yhteisellä nimellä tehdastyöksi.

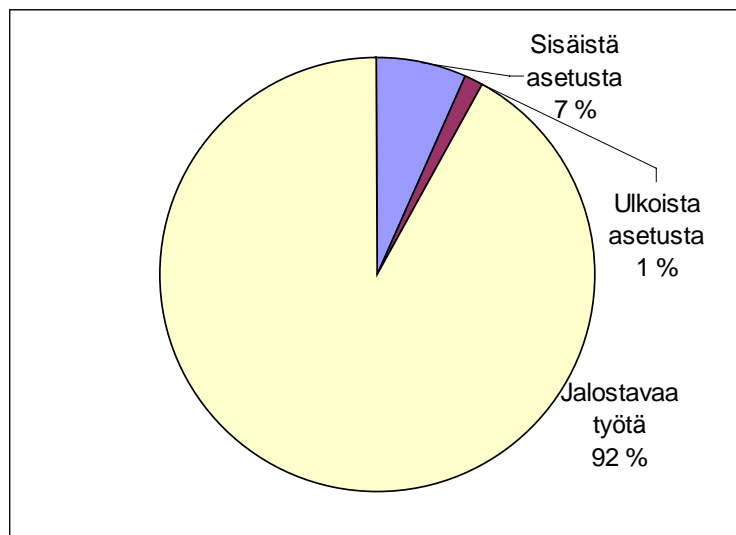
Tehdastyön jälkeen osat siirretään kokoonpanohitsaukseen. Osa osista on osto-osia, ja ne keräillään pisteeseen varastohyllyistä. Muuten osat tulevat lavalla välivarastosta ja tehdastyösolusta. Hitsauksessa käytetään jigiiä, joka valmistettiin tuotteen elinkaaren alkuvaiheilla ja joka on hyvin tarkka. Prosessin tuottaman korkean laadun vuoksi kappaleita ei mitata lainkaan ennen asiakkaalle lähettämistä.

Kokoonpanohitsauksen jälkeen tuotteet viedään maalaamoon ja ripustetaan koukkuihin roikkumaan. Maalin vaihto on aikaa vievä työvaihe, jonka aikana maalauslinjaa ei voi käyttää. Maalauksen ja kuivatuksen jälkeen tuotteet pakataan räätälöityihin kuljetustelineisiin, joissa ne siirretään tilaajalle suoraan kokoonpanosoluun.

### Asetukset

Tuotteen vuosittainen valmistusmäärä on noin 140–150 kappaletta. Eräkokoo on vakio 24, joka määräytyy kuljetusalustan kapasiteetista. Tuotteille käytetään erillistä räätälöityä kuljetusalustaa, joka mahdollistaa tehokkaan säilytyksen, siirtelyn ja kuljetuksen.

Päätyövaiheita on viisi. Yksittäisiä toimenpiteitä, jotka pitävät sisällään valmistelevat vaiheet eli asetukset ja jalostavat vaiheet, kirjattiin yhteensä 135 kappaletta. Käytetty aika jakautuu jalostaviin vaiheisiin ja asetuksiin kuvan 21 mukaisesti.



Kuva 21. Tuotteen 4 sisäiset ja ulkoiset asetukset sekä jalostava työ.

Taulukossa 13 esitetään aikojen jakautuminen asetuksen eri SMED-luokkiin.

Taulukko 13. Tuotteen 4 asetusten jakautuminen SMED-luokkiin.

| Luokka 1 | Luokka 2 | Luokka 3 | Luokka 4 |
|----------|----------|----------|----------|
| 26,5 %   | 30,8 %   | 1,8 %    | 40,9 %   |

Käytetty aika on painottunut voimakkaasti jalostaviin vaiheisiin. Asetukset ovat jakautuneet yllättävän tasaisesti eri SMED-luokille luokkaa 3 lukuun ottamatta. Asetusten

tehokkuutta voidaan selittää ainakin osin FMS-laserin korkeilla hankinta- ja tuntihinnoilla. Kallista konetta ei kovassa kilpailutilanteessa ole varaa seisottaa, vaan se ympärille on rakennettava järjestelmä, joka sallii koneen tehokkaan hyödyntämisen.

### **Kehitysmahdollisuudet**

Taulukoissa 14–16 esitetään tutkimuksessa havaittuja ongelmia sekä keskusteluissa löydettyjä korjauskeinoja ja kehitysvaihtoehtoja.

*Taulukko 14. Tuotteen 4 konstruktion liittyvät ongelmat ja kehitysvaihtoehdot.*

| <b>Ongelmat</b>  | <b>Kehitysvaihtoehdot</b>  |
|--|--|
| Putket vaativat pintakäsittelyn ennen maalausta. Putken puhdistaminen on kallista.   | Putkien korvaaminen levykonstruktiolla. Levyt eivät vaadi pintakäsittelyä ennen maalausta.                             |
| Putkien sahaaminen on epätarkkaa.  | Putkien korvaaminen levykonstruktiolla. Levyt voidaan leikata tarkasti laserilla.                                      |
| Eri levypaksuuksia on paljon.  | Levypaksuuksien harmonisointi ja lujuuslaskelmien tarkentaminen.   |
| Valuma-aukkojen puute.   |  |
| Kokoonpanohitsauksessa tuotteeseen kiinnitetään paljon ”nappuloita” eli holkkeja, muttereita ja kiinnikkeitä. Näiden kiinnittämisen valmisteluun kuluu paljon aikaa. | Korvataan hitsattavat kappaleet esim. kierrerei’illä tai vastaavilla ainetta poistavilla menetelmillä valmistettuihin. |
| Tarkat toleranssit aiheuttavat valmistelu- ja valmistusvaiheessa paljon työtä.   | Loppukokoonpano edellyttää tältä tuotteelta tarkkuutta, joten tästä ongelmasta ei ehkä päästä eroon ollenkaan.         |

*Taulukko 15. Tuotteen 4 valmistusmenetelmiin ja -prosesseihin liittyvät ongelmat ja kehitysvaihtoehdot.*

| <b>Ongelmat</b>   | <b>Kehitysvaihtoehdot</b>  |
|---|--|
| Tiettyjen hitsisaumojen paikat joudutaan mittaamaan ja merkkamaan, mikä vie aikaa paljon. | Käytetään hyväksi laserin mahdollisuuksia, ja merkitään hitsauskohdat lasersäteellä. |

Taulukko 16. Yhteistyöhön liittyvät ongelmat ja kehitysvaihtoehdot (tuote 4).

| Ongelmat  | Kehitysvaihtoehdot  |
|---|---|
| Alihankkijalla ei ole tietoa tuotteen liityntäpinoista loppukokoonpanossa.  | Kehitysyhteistyön lisääminen ja tiedon vapaan liikkumisen kehittäminen alihankintasuhteessa.            |
| Suunnittelijat eivät tunne uusimpia valmistusmenetelmiä.  | Suunnittelijat käyvät alihankkijoiden luona ja tutustuvat ko. alihankkijan tarjoamiin mahdollisuuksiin. |
| Päähankkijat eivät halua yksipuolisesti kehittää tuotetta valmistusystävälliseen suuntaan.                                | Alihankkijat mukaan resursseillaan kehityshankkeisiin. Taloudellisen hyödyn jakaminen sopimuksilla.     |
| Päähankkijan toiveena olisi saada alihankkijaltaan ehdotuksia parannuskohteista.  | Alihankkijan aktiivisuus kehitysideoiden läpiviennissä.   |
| Monet tuotteet vaativat erikoistyökaluja. Alihankkija toivoo, että se pääsisi mukaan suunnitteluprosessiin alusta alkaen. | Alihankkijan ottaminen mukaan suunnitteluprosessiin alusta alkaen.                                      |

#### Yhteenveto tuotteesta 4

Keskimäärin asetusajat laserilla ovat varsin lyhyet, ja ne ovat ulkoisia asetuksia suuttimen ja polttopään asetusta lukuun ottamatta. Tähän ovat syynä FMS-laserin korkeat hankinta- ja tuntihinnat. Suurin osa kehitysideoista painottuu konstruktion kehittämiseen, ja tässäkin tapauksessa todettiin, että tehokkaita keinoja asetusten kehittämiseksi prosesseja ja valmistusmenetelmiä kehittämällä ei löytynyt.

Karkean laskelman mukaan asetuksia kehittämällä esitettyjen vaihtoehtojen mukaisesti voidaan päästä asetuskustannuksissa puoleen ja samalla myös materiaalin kulutus laskeksi hieman.

#### 3.1.5 Tuote 5

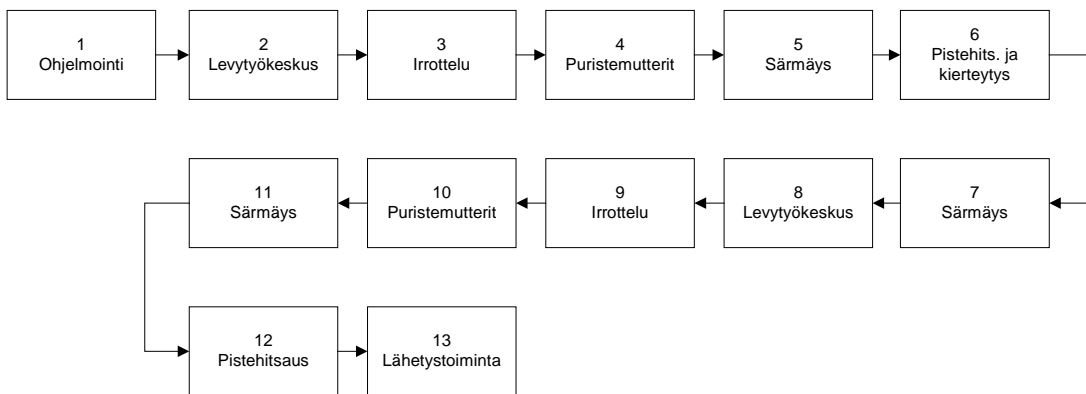
Tuote on sinkitystä teräslevystä valmistettu hitsauskoneen runko. Kyseessä on erittäin monimutkaisista muodoista rakentuva, kahdesta osasta kasattu kokoonpano. Tuotteen tekevät monimutkaiseksi hankalat muodot ja särmäykset useamman kulman taakse. Tarkkuusvaatimukset ovat korkeat, koska lopputuotteessa runkoon liitetään muoviosia. Rungon tulee myös kestää staattisia ja dynaamisia kuormia, koska sisälle tulee mm. ras-



kaita muuntajia, joiden tulee pysyä paikoillaan ankarissa kenttäolosuhteissakin. Tuotteen päämitat ovat noin 300 x 400.

## Valmistusprosessi

Tuotteen 5 valmistaminen tapahtuu kolmessatoista vaiheessa, jotka esitetään kuvassa 22. Tuote koostuu useammasta osasta, jotka valmistetaan samanaikaisesti.



*Kuva 22. Tuotteen 5 valmistusprosessi.*

Ensimmäinen vaihe valmistuksessa on ennalta ohjelmoidun ohjelman haku levytyökeskukselle. Tuotteessa on kaksi osaa jotka valmistetaan levytyökeskuksella. Työ jatkuu keräämällä levytyökeskukselle tarvittavat materiaalit levyinä ja työkalut. Työkalujen asentamisen jälkeen suoritetaan koeajo. Koekappaleet mitataan oikeiden mittojen varmistamiseksi, ja mahdollisten säätöjen jälkeen käynnistetään automaattinen levytyökeskus.

Levytyökeskukselta lävistetyt levyt kerätään ja osat irrotetaan levystä ravistelemalla. Yksittäiset osat kerätään lavoille, ja ne siirretään puristemutterien asennuspisteeseen. Koeajokappaleiden jälkeen puristemutterit puristetaan kiinni osiin tarvittaviin kohtiin.

Särmäysvaiheeseen valmistaudutaan hakemalla särmäysohjelma ja -ohje, työkalut ja materiaali paikalle valmiiksi. Koekappaleen särmäämisen ja mittatarkistuksen jälkeen suoritetaan särmäys kaikille osille. Särmäysohje on laadittu huolellisesti, ja pelkästään sen perusteella osaava särmääjä pystyy suoriutumaan särmäysvaiheista. Ohjeessa on listattu särmäysjärjestys, työkalut ja takavasteiden asennot ja etäisyydet.

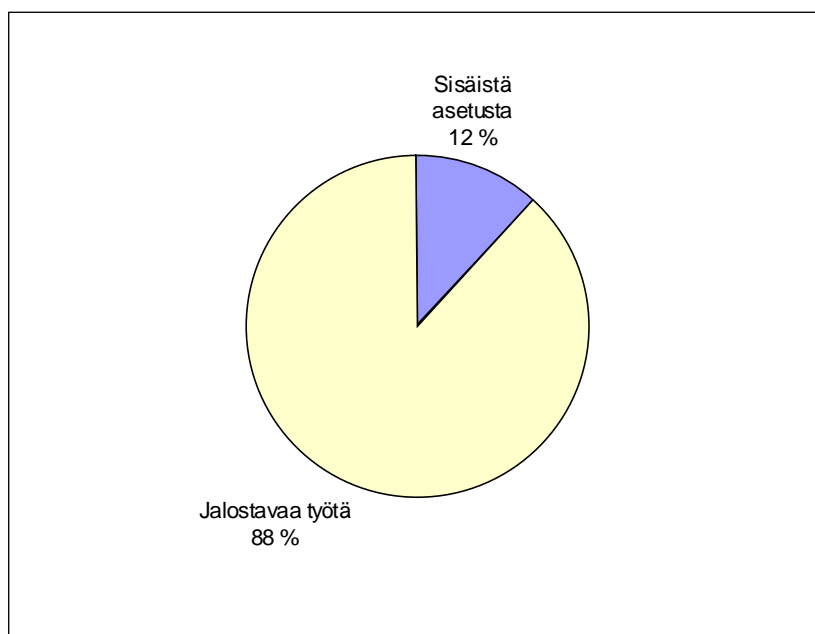
Rinnakkain kulkeneet kaksi osaa liitetään seuraavaksi yhteen pistehitsaamalla. Samalla kierteytetään reikiä. Toimenpide edellyttää materiaalin hakemisen, terien asentamisen ja

koneen säädön sekä koekappaleiden hitsaamisen ja kierteyttämisen. Seuraavaksi osat suojataan ja paketoidaan sekä siirretään lavalle valmiina lähetettäväksi asiakkaalle.

### Asetukset

Tuotteen vuosittainen valmistusmäärä on 4 400 kappaletta. Tällä kertaa tuotteita tehtiin 120 kappaleen erä. Kun eräkokoo on 120, tuotetta valmistetaan 37 erää vuodessa.

Päätyövaiheita on yhteensä 13. Kaikkiaan toimenpiteitä kirjattiin 91 kappaletta. Kuvasa 23 esitetään käytetyn ajan jakautuminen jalostavaan työhön ja asetuksiin.



Kuva 23. Tuotteen 5 sisäiset ja ulkoiset asetukset sekä jalostava työ.

Asetusajat jakautuivat eri luokkiin taulukon 17 mukaisesti.

Taulukko 17. Tuotteen 5 asetusten jakautuminen SMED-luokkiin.

| Luokka 1 | Luokka 2 | Luokka 3 | Luokka 4 |
|----------|----------|----------|----------|
| 33,0 %   | 28,4 %   | 13,5 %   | 25,1 %   |

## Kehitysmahdollisuudet

Taulukoissa 18–19 esitetään tutkimuksessa havaittuja ongelmia sekä keskusteluissa löydettyjä korjauskeinoja ja kehitysvaihtoehtoja.

*Taulukko 18. Tuotteen 5 konstruktion liittyvät ongelmat ja mahdollisuudet.*

| Ongelmat  | Kehitysvaihtoehdot   |
|---|--|
| Puristemuttereiden kiinnittäminen vie paljon aikaa  | Korvaavia kiinnitysmenetelmiä voisivat olla itsekierteyttävät ruuvit, niitit, pistehitsaaminen, hitsattu mutteri tai vedetty kierrereikä eli kauluskierre. Samoin komponenttien tulee olla irrotettavia huollettavuuden nimissä. |
| Osissa on monimutkaisia särmäysoperaatioita useamman kulman takana, ja näille kulmille on suuret tarkkuusvaatimukset. | Useammasta osasta yhdistely saattaisi helpottaa särmäystä mutta toisaalta lisäisi asetuksia ja työaikaa muulla.  |
| Piirustuksiin merkittävä toleranssia on erittäin vaikea saavuttaa tietyssä kohdassa tuotetta.                         | Piirustuksien päivittäminen vastaamaan valmistusmenetelmiä ja niiden mahdollistamia tarkkuuksia.   |

Konstruktion ollaan valmistajalla suhteellisen tyytyväisiä, vaikka sitä luonnehdittiinkin vaikeaksi valmistaa. Suuria parannuksia asetuksiin ei konstruktiota muuttamalla saatane.

*Taulukko 19. Tuotteen 5 valmistusmenetelmiin ja -prosesseihin liittyvät ongelmat ja kehitysvaihtoehdot.*

| Ongelmat   | Kehitysvaihtoehdot  |
|--|---|
| Toleranssit tarkkoja ja niiden mittaaminen vaikeaa ellei mahdotonta. | Standardisoidut mittausmenetelmät ja -välineet. Piirustuksiin merkintä mittausmenetelmästä. |

Nykyisiä työvaiheita voidaan yhdistellä, mutta se vaatisi suuret investoinnit. Investointien takaisinmaksuajat tulee tutkia tarkoin, ja samassa yhteydessä saatetaan joutua kehittämään sopimustekniikkaa. Asetusten siirtäminen ulkoisiksi toisi säästöä.

Yritykset tekevät jatkuvaa yhteistyötä uusien tuotteiden osalta. Tutkimuksen muihin yrityspareihin verrattuna kehittämisen varaa ei yhteistyön määrässä ja laadussa juuri löydy.

## Yhteenveto tuotteesta 5

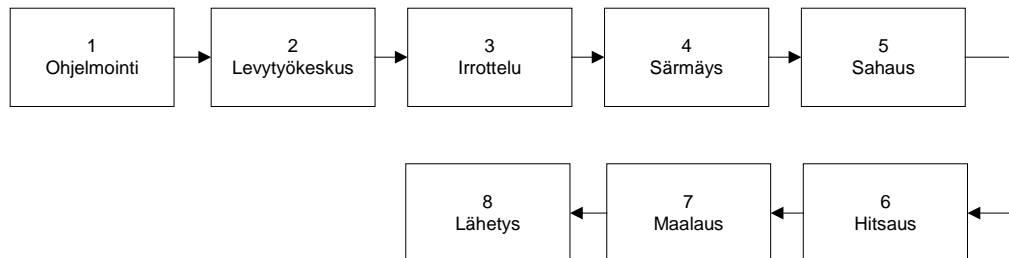
Asetusajat ovat pienet verrattuna jalostavan työn vaatimaan aikaan. Tämä on saavutettu yhteistyössä valmistajan ja tilaajan suunnittelijoiden kanssa. Tuotteita on kehitetty yhdessä alusta alkaen, ja valmistettavuuteen on panostettu paljon. Tuotteet on suunniteltu valmistettavaksi juuri kyseisen alihankkijan toimesta. Avoimen yhteistyön merkitystä ei voi liikaa korostaa.

### 3.1.6 Tuote 6

Tuote 6 on ammattimaiseen käyttöön tarkoitettun hitsauskoneen alusta. Valmistusmateriaali on teräslevy ja pintakäsittely on musta pulverimaali. Tuote koostuu kahdesta osasta, jotka ovat alusta ja akseli. Tuotteen päämitat ovat noin 430 x 1 000.

#### Valmistusprosessi

Tuote valmistetaan kahdeksassa vaiheessa, jotka on esitetty kuvassa 24. Tuote koostuu useammasta osasta, jotka on hitsattu yhteen osakokoonpanoksi.



Kuva 24. Tuotteen 6 valmistusvaiheet.

Ensimmäinen vaihe valmistuksessa on ennalta ohjelmoidun ohjelman haku levytyökeskukselle. Tuotteessa on yksi osa, joka valmistetaan levytyökeskuksella. Työ jatkuu keräämällä levytyökeskukselle tarvittavat materiaalit levyinä ja työkalut. Työkalujen asentamisen jälkeen suoritetaan koeajo. Koekappaleet mitataan oikeiden mittojen varmistamiseksi, ja mahdollisten säätöjen jälkeen käynnistetään automaattinen levytyökeskus.

Rinnakkaisesti levytyökeskuksen työvaiheen aikana sahataan ja hiotaan akseli pyörille. Ennen varsinaista sahausta suoritetaan yksi koesahaus ja aihion mittaus.

Levytyökeskukselta lävistetyt levyt kerätään, ja osat irrotetaan levystä ravistelemalla. Yksittäiset osat kerätään lavoille ja siirretään särmäyskoneelle.

Särmäysvaiheeseen valmistaudutaan hakemalla särmäysohjelma ja -ohje, työkalut ja materiaali paikalle valmiiksi. Koekappaleen särmäämisen ja mittatarkistuksen jälkeen suoritetaan särmäys kaikille osille. Särmäysohje on laadittu huolellisesti, ja pelkästään sen perusteella osaava särmääjä pystyy suoriutumaan särmäysvaiheista. Ohjeessa on listattu särmäysjärjestys, työkalut sekä takavasteiden asennot ja etäisyydet.

Rinnakkain kulkeneet kaksi osaa liitetään hitsaamalla seuraavassa vaiheessa. Hitsauksessa käytetään hyväksi hitsauskiinnintä eli jigiiä. Ennen varsinaista hitsausta säädetään hitsauskone ja suoritetaan koehitsaus.

Hitsauksen jälkeen osat kuljetetaan maalaamoon. Tuotteen ripustetaan maalauslinjan kuljettimelle, ja niiden kierrettyä koko maalausprosessin läpi ne poimitaan pois kuljettimelta, pakataan, tarkastetaan ja lähetetään asiakkaalle.

### **Asetukset**

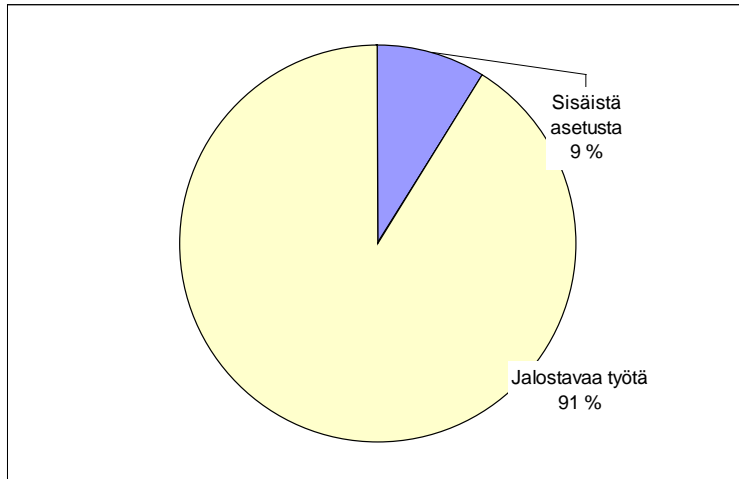
Tuotteen vuosittainen valmistusmäärä on 5 680 kappaletta. Tällä kertaa tuotteita tehtiin 200 kappaleen erä. Kun eräkoko on 200 tuotetta, valmistetaan 28 erää vuodessa eli yksi erä noin joka toinen viikko.

Päätyövaiheita on yhteensä 13. Kaikkiaan toimenpiteitä kirjattiin 91 kappaletta. Kuvasa 25 esitetään käytetyn ajan jakautuminen jalostavaan työhön ja asetuksiin.

Asetusajat jakautuivat eri luokkiin taulukon 20 mukaisesti.

*Taulukko 20. Tuotteen 6 asetusten jakautuminen SMED-luokkiin.*

| Luokka 1 | Luokka 2 | Luokka 3 | Luokka 4 |
|----------|----------|----------|----------|
| 63,5 %   | 18,7 %   | 1,7 %    | 16,1 %   |



Kuva 25. Tuotteen 6 sisäiset ja ulkoiset asetukset sekä jalostava työ.

### **Kehitysmahdollisuudet**

Konstruktioon ollaan valmistajalla erittäin tyytyväisiä. Suuria parannuksia asetuksiin on vaikea löytää edes konstruktiota kehittämällä. Kehitysyhteistyön vaikutusten tulisi olla selvästi nähtävissä.

Tutkimuksessa ei löytynyt keinoja kehittää asetuksia valmistavassa tehtaassa. Valmistajan näkemyksen mukaan nyt käytössä ovat parhaat valmistusmenetelmät ja -prosessit eikä kehitysvaihtoehtoja juurikaan ole.

Yritykset tekevät jatkuvaa yhteistyötä uusien tuotteiden kehittämiseksi. Tutkimuksen muihin yrityspareihin verrattuna yhteistyön määrässä ja laadussa ei juuri löydy kehittämisen varaa.

### **Yhteenveto tuotteesta 6**

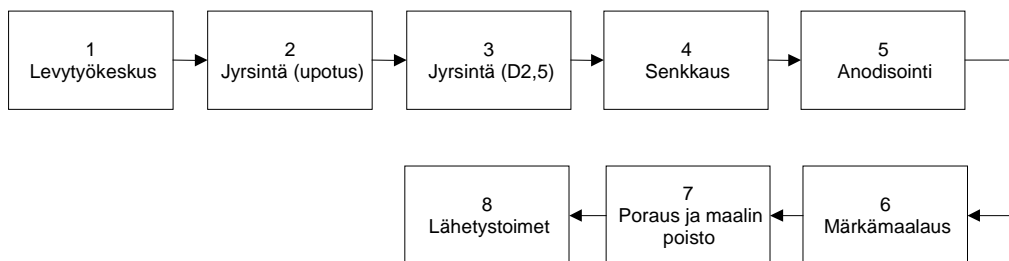
Asetusajat ovat pienet verrattuna jalostavan työn vaatimaan aikaan. Tämä on saavutettu yhteistyössä valmistajan ja tilaajan suunnittelijoiden kanssa. Tuotteita on kehitetty yhdessä alusta alkaen ja valmistettavuuteen on panostettu paljon. Tuotteet on suunniteltu valmistettavaksi juuri kyseisen alihankkijan toimesta. Avoimen yhteistyön merkitystä ei voi liikaa korostaa.

### 3.1.7 Tuote 7

Tuote 7 on lääketieteellisen tekniikan laitteen komponentti. Kappaleen päämitat ovat noin 150 x 150 x 2. Valmistusmateriaali on alumiini. Osa liittyy lääketieteelliseen tekniikkaan, ja sitä koskevat tiukat viranomaismääräykset ja tarkastukset.

#### Valmistusprosessi

Tuotteen 7 valmistusprosessissa on kahdeksan vaihetta. Työvaiheet esitetään kuvassa 26.



Kuva 26. Tuotteen 7 valmistusvaiheet.

Valmistus alkaa levytyökeskuksen valmistelulla. Koneeseen tehdään työkaluasetus; NC-ohjelma haetaan kirjastosta ja siirretään koneelle. Materiaali haetaan hyllystä. Lävistyksen jälkeen valmiit levyt siirretään lavalle ja lava siirretään jyrsintävaiheeseen.

Jyrsintä aloitetaan purkamalla edellinen asetus ja puhdistamalla kone. Piirustuksen lukemisen jälkeen haetaan työkalut, varusteet ja NC-ohjelma. Terän kiinnityksen jälkeen koneeseen asetetaan 0-piste ja suoritetaan koekäyttö ilmassa. Ohjelman tarkistamisen ja säädön jälkeen suoritetaan itse koneistus. Jyrsintä tapahtuu yhdellä tapilla ( $R = 2,5$  mm). Työvaiheeseen kuuluu vielä työkalujen palauttaminen ja työpisteen siivous ja järjestely.

Seuraavaksi senkataan manuaalikoneella muutama reikä. Ennen varsinaista senkkausta noudetaan materiaali, työkalut ja työohjeet sekä piirustus. Terän kiinnittämisen jälkeen suoritetaan koeajo, ja työvaiheen lopuksi siivotaan kone ja ympäristö sekä täytetään sarjakortti.

Pinnan anodisointi eli ensimmäinen vaihe pintakäsittelystä teetetään pintakäsittelyyn erikoistuneessa yrityksessä. Tapahtumina kirjattiin muistiin vain lähetysvalmistelut ja vastaanotto.

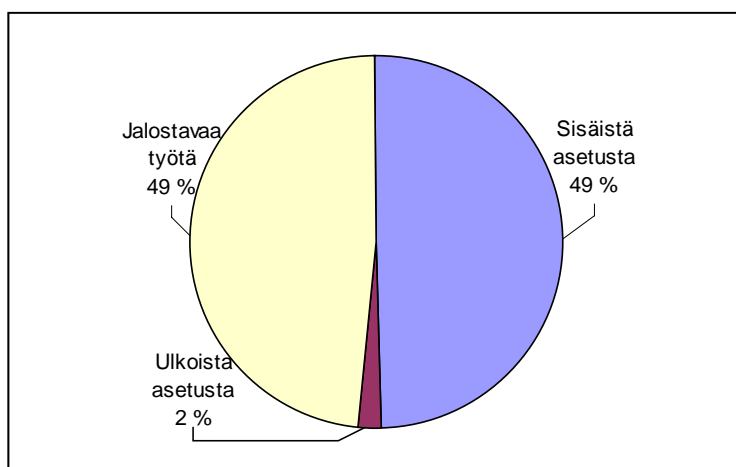
Märkämaalaukset suoritetaan omassa maalaamossa ruiskulaitteistolla. Vaihetta edeltävät maalin valmistus, ruiskun täyttö ja maalauspaikan järjestely. Lopuksi vielä ruisku pestään ja maalauspaikka siivotaan.

Koska kappaleella on määrättyjä vaatimuksia sähkönjohtavuuden suhteen, joudutaan maalia poistamaan poraamalla. Poraaminen tapahtuu manuaalikoneilla, ja työvaiheen jälkeen sarja kuitataan valmistuneeksi. Kuittauksen jälkeen joudutaan kappaleita vielä siistimään kaavareilla, mikä aiheuttaa katkoksen normaaliin valmistusprosessiin. Purseiden siistimisen jälkeen työpiste siivotaan ja tuotteet lähetetään asiakkaalle.

### Asetukset

Tuotteen vuosittainen valmistusmäärä on noin 500 kappaletta. Tällä kertaa tehtiin 50 kappaleen erä. 500 yksikön vuosituotannolla ja 50 kappaleen eräkoolla erä tulee kymmenen vuosittain.

Päätyövaiheita on kahdeksan. Yksittäisiä toimenpiteitä kirjattiin yhteensä 82. Käytetty aika jakautuu jalostaviin vaiheisiin ja asetuksiin kuvan 27 mukaisesti.



Kuva 27. Tuotteen 7 sisäiset ja ulkoiset asetukset sekä jalostava työ.

Taulukossa 21 on esitetty asetusten jakautuminen eri SMED-luokkiin.

Taulukko 21. Tuotteen 7 asetusten jakautuminen SMED-luokkiin.

| Luokka 1 | Luokka 2 | Luokka 3 | Luokka 4 |
|----------|----------|----------|----------|
| 39,6 %   | 24,6 %   | 19,0 %   | 16,7 %   |



## Kehitysmahdollisuudet

Taulukoissa 22–24 esitetään tutkimuksessa havaittuja ongelmia sekä keskusteluissa löydettyjä korjauskeinoja ja kehitysvaihtoehtoja.

*Taulukko 22. Tuotteen 7 konstruktion liittyvät ongelmat ja mahdollisuudet.*

| Ongelmat   | Kehitysvaihtoehdot  |
|--|---|
| Jyrsintävaihe vei paljon aikaa valmistelujen osalta. Yrityksestä puuttavat prosessit koneistukselle. | Konstruktion muuttaminen siten, että upotus voitaisiin tehdä esim. levytyökeskuksella.  |
| Maalipinta joudutaan poraamaan au-ki sähkönjohtavuuden vuoksi.                                       | Sähköä johtavan maalin käyttö vähentäisi yhden työvaiheen pois.   |
| Toleranssit ovat varsin tiukkoja, ja osaa ei pystytä mittaamaan tavallisilla mittavälineillä.        | Tiukoilla toleransseilla suunnittelijat varmistavat, että heitä ei voi syyttää ei-toimivasta laitteesta. Yhteistyön avulla kuitenkin voidaan selvittää alihankkijan menetelmien kyky tuottaa tarkkoja osia. |

*Taulukko 23. Tuotteen 7 valmistusmenetelmiin ja -prosesseihin liittyvät ongelmat ja kehitysvaihtoehdot.*

| Ongelmat   | Kehitysvaihtoehdot  |
|--|---|
| Jyrsintävaihe vei paljon aikaa valmistelujen osalta. Yrityksestä puuttuu prosessit koneistukselle.                   | Upotuksen tekeminen levytyökeskuksella vähentäisi vaiheita ja niihin kuluva valmistusaikaa. Konehankintaa tuskin tehdään, koska jyrsintä ei ole ominaista aluetta alihankkijalle.                                 |
| Päähankkijalla käytössä protopaja. Tuotteet siirretään protopajasta tehtaaseen ilman valmistusteknistä suunnittelua. | Suunnittelu yhdessä alihankkijan kanssa. Protovaiheen jälkeen uusi suunnittelukierros valmistusystävällisyyden kehittämiseksi. Protopajan roolina voisi olla tuotteen siirtäminen alihankkijalle sarjatuotantoon. |
| Päähankkijalla myynti, suunnittelu ja valmistus eivät kommunikoi riittävästi keskenään.                              | Tuotekehitysohjeistukseen prosessi kaikkien osapuolien kuulemiseksi.  |

Lääketieteellisen tekniikan erityisvaatimusten vuoksi konstruktio muutokset ovat erittäin raskaita prosesseja tarkastuksineen ja hyväksyntöineen. Suunnittelijat eivät ole mielellään ryhtyneet muutoksiin.

Monesti lääketieteellisen tekniikan alalla toimivissa yrityksissä on laskettu, että vaikka tuote itsessään kehitystyön jälkeen olisi ilmainen, muutos ei kannattaisi.

*Taulukko 24. Yhteistyöhön liittyvät ongelmat ja kehitysvaihtoehdot (tuote 7).*

| <b>Ongelmat</b>  | <b>Kehitysvaihtoehdot</b>   |
|--|---|
| Päähankkijan tuotekehitys on ominaisuuskeskeistä. Yrityksen kulttuuriin ei ole kuulunut valmistuksen huomioon ottamista riittävästi. | Yhteistyön lisäämien alihankkijan ja päähankkijan välillä.                |
| Päähankkijalla ei tavallisesti ole ollut valmistusteknistä suunnittelua.   | Suunnittelijat alihankkijan luokse tutustumaan valmistukseen.             |
| Viranomais määräysten vuoksi tuotteiden muuttaminen hyväksynnän jälkeen erittäin kallista.   | Tuotteen valmistustekninen suunnittelu yhdessä ennen hyväksyntäprosessia. |

### **Yhteenveto tuotteesta 7**

Kappale on osa lääketieteellistä tekniikkaa edustavaa mekaanista laitetta. Lääketieteellistä tekniikkaa sitovat tarkat viranomais määräykset erityisesti Yhdysvaltojen markkina-alueella, jonne päähankkija vie tuotteitaan. Muutokset hyväksytyihin tuotteisiin ja järjestelmiin ovat erittäin kalliita ja vaivalloisia, koska pienimpienkin muutosten jälkeen tuotteen on käytävä läpi hyväksynnät ja testit. Kehityshankkeet asetuskustannusten pienentämiseksi painottuvat tuleviin tuotteisiin kalliin hyväksyntäprosessin vuoksi. Yhteistyö yritysten välillä on vasta hiljattain alkanut, ja nyt odotellaan tiettyä vakiintumista ja tilanteen stabiloitumista.

## **3.2 Asetustutkimuksen yhteenveto**

Taulukoissa 25 ja 26 esitetään yhteenveto tutkittujen tuotteiden valmistuksen asetusajoista. Ensimmäisen numerosarakkeen luvut on saatu siten, että kaikki jalostus- ja asetusajat on laskettu yhteen, josta on saatu kokonaisvalmistusaika. Eri luokkien yhteenlaskettuja aikoja on sitten verrattu tähän kokonaisaikaan. Toisessa sarakkeessa on laskettu eri tapausten prosentiosuuksien keskiarvoja.

Taulukko 25. Ulkoisten ja sisäisten asetusten osuudet.

|                 | Osuus yhteenlasketuista valmistusajoista | Suhteellisten osuuksien keskiarvo |
|-----------------|--|-----------------------------------|
| Sisäinen asetus | 22,7 %                                   | 25,8 %                            |
| Ulkoinen asetus | 0,6 %                                    | 1,6 %                             |
| Jalostava työ   | 76,7 %                                   | 72,6 %                            |

Taulukko 26. Asetusten jakautuminen eri luokkiin.

| SMED-luokka <sup>1</sup> | Osuus yhteenlasketuista valmistusajoista | Suhteellisten osuuksien keskiarvo |
|--------------------------|--|-----------------------------------|
| Luokka 1                 | 24,8 %                                   | 30,9 %                            |
| Luokka 2                 | 57,6 %                                   | 45,2 %                            |
| Luokka 3                 | 6,6 %                                    | 7,4 %                             |
| Luokka 4                 | 11,0 %                                   | 16,5 %                            |

Havaitaan, että sisäisten asetusten osuus on suuri, noin neljännes kaikesta valmistusajasta ja peräti 94–97 % kaikista asetusajoista laskentatavasta riippuen. Tästä voidaan päätellä, että tehtaalla on konstruktioista riippumattomia kehittämismahdollisuuksia, joihin tosin ei tämän tutkimuksen puitteissa ollut mahdollisuuksia syventyä.

SMED-luokkien osalta aikajakauma viittaa siihen, että työpisteiden rationaalisella järjestämisellä voidaan säästää asetusajoja (luokka 1). Neljännes asetusajoista kuluu työpisteen valmisteluun, mikä ei tavallisesti riipu konstruktioista.

Suurin kehittämispotentiaali on luokassa 2. Voisi olettaa, että myös osaa näistä asetuksista voidaan lyhentää konstruktioista riippumatta, koska luokan 2 asetuksiin kuuluvat mm. työkalujen ja terien asennus ja irrotus sekä NC-ohjelmien haku ja palautus. Joissakin tapauksissa tarvitaan konstruktioita muutoksia tuotteisiin, jotta esim. osien kiinnitykset ja irrotukset nopeutuisivat.

<sup>1</sup> Luokka 1: työpisteen valmistelut, materiaalin haku ja palautus, materiaalin tarkistus, terien, työkalujen ja mittavälineiden nouto ja palautus.

Luokka 2: työkalujen, terien, osien jne. asennus ja irrotus, työkappaleiden kiinnitys ja irrotus, NC-ohjelmien haku ja palautus kirjastosta.

Luokka 3: nollapisteet, mittaukset, kalibroinnit, keskitykset ja paineet.

Luokka 4: koeajot ja säädöt.

Luokkiin 3 ja 4 on käytetty suhteellisen vähän aikaa, vaikka Shingon mukaan luokka 4 on yleensä ongelmallisempi.

Kehittämispalavereissa alihankkijoiden kanssa ei juurikaan löydetty konstruktiosta riippumattomia kehittämismahdollisuuksia. Tulosten mukaan kuitenkin näyttää siltä, että mahdollisuuksia olisi, erityisesti luokan 1 kohdalla, jossa kysymys on työpisteen järjestelystä. Luokan 2 suuri osuus viittaa siihen, että kiinnitinjärjestelmissä on ongelmia.

Lisäksi sisäisten asetusten suuri osuus antaa aihetta pohdintoihin. Investointiproblematiikkaa selvitettyä ilmeni hyvin selkeästi, että alihankkijat pyrkivät yleiskoneiden käyttöön. Sisäisten asetusten suuri osuus voi viitata siihen, että tuotekohtaisia kiinnitin- ja muita työvälitejärjestelmiä ei juurikaan kehitetä vaan pyritään pärjäämään yleisillä ratkaisulla.

Asetusten kehittäminen on (myös) päähankkijoiden kannalta kiinnostava ongelma. Hankintatoimelle on usein annettu jatkuvia kustannussäästöavoitteita. Koska materiaalikustannusten osuus tuotteen hinnasta on useimmiten pieni, on ajankäyttö melko suorassa suhteessa hintaan. Päähankkijan kannattaa lisätä yhteistyötä asetusten vähentämiseksi, jolloin hintasäästöavoitteisiin voidaan päästä asiallisella tavalla.

Asetuskustannusten vähentämisellä on vipuvaikutuksensa myös muihin välillisiin kustannuksiin ja ohjattavuuteen. Kun asetuskustannukset ovat korkeita, ovat taloudelliset valmistuseräkoot vastaavasti suuria. Tällöin esimerkiksi tuplavarastoinnista luopuminen voi olla hankalaa tai jopa kannattamatonta eikä välillisiä kustannuksia pystytä olennaisesti karsimaan (luku 4). Pitkien asetusaikojen ja suurten valmistuseräkokojen vuoksi läpimenoajat ovat pitkiä ja pääoman kierto hidasta, mikä heikentää ohjattavuutta.

Tutkijoiden kannalta tulokset antavat aihetta jatkotutkimuksille, jotka voisivat keskittyä asetusproblematiikan syvemmän ymmärryksen lisäämiseen ja mahdollisesti uusien ratkaisumallien kehittämiseen.

Asetusaikojen lyhentäminen vaikuttaa olennaiselta alihankintaprosessien kehittämistavalla. Asetukset liittyvät kiinteästi seuraavissa luvuissa käsiteltäviin asioihin, tuplavarastointiin ja välillisiin kustannuksiin, valmistuksen ja suunnittelun yhteistyöhön sekä investointikysymyksiin.

## 4. Kaksoisvarastoproblematiikka

Tämä luku perustuu tutkimusraporttiin *Alihankintayhteistyön kustannusmallitarkastelu* (Pötry 2002).

### 4.1 Johdanto

Toistuvassa erätuotannossa on valmistusalihankintayhteistyölle tyypillistä se, että samoja nimikkeitä varastoidaan sekä pää- että alihankkijalla. Samalla tilaus-toimitusprosessin eli yritysten välisen materiaali- ja tietovirran hallinta on varsin raskasta ja siihen liittyy paljon välillisiä tapahtumia. Tällöin välilliset kustannukset ovat suuria ja kiertonopeudet pieniä.

Partnet-projektissa selvitettiin kahden toistuvia mekaniikkaosia tuottavan ja käyttävän pää- ja alihankkijaparin tilaus-toimitusprosessin välillisiä kustannuksia. Välillisiin kustannuksiin kuuluivat alihankkijan asetuskustannukset sekä tapahtuma- ja varastokustannukset kummassakin päässä. Kahdeksan tutkitun nimikkeen tyypilliset välilliset kustannukset suhteessa nimikkeiden osto- tai myyntihintaan olivat taulukon 27 mukaisia.

*Taulukko 27. Toistuvien mekaniikkaosien välillisiä kustannuksia suhteessa päähankkijan ostovolyyymiin (Häkkinen et al. 2000, s. 70).*

|                          |                |
|--------------------------|----------------|
| Asetuskustannukset:      | 5–12 %         |
| Tapahtumakustannukset:   | 23–30 %        |
| Varastointikustannukset: | 5–10 %         |
| <b>Yhteensä:</b>         | <b>33–52 %</b> |

Vaikka varastointikustannuksen osuus kaikista välillisistä kustannuksista on pienehkö, varastojen kierto oli hidasta, ts. varastotasot ovat korkeita verrattuna nimikkeiden kulu-  
tukseen.

Mikäli kahdesta peräkkäisestä varastosta toinen poistettaisiin, ohjattavuus oletettavasti paranisi<sup>2</sup> ja välilliset kustannukset pienenisivät<sup>3</sup>. Ohjaus- ja kustannusmielessä näyttää siten järkevältä eliminoida toinen varasto. Tilannetta hankaloittavat muun muassa ali-

---

<sup>2</sup> Positiivinen tai vähintään neutraali vaikutus läpäisy aikaan, pääoman kiertonopeuteen ja toimitusaikaan.

<sup>3</sup> Välillisiä tapahtumia olisi tällöin vähemmän, myös varastojen kierto tavallisesti nopeutuisi.

hankkijan pitkistä asetusajoista johtuvat suuret valmistuseräkoot sekä alihankintayhteistyölle melko tyypilliset noin yhden vuoden sopimukset. Kun valmistuserät ovat suuria, tarvitaan paljon varastotilaa ja enemmän hallintatyötä. Jos sopimuskausi ei ole vuotta pidempi, ei alihankkija uskalla investoida tai vapauttaa henkilöresursseja, mikä olisi alihankintaprosessin kehittämisessä välttämätöntä. Lisäksi tuotteiden ominaisuudet vaikuttavat sekä varastointiin että tilaus-toimitusprosessiin yleisemmin.

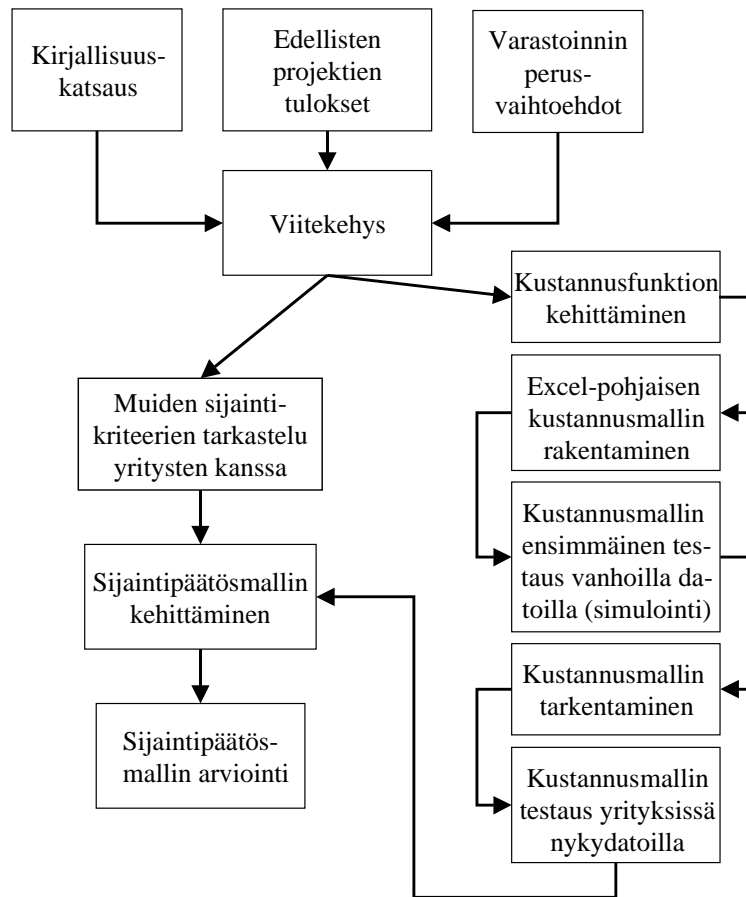
Kun toinen varastoista eliminoidaan, mihin jäljelle jäävä tulisi sijoittaa? Kysymykseen ei ole selvää vastausta. Eri lähteet puhuvat erilaisten ratkaisujen puolesta. Varastojen sijoittamista nimenomaan alihankinnassa on ilmeisesti tutkittu varsin vähän: löytämämme kirjallisuus ja lehtiartikkelit sivusivat aihetta usein, mutta missään ongelmaan ei keskitytty. Alihankinnan erityispiirteitä on huomioitu harvoin.

#### **4.1.1 Tutkimusongelma, tavoite ja rajaukset**

Tutkimusongelmana on tuplavarastointi alihankintayhteistyössä. Onko tapauksia, joissa tuplavarastointi on perusteltua? Jos tuplavarastoinnista luovutaan, mihin varasto tulisi sijoittaa? Tutkimuksen tavoitteena on kehittää varastojen sijaintipäätös menetelmä, joka perustuu välillisiä kustannuksia kuvaavaan kustannusmalliin sekä toisaalta varastoratkaisua rajoittaviin ja ohjaaviin muihin tekijöihin.

Tässä tutkimuksessa pyrittiin ottamaan kantaa varastojen sijaintiin, mutta ei siihen, kuka varaston omistaa ja miten sitä ohjataan. Myöskään hinnoitteluun ja säästöjen tai kustannusten siirtojen jakamiseen yritysten välillä ei syvennytty.

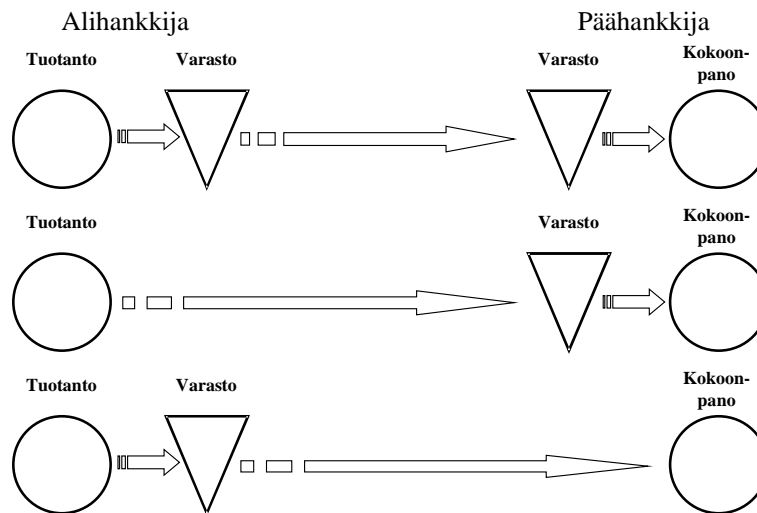
Tutkimuksen päävaiheet olivat kirjallisuustutkimus, viitekehyksen muodostaminen, kustannusmallin kehittäminen ja testaaminen sekä päätösmallin luominen ja arvioiminen (kuva 28). Tutkimusmenetelmä on kuvattu tarkemmin tutkimusraportissa *Alihankintayhteistyön kustannusmallitarkastelu* (Pötry 2002).



Kuva 28. Tutkimusprosessin kuvaus.

#### 4.1.2 Tutkittavat vaihtoehdot

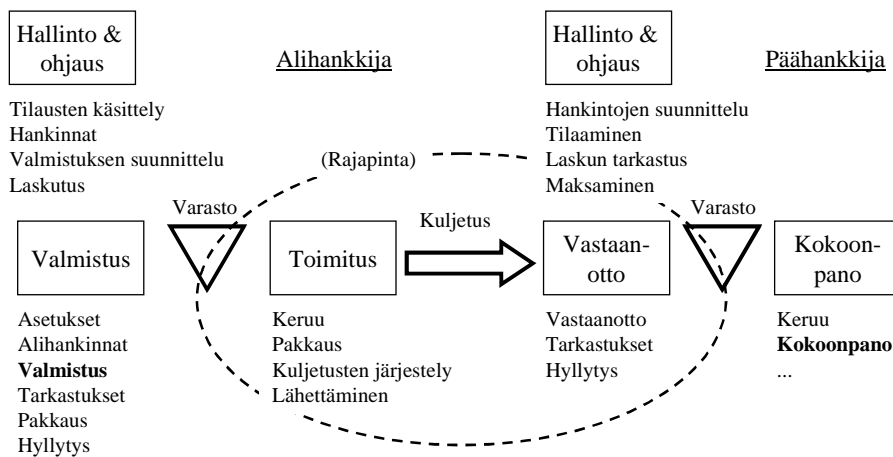
Tapausyrityksissä alihankkija valmistaa ja useimmissa tapauksissa varastoi päähankkijan piirustusten mukaisia, vakiintuneita, toistuvasti valmistettavia mekaniikkaosia. Niukkeiden elinkaarten pituudet ovat useita vuosia. Sopimukset ovat vaihtelevia. Tutkimuksessa vertaillaan kolmea eri varastointivaihtoehtoa (kuva 29): tuplavarastoa sekä tapauksia, joissa toinen varastoista on eliminoitu. Vaihtoehtoja on todellisuudessa muitakin. Tässä tutkimuksessa käsitellään kuitenkin vain kuvan 29 vaihtoehtoja, koska ne ovat osallistujayritysten kannalta relevantteimmat.



Kuva 29. Tutkittavat vaihtoehdot.

## 4.2 Tutkimuksen viitekehys

Varastointi on tietenkin vain osa kahden yrityksen välistä alihankintaprosessia. Kuvaan 30 on hahmoteltu alihankinnan tilaus-toimitusprosessin päävaiheita ja näihin liittyviä tapahtumia. Yritysten välisessä rajapinnassa tapahtuvat toimitukset, kuljetukset ja vastaanotot voivat olla pää- tai alihankkijan tai kolmannen osapuolen vastuulla. Vaiheisiin liittyvät tapahtumat ja tapahtumien kesto-aika sekä varastojen lukumäärä (0–2) vaihtelevat eri yrityspareilla.



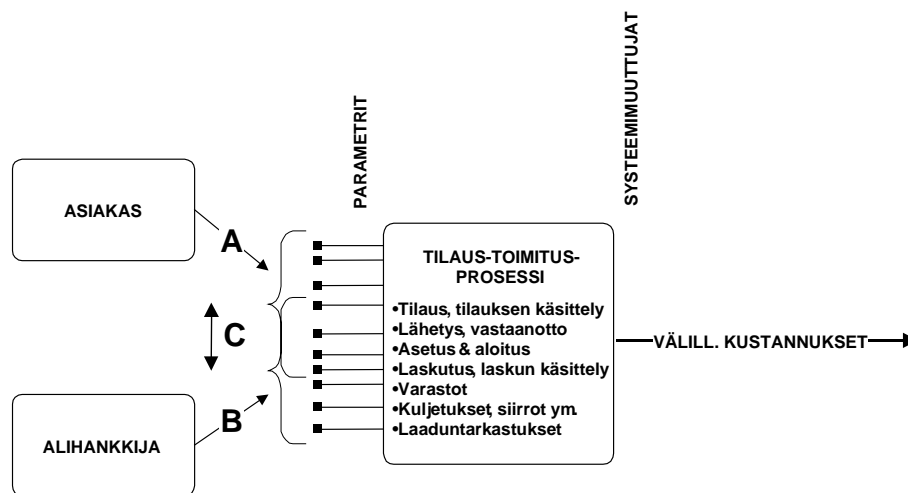
Kuva 30. Tilaus-toimitusprosessi.



Kuvan 30 tapahtumista vain valmistus ja kokoonpano ovat arvoa tuottavia. Kaikki muut ovat arvoa tuottamattomia, välillisiä. Välillisiä tapahtumia voi vähentää valmistamalla, toimittamalla ja kokoamalla suurempia eriä kerrallaan, mutta tällöin varastotasot kasvavat. Alihankinnan välilliset kustannukset ovat tapahtuma- ja varastokustannusten summa, ei-jalostavan työn ja pääomien kustannukset, jotka tulisi pitää mahdollisimman pieninä. Välilliset kustannukset riippuvat siis sekä varastoratkaisusta että tilaus-toimitusprosessista, jotka taas riippuvat toisistaan.

Varastoinnin syyt ja tavoitteet voivat olla ali- ja päähankkijalla erilaisia. Alihankkijan tavoitteet riippuvat osittain päähankkijan vaatimuksista ja tehdyistä sopimuksista: mikä on vaadittu toimitusaika, kuinka suuriin hankintamääriin päähankkija on sitoutunut, onko alihankkijan varauduttavat päähankkijan markkinointikampanjoihin jne. Yhteistä kummankin varaston tavoitteille on erityisesti korkea palvelutasotavoite. Puutteita ei tavallisesti voida hyväksyä, sillä ne vaikuttavat (lähes) välittömästi päähankkijan tuotantoon tai kokoonpanoon.

Kuvaan 31 on havainnollistettu tämän tutkimuksen viitekehys: tilaus-toimitusprosessi sekä tässä tarkastelussa tärkein systeemimuuttuja, välilliset kustannukset.



Kuva 31. Tutkimuksen viitekehys.

**Päähankkijasta riippuvia parametrejä A** ovat kaikki ne tilaus-toimitusprosessiin vaikuttavat tekijät, joista tavallisesti päähankkija päättää tai jotka riippuvat muuten päähankkijasta. Parametrit A voidaan jakaa tuotteesta, päähankkijan tuotantjärjestelmästä, päähankkijan markkinoista sekä valinnoista riippuviin tekijöihin.

Tuotteesta riippuvia tekijöitä ovat nimikkeen arvo, nimikkeen ulkomitat, tilavuus, paino ym. mitat, nimikkeen säilyvyys ja epäkuranttiusriski sekä nimikkeen muut riskiominaisuudet. Lisäksi tuotekonstruktiio vaikuttaa mm. valmistuseräkokoihin, jotka taas vaikuttavat varastoratkaisuihin.

Päähankkijan tuotannon ja hankinnan järjestelyistä riippuu mm. se, tarvitseeko päähankkija nimikettä yhdessä vai useammassa toimipisteessä, miten tuotantolaitokset on maantieteellisesti sijoiteltu, mikä on alihankkijoiden lukumäärä, mikä on nimikemäärä, onko tietyllä nimikkeellä yksi vai useampia valmistajia, miten ja mitä kysyntätietoa alihankkijoille jaetaan, minkälaisia ovat hankintaeräkoot jne.

Lopputuotteiden kysynnän volyymi, luonne ja vaihtelu riippuvat päähankkijan asiakkaista, siis markkinoista, jonne päähankkija tuotteensa myy. Alihankkijoilta vaadittu palvelutaso, kuten toimitusaika, voi riippua sekä markkinoista että päähankkijan muista valinnoista. Sekä markkinoista että päähankkijasta riippuu myös tarkkuus, jolla kysyntää ennustetaan.

Lisäksi yritysten väliseen yhteistyöhön ja samalla varastoratkaisuun vaikuttavat päähankkijan muut valinnat, kuten alihankkijoiden kanssa solmittavien sopimusten pituus, johdon sekä omistajien periaatteelliset, poliittiset ja strategiset ratkaisut sekä päähankkijalla käytetty liiketoiminnan mittaristo.

**Alihankkijasta riippuvia parametrejä B** ovat kaikki ne tekijät, jotka ovat alihankkijan päätettävissä tai riippuvat muuten alihankkijasta. Tekijät voidaan jakaa tuotantoprosessista ja valinnoista riippuviin.

Tuotantoprosessista riippuvia tekijöitä ovat tuotantoprosessien luonne yleisesti, tuotannon layout, käytettävä laitteisto jne. Tuotannon läpimenoajat ja valmistuseräkoot riippuvat sekä tuotantoprosessista että muista valinnoista.

Alihankkijan valinnoista riippuvat mahdollinen pyrkimys tuotannon tasaamiseen, kuljetus- ym. kustannusten pienentäminen ja kysyntätiedon käyttötapa. Lisäksi alihankkija valitsee oman tuotannonohjaustapansa ja ohjaukseen käytettävissä olevat resurssit, muiden asiakkaiden ja näille valmistettavien nimikkeiden määrän ja niin edelleen. Alihankkijan johto ja omistajat tekevät periaatteellisia, poliittisia ja strategisia valintoja ja valitsevat toimintaa ohjaavan liiketoiminnan mittariston.

**Parametrejä C** ovat kaikki ne tekijät, jotka riippuvat molemmista osapuolista.

Yritysten välisen yhteistyön ja luottamuksen ”taso” on merkittävä tekijä, joka riippuu kummastakin osapuolesta. Muiden toimittajien, asiakkaiden ja rinnakkaisten toimijoiden olemassaolo ja vaikutus alihankintayhteistyön kokonaisuuteen riippuu kummankin yrityksen tekemistä valinnoista. Yritysten valitsevat ohjaustavat riippuvat jossakin määrin keskinäisvaikutuksista.

Lisäksi varastointiin voi liittyä varastotoimintoja, kuten tarkastuksia, yhdistelyjä eli se-  
titystä, osakokoonpanojen tekemistä jne. Näitä toimintoja voi olla kummalla tahansa  
osapuolella, joka nimikkeitä varastoi. Logistisen verkoston rakenne riippuu molemmista  
osapuolista, samoin tilauskäytännöt eri suuntiin.

Taulukossa 28 jaotellaan varastointiin vaikuttavia tekijöitä päähankkijasta (A), alihank-  
kijasta (B) ja molemmista yrityksistä (C) riippuviin tekijöihin.

*Taulukko 28. Varastoratkaisua rajoittavia tai ohjaavia tekijöitä.*

| <b>Päähankkijasta riippuvat tekijät (A)</b>                             | <b>Alihankkijasta riippuvat tekijät (B)</b>                     | <b>Molemmista yrityksistä riippuvat tekijät (C)</b>   |
|---|---|---|
| Alihankittavan nimikkeen arvo   | Tuotannon tasaamisen tarve, ym. kustannusten pienentäminen      | Yritysten välisen yhteistyön ja luottamuksen ”taso”   |
| Nimikkeen ulkomitat, tilavuus, paino                                    | Valmistuksen läpimenoajat                                       | Liiketoiminnan mittaristot  |
| Nimikkeen säilyvyys, epäkuranttiusriski ja muut riskiominaisuudet       | Valmistuseräkoot  | Muiden toimittajien, asiakkaiden ja rinnakkaisten toimijoiden vaikutus                            |
| Ennustetarkkuus   | Käytettävissä olevat ohjausresurssit                            | Käytettävissä olevat ohjaustavat  |
| Vaaditut toimitusajat   | Käytettävän kysyntätiedon käyttötapa                            | Logistisen verkoston rakenne  |
| Tarvitseeko päähankkija nimikettä yhdessä vai useammassa toimipisteessä | Tuotantoprosessien luonne, laitteisto, layout jne.              | Tilauskäytännöt eri suuntiin  |
| Käytettävän kysyntätiedon luonne, jakaminen ja käyttötapa               | Varastotoiminnot: tarkastukset, yhdistelyt, osakokoonpanot jne. | Molempien yritysten johdon sekä omistajien periaatteelliset, poliittiset ja strategiset ratkaisut |
| Tilauseräkoot   |   |   |

### 4.3 Kustannusmallin muodostaminen ja testaus

Kustannusmalli perustuu alihankinnan välillisiä kustannuksia kuvaavaan kustannus-  
funktioon, jossa alihankkijan välilliset kustannukset vuodessa ovat:

$$C_{ah} = D/q_1 * \sum C_{valm.koht} + D/q_2 * \sum C_{til.koht} + D * \sum C_{kpl.koht} + P_{ah} * (q_1/2 + SS_1), \quad (1)$$

$$C_{ah} = D/q_1 * \Sigma C_{valm.koht} + D/q_2 * \Sigma C_{til.koht (ah)} + D * \Sigma C_{kpl.koht(ah)} + P_{ahi} * (q_1/2 + SS_1) + A + B(q_1-L), q_1 > L \quad (2)$$

Päähankkijan välilliset kustannukset vuodessa ovat:

$$C_{ph} = D/q_2 * \Sigma C_{til.koht (ph)} + D/q_3 * \Sigma C_{kp.koht} + D * \Sigma C_{kpl.koht(ph)} + P_{phi} * (q_2/2 + SS_2) \quad (3)$$

Alihankintaprosessin välilliset kustannukset vuodessa ovat:

$$C_{kok} = C_{ah} + C_{ph} \quad (4)$$

joissa

$q_1$  on valmistuseräkoko (alihankkijalla)

$q_2$  tilaus- ja toimituseräkoko

$q_3$  kokoonpanon eräkoko (päähankkijalla)

$D$  vuosikulutus (kysyntä)

$P_{ah}$  nimikkeen arvo alihankkijan varastossa

$P_{ph}$  nimikkeen arvo päähankkijan varastossa

$i$  varastokustannusprosentti reaalitylukuna, esim. 0,2

$SS_1$  ja  $2$  varmuusvarastot ali- ja päähankkijalla

$L$  valmistuksen rajaeräkoko, jota ei voida kasvattaa ilman henkilö- tai konekapasiteetin kasvattamista

$A$  lisäkapasiteetin tarpeesta johtuvat kertakustannukset

$B$  lisäkapasiteetin tarpeesta johtuvat kappalekohtainen kustannukset

$C_{til.koht}$  on kuvan 30 hallintoon ja ohjaukseen sekä toimittamiseen ja vastaanottoon liittyvien välillisten tapahtumien kertakustannusten summa poislukien valmistuksen suunnittelu alihankkijalla.

$C_{valm.koht}$  on valmistukseen liittyvien välillisten tapahtumien sekä valmistuksen suunnittelun kertakustannusten summa alihankkijalla (kuva 30).

$C_{kp.koht}$  on kokoonpanoon liittyvien tapahtumien kertakustannukset päähankkijalla

$C_{\text{kpl-koht}}$  on eräkoosta riippuvat eli kappalekohtaiset tapahtumakustannukset<sup>4</sup>

Kustannusfunktioista, niiden käyttötavoista ja rajoituksista on kirjoitettu enemmän raportissa *Alihankintayhteistyön kustannusmallitarkastelu* (Pötry 2002).

Käytetyt **laskentaperusteet** olivat seuraavat:

- Tapahtuman kertakustannukset = tapahtuman kesto-aika \* henkilökustannukset / aikayksikkö
- Henkilötuntikustannukset sivu- ja yleiskuluineen = 34 €<sup>5</sup>
- $q_3$  = päähankkijan kokoonpanon keskimääräinen todellinen eräko (vakio)
- Varaston ylläpito- ja pääomakustannukset = 20 % nimikkeiden arvosta (vaihtelevat oppikirjoissa 15–30 %). Kertoimeen vaikuttavat korkotaso, epäkuranttiusriski, vakuutusten hinnat, tilan tarve jne.
- $P_{\text{ah}} = P_{\text{ph}} = P$  = nimikkeen arvonlisäveroton osto- ja myyntihinta lukuun ottamatta osakokoonpanoja, joilla  $P_{\text{ph}} = P$ , mutta  $P_{\text{ah}} = \text{osien arvo} < P$
- Kokoonpanoeräkohtaiset keruukustannukset päähankkijan varastosta = 0, jos varastot sijaitsevat kokoonpanosuissa
- Varmuusvarastot  $SS_1 = SS_2 = 0$ , ellei toisin mainita
- Kun varasto on pelkästään alihankkijalla, tilaus-toimituseräko = päähankkijan kokoonpanon eräko
- Kun varaston on pelkästään päähankkijalla, valmistuseräko = tilaus-toimituseräko.

Välillisten tapahtumien kestoajat on kysytty yritysten asiantuntijoilta tai mitattu joko edellisessä Partnet- tai nykyisessä Koneali-projektissa.

Saman nimikkeen varastojen arvottaminen pää- ja alihankkijalla osoittautui ongelmalliseksi. Päähankkijan varastossa nimikkeen arvo on yhtä kuin hankintahinta, mutta entä alihankkijalla? Laki elinkeinotulon verotuksesta sekä kirjanpitolaki lähtevät valmistuk-

---

<sup>4</sup> Asetus- ja muut vaiheajat eivät läheskään aina ole eräkoosta riippumattomia. Asetuksista esimerkiksi työkalujen haku, nc-ohjelman valinta, koneen siivous ajon jälkeen ja yleensä työvaiheen aloittamiseen tai lopettamiseen liittyvät asetukset kestävät lähes yhtä kauan riippumatta valmistuseräkoosta suuruudesta. Sen sijaan esimerkiksi osien kiinnitykseen ja irrottamiseen kuluva aika riippuu siitä, kuinka monta osaa on käsiteltävä, siis kuinka suuri eräko on. Sama pätee useisiin muihin välillisiin tapahtumiin, kuten hyllytykseen ja keruuseen, laaduntarkastukseen, pakkaamiseen jne.

<sup>5</sup> Keskimääräiset palkkakustannukset + henkilösivukustannukset (60 %) + suurin osa yleiskustannuksista. Yritysten asiantuntijat hyväksyivät kyseisen laskentaperusteen ja luku 34 € on yritysten edustajien valitsema. Eri tapahtumille todellisuudessa allokoituvien välillisten kustannusten selvittäminen vaatisi oman toimintolaskentaprojektin. Suuri osa tarkasteltavista välillisistä kustannuksista lasketaan yrityksissä välittömiksi (asetukset, laaduntarkastus, pakkaaminen, hyllytys, keruu, kuljetus jne.).

sen muuttuvista kustannuksista, joihin voi kuitenkin lisätä korko- ja kiinteitä kustannuksia, mikäli näiden osuus on ”olennainen”. Nimikkeen varastoarvon alaraja alihankkijalla on minimivalmistusarvo ja yläraja omakustannusarvo. Omakustannusarvo vastanee parhaiten nimikkeen todellista arvoa. Tässä tutkimuksessa valittiin alihankkijan varastoarvoksi arvonlisäveroton myyntihinta, koska se tunnetaan, on ymmärrettävä ja melko lähellä omakustannusarvoa. Nimikekohtaisia, todellisia omakustannusarvoja ei ollut mahdollista projektin aikana selvittää.

Kustannusfunktion muodostamisen jälkeen rakennettiin **Excel-pohjainen kustannusmalli**, johon on jaoteltu alihankinnan tilaus-toimitusprosessiin liittyviä välillisiä tapahtumia, joille syötetään kestoajat. Tämän jälkeen siirrytään varsinaiselle syöttölomakkeelle, jossa määritellään nimikkeen hinta, vuosikulutus, eräkoot, asetusajat sekä varaston sijaintiin liittyvää tietoa. Tulokseksi saadaan kustannusfunktion arvo annetuilla parametreilla eli syöttötietojen mukaan lasketut välilliset kustannukset. Lisäksi saadaan käyräparvi kustannusfunktion kuvaajista eri valmistus- ja toimituseräkokojen arvoilla. Kuvaajiin voi valita erilaisia arvoja erillisellä lomakkeella. Käyräparvikuvan lisäksi kustannukset voidaan esittää tasokuvana.

Toisessa käyräparvessa on kustannusfunktion kuvaajat yhden varaston tapauksille. Yhden varaston tapauksessa poistettuun varastoon liittyvien tapahtumien kustannukset jäävät kokonaan pois. Tapauksessa, jossa varasto on alihankkijalla, toimituseräkoko on päähankkijan kokoonpanon eräkokoko.

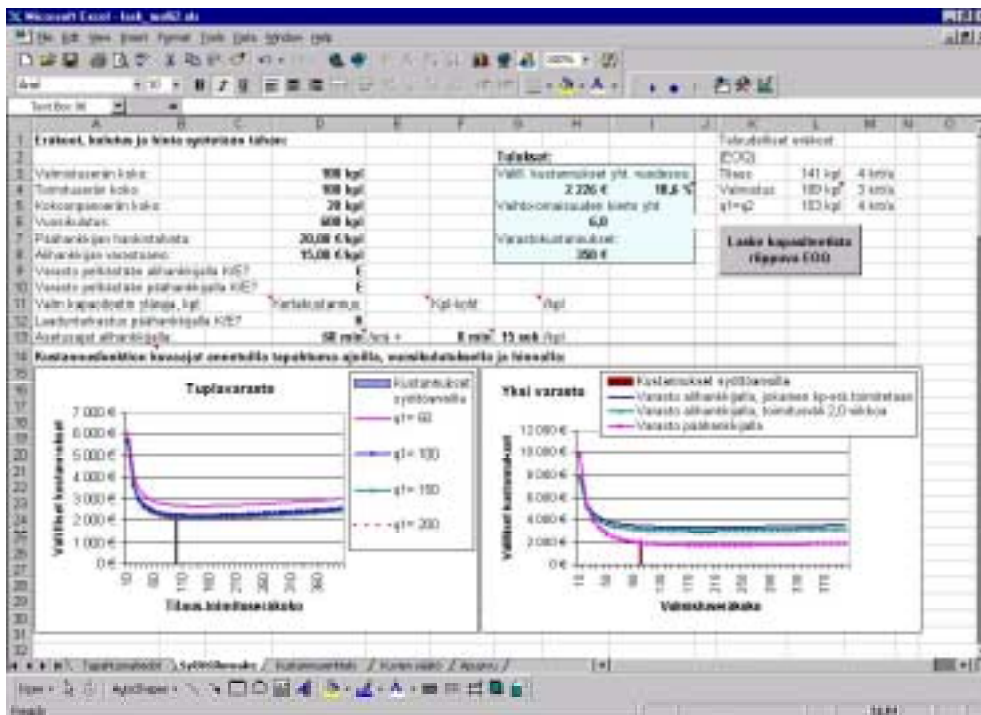
Kustannusmallin eri lomakkeet esitetään kuvissa 32–34.

Microsoft Excel - lask. malli.xls

Val: 10 | 34

| Syötä keskimääräinen tuotokustannus, tapahtumien kestot minuutissa sekä keskimääräinen kuljetuskustannus |                       |  |      |                |                        |
|--|-----------------------|--|------|----------------|------------------------|
| Tuotokustannus:  |                       | 34 €   |      | Erakoht. kanta | Kpl koht. kanta        |
| 5  | Lasku                 | Tapahtumat   |      |                |                        |
| 6  | 1 Pöyhäkkijä          | Hankintojen suunnittelu- ja ohjeus                   |      | 10,0 min       |                        |
| 7  | 1 Pöyhäkkijä          | Ostotilaukset  |      | 10,0 min       |                        |
| 8  |                       |  |      |                |                        |
| 9  | 2 Alihakkoja          | Ostotilauksen käsittely                              |      | 10,0 min       |                        |
| 10   | 2 Alihakkoja          | Tilaukskohtainen valmistuksen suunnittelu- ja ohjeus |      | 10,0 min       |                        |
| 11   |                       |  |      |                |                        |
| 12   | 3 Alihakkoja          | Valmistuslaadun valmistelu kartoitus                 |      | 30,0 min       |                        |
| 13   | 3 Alihakkoja          | Ostotapahtumat                                       |      | 0,0 min        |                        |
| 14   | 3 Alihakkoja          | Asetukset tehtäville yhteensä                        |      | 60 min         | 0 min/kpl + 15 sek/kpl |
| 15   | 3 Alihakkoja          | Alihakkoitapahtumat                                  |      | 10 min         | 0 min/kpl + 0 sek/kpl  |
| 16   | 3 Alihakkoja          | Alihakkoittain keskim. kpl kustannus / nimike / ers  | 1 €  |                | 0,10 € /kpl            |
| 17   | 3 Alihakkoja          | Sieto vastuun ja hyllytys                            |      | 10 min         | 0 min/kpl + 4 sek/kpl  |
| 18   | 4 Alihakkoja          | Varastointikustannusprosentti                        |      | 20 %           |                        |
| 19   | 3 Alihakkoja          | Laadintarkastus ja mittauspöytätyö                   |      | 40 min         | 0 min/kpl + 0 sek/kpl  |
| 20   | 3 Alihakkoja          | Pakkaaminen  |      | 5 min          | 0 min/kpl + 2 sek/kpl  |
| 21   | 2 Alihakkoja          | Keruu vastuun  |      | 5 min          | 0 min/kpl + 2 sek/kpl  |
| 22   | 2 Alihakkoja          | Kuljetusten järjestely                               |      | 10,0 min       |                        |
| 23   | 2 Pää- tai alihakkoja | Kuljetuskustannus / nimike / ers keskimäär.          | 10 € |                | 1,00 € /kpl            |
| 24   | 2 Alihakkoja          | Lasketus   |      | 10,0 min       |                        |
| 25   |                       |  |      |                |                        |
| 26   | 1 Pöyhäkkijä          | Tavaran vastaanotto                                  |      | 10 min         | 0 min/kpl + 4 sek/kpl  |
| 27   | 1 Pöyhäkkijä          | Laadintarkastus ja mittauspöytätyö                   |      | 5 min          | 0 min/kpl + 5 sek/kpl  |
| 28   | 1 Pöyhäkkijä          | Hyllytys   |      | 10 min         | 0 min/kpl + 4 sek/kpl  |
| 29   | 4 Pöyhäkkijä          | Varastointikustannusprosentti                        |      | 20 %           |                        |
| 30   | 5 Pöyhäkkijä          | Keruu- ja siirto kokonaisuus                         |      | 2 min          | 0 min/kpl + 0 sek/kpl  |
| 31   | 1 Pöyhäkkijä          | Lasketus tarkastus ja maksaminen                     |      | 10,0 min       |                        |

Kuva 32. Tapahtumatietojen syöttölomake.



Kuva 33. Tuote- ja prosessitietojen syöttölomake.

|    | A  | B | C              | D          | E      | G         | H     | I      | J     | K      |       |
|----|--|---|----------------|------------|--------|-----------|-------|--------|-------|--------|-------|
| 1  | Syöttölämpökäessä annettavat                 |   |                |            |        |           |       |        |       |        |       |
| 2  | Valmistuserän koko                           |   |                | 100 kpl    |        |           |       |        |       |        |       |
| 3  | Toimituserän koko                            |   |                | 100 kpl    |        |           |       |        |       |        |       |
| 4  | Kokoonpanoserän koko                         |   |                | 20 kpl     |        |           |       |        |       |        |       |
| 5  | Vuositukutus                                 |   |                | 600 kpl    |        |           |       |        |       |        |       |
| 6  | Päähenkilön ostohinta                        |   |                | 20,0 €/kpl |        |           |       |        |       |        |       |
| 7  | Varasto peikastaan alihankkijalla K/E?       |   |                | E          |        |           |       |        |       |        |       |
| 8  | Varasto peikastaan päähenkijällä K/E?        |   |                | E          |        |           |       |        |       |        |       |
| 9  | Valm.kapasiteetin ylitys, kpl                | 0 | Kertakustannus |            | 0,0€   | kpl-koht. |       | 0,00€  | €/kpl |        |       |
| 10 |  |   |                |            |        |           |       |        |       |        |       |
| 11 | Ostotilauksia ja toimituksia / vuosi         |   |                | 6,0 kpl    |        |           |       |        |       |        |       |
| 12 | Valmistuslaajoja / vuosi                     |   |                | 6,0 kpl    |        |           |       |        |       |        |       |
| 13 | Kokoonpanoita / vuosi                        |   |                | 30,0 kpl   |        |           |       |        |       |        |       |
| 14 |  |   |                |            |        |           |       |        |       |        |       |
| 15 | Välillisten vuosikustannusten erittely:      |   |                |            |        |           |       |        |       |        |       |
| 16 | Josta osittavia                              |   |                |            |        |           |       |        |       |        |       |
| 17 | Alihenkilön välilliset kustannukset          |   |                | 1 005,7 €  |        | 1,66 €    | €/kpl | 289,0€ |       | 0,46 € | €/kpl |
| 18 | Päähenkilön välilliset kustannukset          |   |                | 494,7 €    |        | 0,82 €    | €/kpl |        |       |        |       |
| 19 | Kuljetuskustannukset                         |   |                | 726,0 €    |        | 1,21 €    | €/kpl |        |       |        |       |
| 20 | Välilliset kustannukset yhteensä:            |   |                | 2 226,3 €  |        | 5,71 €    | €/kpl |        |       |        |       |
| 21 | Välilliset kustannukset % ostohinnasta       |   |                | 18,6 %     |        |           |       |        |       |        |       |
| 22 | Näytteen vuosivolyymi                        |   |                | 12 000 €   |        |           |       |        |       |        |       |
| 23 | Varastojen turnusluvut:                      |   |                |            |        |           |       |        |       |        |       |
| 24 | Alihenkilön valmistusvaraston keskim. riitto |   |                | 30 pv      | Netto: | 12,0      |       | 150,0€ |       | 750€   | 16,0  |
| 25 | Päähenkilön varaston keskim. riitto          |   |                | 30 pv      | Netto: | 12,0      |       | 200,0€ |       | 1 000€ | 12,0  |
| 26 | Kokoonpanon keskim. riitto                   |   |                | 60 pv      | Netto: | 6,0       |       | 350,0€ |       | 1 750€ | 6,0   |
| 27 |  |   |                |            |        |           |       |        |       |        |       |

Kuva 34. Tulosten erittelylomake.

Mallin avulla saatuja tuloksia verrattiin viiteen tapaukseen, joiden tapahtumamäärät ja varastotasot tunnetaan. Lisäksi vertailuaineistona käytettiin dynaamista tietokonesimulaatiota. Simuloimalla laskettiin tilaus-toimitusprosessin tapahtumamääriä ja varastosaldoja eri tapauksissa, kun nimikkeiden kulutusmäärät ja -hetket olivat samat kuin vuonna 1999. Simuloinnissa käytettiin Windows-pohjaista Powersim AS:n valmistamaa Powersim Studio Reserch 2001™ -ohjelmaa. Mallin testaus on kuvattu tarkemmin raportissa *Alihankintayhteistyön kustannusmallitarkastelu* (Pötry 2002).

#### Testauksen perusteella kustannusmallista havaittiin seuraavaa:

- Kustannusmallin antamat tulokset vastaavat todellisiin tapahtuma- ja varastotasetietoihin perustuvia Partnet-projektin tuloksia.
- Simuloinnin ja kustannusmallikäsittelyn tulokset viittaavat samaan suuntaan, mutta erojakin on. Kun eräkokoja kasvatetaan, simulointi osoittaa nopeampaa kustannusten nousua kuin kustannusmalli. Erot kasvavat huomattavasti eräkokojen kasvaessa. Kun eräkoot ovat pieniä, varastotasojen yksinkertaisesta mallinnuksesta johtuva virhe on pieni. Eräkokojen kasvaessa yksinkertaistuksesta johtuva virhe kasvaa. Toisaalta simulointi noudattaa tarkasti systeemille annettuja sääntöjä. Tosielämässä ihmiset voivat hidastaa varastotasojen kasvua esimerkiksi pienentämällä täydennyseräkokoja tai tilaamalla harvemmin. Ihmistoiminnan vaikutus voi tosin olla myös päinvastainen.



- Tapahtumamäärien suhteen kustannusmalli näyttää kuvaavan vakiintunutta, toistuvaa erätuotantoa varsin hyvin.
- Simuloinnin perusteella yhden varaston tapausten välinen kustannusero on pienempi kuin kustannusmallin mukaan.
- Kuljetuskustannusten määrittäminen ja kohdistaminen nimikkeille voi olla hankalaa. Kuljetuskustannukset on määritettävä mahdollisimman tarkasti, koska virheet vaikuttavat siihen, mikä varastoratkaisu näyttää kustannusmallin mukaan edullisimmalta.
- Todellinen systeemi on herkempi eräkokojen kasvattamiselle kuin kustannusmalli näyttää.
- Eri yrityspareista valittujen nimikkeiden kustannusmallitarkastelu johtaa toisistaan poikkeaviin tuloksiin ja johtopäätöksiin. Kustannusmallin avulla saadaan informaatiota, ei aina samoja tuloksia tapauksesta riippumatta. Tulosten tulkinnassa on kuitenkin oltava varovainen.
- Saadut tulokset vastasivat valmistuksen – alihankkijoiden – näkemystä nykytilanteesta. Kustannusmallitarkastelua pidettiin yleisesti käyttökelpoisena.
- Johtopäätökset simuloinnista ja kustannusmallikäsitteystä ovat samanlaisia: välillisiä kustannuksia on mahdollista vähentää. Keinoja ovat tapahtumakustannusten pienentäminen, toisen varaston poistaminen ja eräkokojen muuttaminen.
- Rajoituksistaan huolimatta välillisiä kustannuksia kuvaavaan yksinkertaiseen kustannusfunktioon perustuva kustannusmalli näyttää kelvolliselta tavalta tarkastella alihankintaprosessia.

Kustannusmallin tarkkuuteen vaikuttavat erityisesti eräkokojen suuruudet sekä se, millä tarkkuudella tapahtumien yksikkökustannukset tunnetaan. Eräkokojen kasvaessa kustannusmallin tarkkuus heikkenee: kustannusmallissa varastotasot on mallinnettu yksinkertaistetulla tavalla eikä malli ota huomioon varastokustannusprosentin suurenemista<sup>6</sup> eräkokojen kasvaessa. Välillisiin kustannuksiin ja pääomakustannusten osuuteen vaikuttaa luonnollisesti valittu varastokustannusprosentti. Toisaalta tapahtumamäärien mallinnus pitää toistuvassa erätuotannossa varsin hyvin paikkansa. Eräkokojen on oltava melkoisen suuria, ennen kuin kustannusmallin tarkkuus alkaa voimakkaasti heiketä.

Kustannusmalli ei huomioi ohjaustavan eikä valmistus- ja toimituseräkokojen suhteen vaikutusta. Jos esimerkiksi sekä ali- että päähankkijan varastoa täydennetään tilauspistemenettelyllä ja sekä valmistus- että toimituseräkoot ovat suuria mutta eivät toistensa monikertoja, tapahtumia on enemmän ja varastojen kierto vielä hitaampaa kuin kustannusmallin mukaan. Tarkkuus riippuu luonnollisesti myös kysynnän tasaisuudesta. Mitä tasaisempi kysyntä, sen tarkempi kustannusmalli.

---

<sup>6</sup> Varastojen kierron hidastuessa epäkuranttiusriski, tilantarve ja vakuutusmaksut suurenevät.

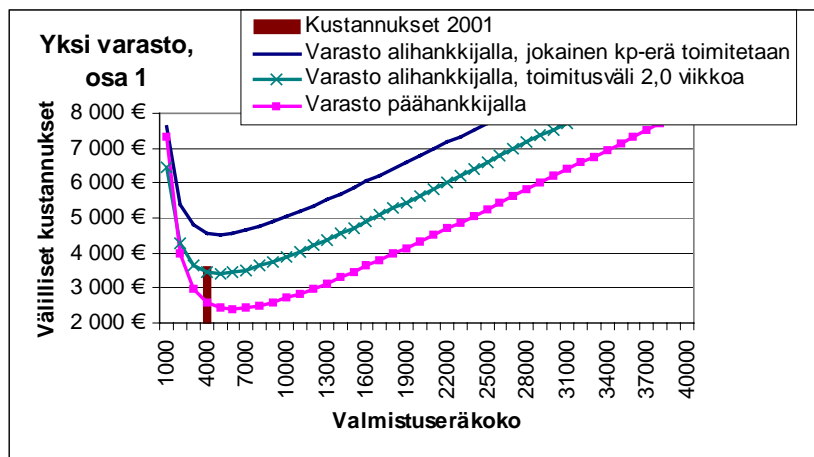
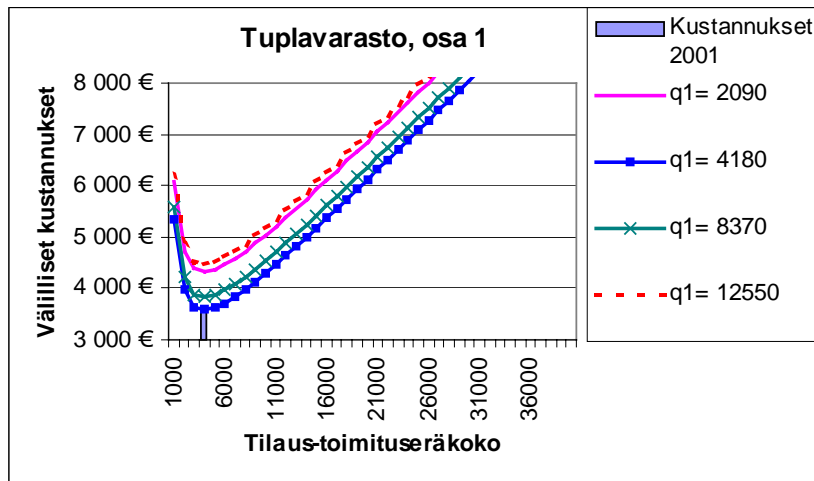
Kustannusmallin antamia tuloksia voi pitää vähintään suuntaa-antavina. Mallin avulla voi arvioida pääoma- ja tapahtumakustannusten suhdetta alihankintaprosessissa. Samoin voidaan tarkastella, miten välilliset kustannukset jakautuvat pää- ja alihankkijan välillä. Lisäksi mallin avulla voi etsiä kehityskohteita ja erityisen kalliita prosessin vaiheita.

## 4.4 Esimerkkejä eri tapauksista

Tähän kohtaan on kerätty esimerkkejä kustannusmallitarkastelusta. Käyräparvikuvaajissa (esim. kuvat 35 ja 36) jokainen käyrä kuvaa eri valmistuseräkokoja. Vaaka-akselilla on tilaus-toimituseräkokoa ja pystyakselilla yhteenlasketut välilliset kustannukset.

### 4.4.1 Yrityspari A

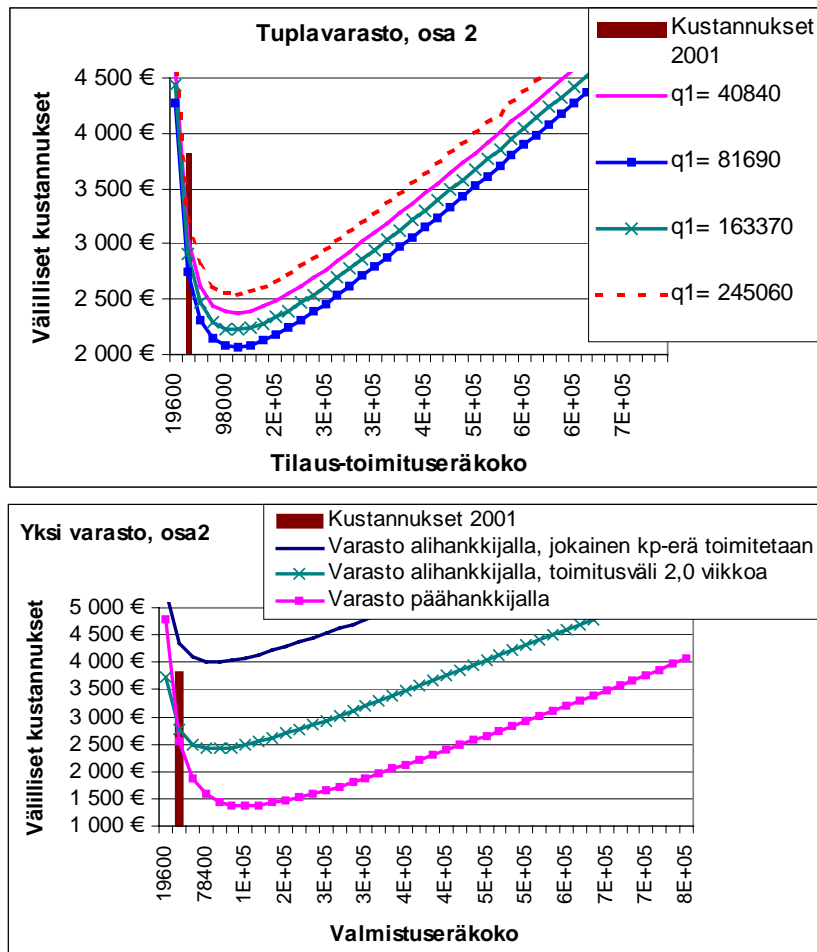
Yrityspari A valmistaa volyymituotteita toistuvana erätuotantona. Alihankittavien tai ostettavien osien yksikköhinnat ovat tyypillisesti pieniä, mutta vuosivolyymi suuri. **Osan 1** kulutus vuonna 2001 oli 50 194 kpl ja hinta 1,98 €/kpl. Kustannusmallin mukaan välilliset kustannukset olivat 3 593 €, josta pääomakustannukset olivat 1 584 € ja tapahtumakustannukset 2 009 €. Välillisten kustannusten ja ostovolyymien suhde oli 3,6 %.



Kuva 35. Osan 1 välilliset kustannukset eri tapauksissa.

Välilliset kustannukset ovat jo nyt suhteellisesti hyvin alhaiset. Säästömahdollisuudet ovat lähinnä alihankkijan varaston eliminoimisessa.

**Osan 2** kulutus vuonna 2001 oli 980 232 kpl ja hinta 0,05 €/kpl. Välilliset kustannukset olivat 3 825 €, josta pääomakustannukset olivat 300 € ja tapahtumat 3 525 €. Välillisten kustannusten ja ostovolyymien suhde oli 7,8 %. Säästöpotentiaali on suurempi kuin osalla 1. Mahdollisia ratkaisuja näyttäisivät olevan valmistus- ja toimitusvälien harvennaminen ja varaston siirtäminen päähankkijalle. Osan 2 valmistusta ja hankintaa onkin järjestetty uudelleen.



Kuva 36. Osan 2 välilliset kustannukset eri tapauksissa.

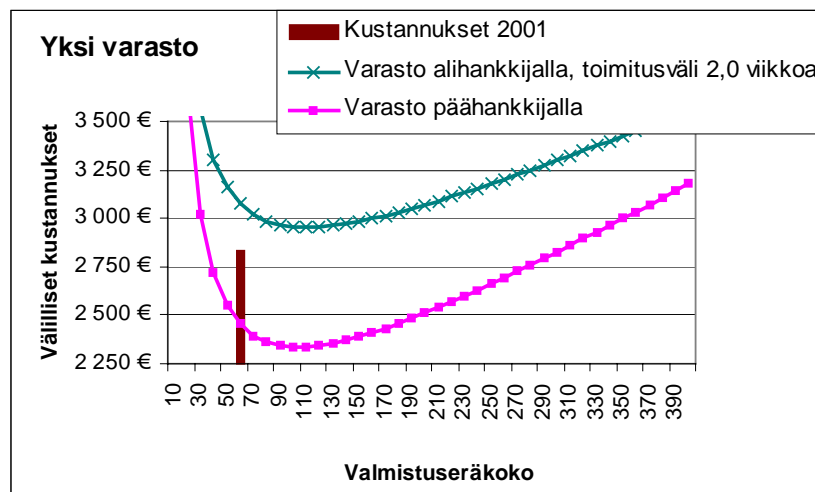
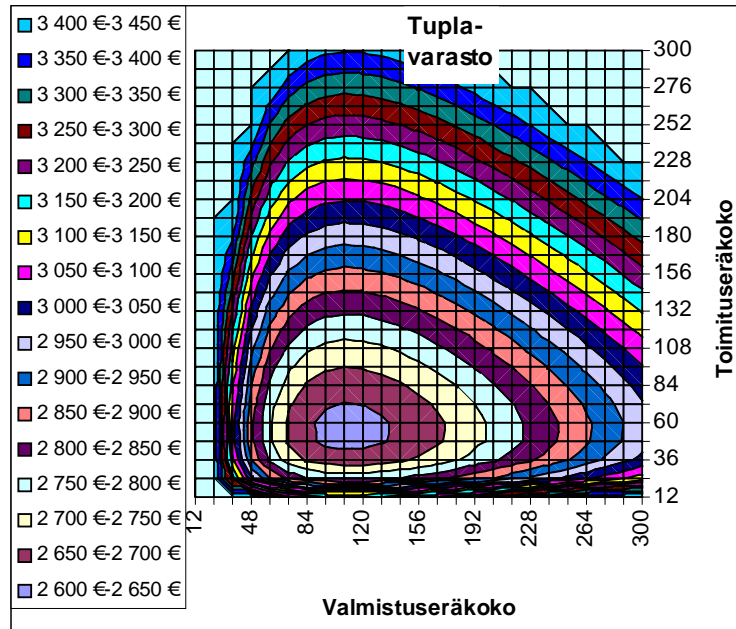
#### 4.4.2 Yrityspari B

Myös tämän yritysparin alihankkija harjoittaa toistuvaa erätuotantoa. Päähankkijan lopputuotteet ovat räätälöitäviä, mutta mekaniikkaosat ovat toistuvia.

Tutkitun mekaniikkaosan kulutus on 300 kpl ja hinta 39,52 €/kpl. Kustannusmallin mukaan välilliset kustannukset olivat 2 830 € josta pääomakustannukset olivat 288 €. Välillisten kustannusten ja ostovolyymin suhde oli 24,6 %.

Kustannusmallin kuvaajat esitetään kuvassa 37. Havaitaan, että valmistus- ja toimitustiheyden muuttamisella voidaan säästää melko vähän. Varaston siirto päähankkijallekaan ei muuttaisi tilannetta olennaisesti; välillisten kustannusten osuus ostovolyymista olisi edelleen yli 20 %.

Kuvasta 37 nähdään, että prosessin välilliset kustannukset eivät ole tuplavarastotapauksessa herkkiä eräkomuutoksille. Merkittäviä säästöjä saadaan vain prosessia kehittämällä. Tutkimuksen aikana päähankkija suunnitteli kyseisen osan uudelleen. Uuden konstruktion asetusajat olisivat noin puolet nykyisestä.



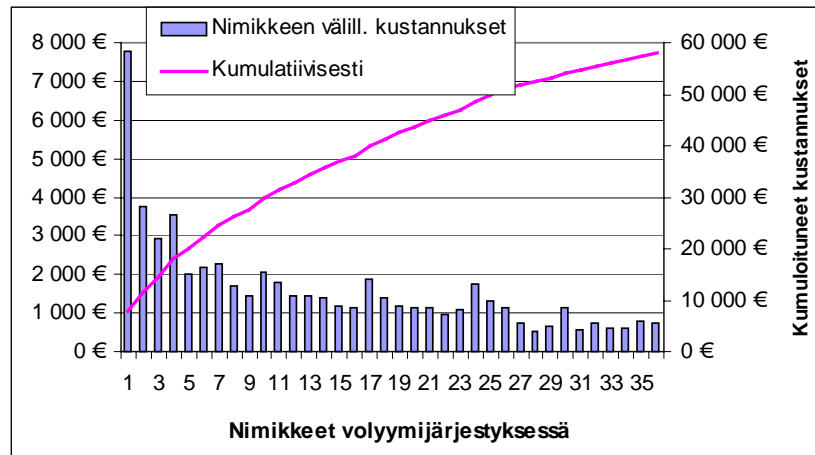
Kuva 37. Välilliset kustannukset eri tapauksissa.

#### 4.4.3 Yrityspari C

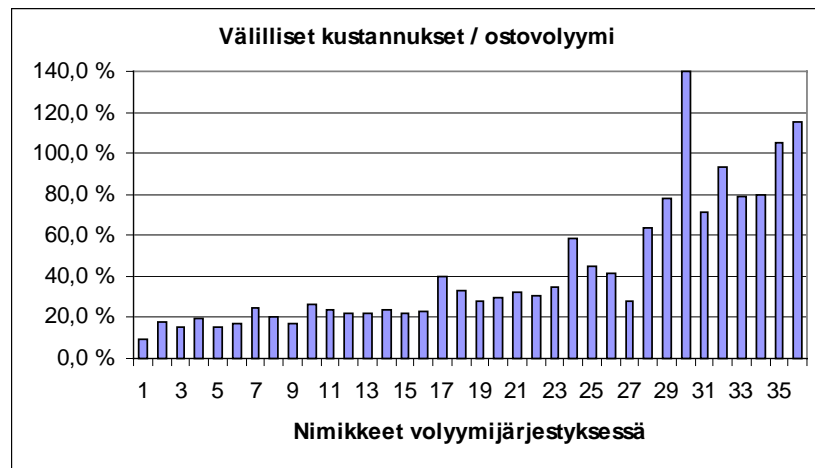
Yritysparista C valittiin tutkittavaksi 36 nimikettä: 26 hankintavolyymiltaan suurinta sekä kymmenen muuta. Kulutus-, hinta-, asetusaike- ja muut prosessitiedot vastaavat

vuoden 2001 tilannetta. 36 nimikkeen otos vastasi 68 %:a yritysparin vuoden 2001 kokonaisvolyymista<sup>7</sup>.

Analyysin tulokset esitetään kuvissa 38–40. Nykyisellä toimintatavalla välillisiä kustannuksia kertyy melko tasaisesti sekä suuri- että pienivolyymisille tuotteille. Yhteensä välilliset kustannukset olivat kustannusmallin mukaan 58 200 € 20,6 % ostovolyymista. 71 % otoksen välillistä kustannuksista on tapahtumakustannuksia.



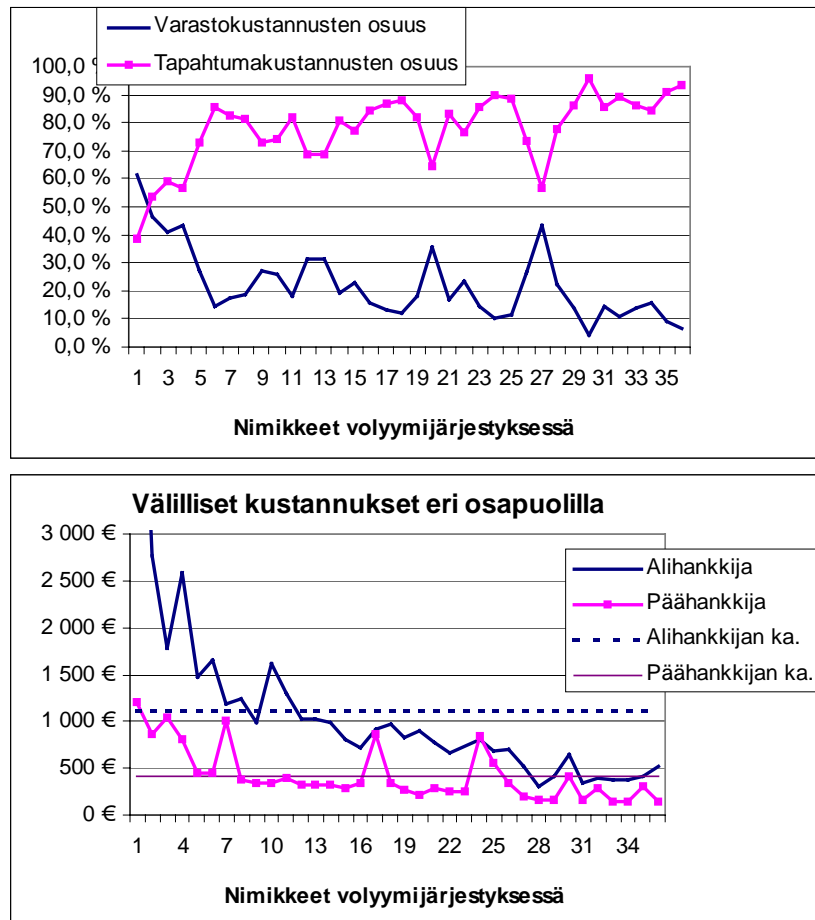
Kuva 38. Nimikejoukon välilliset kustannukset.



Kuva 39. Välilliset kustannukset suhteessa ostohintaan.

<sup>7</sup> Kaikista yritysparin 1 alihankintanimikkeistä 11 suurivolyymisinta vastasi 50 %:a alihankinnan kokonaisvolyymista vuonna 2001.

Varastokustannusten<sup>8</sup> osuus välillisistä kustannuksista on yli 30 % kahdeksalla nimikkeellä, joista viisi on osakokoonpanoja ja vain kolme yksittäisiä osia. Jos kuljetuskustannuksia ei huomioida, 72 % kumulatiivisista välillisistä kustannuksista syntyy alihankkijalla.



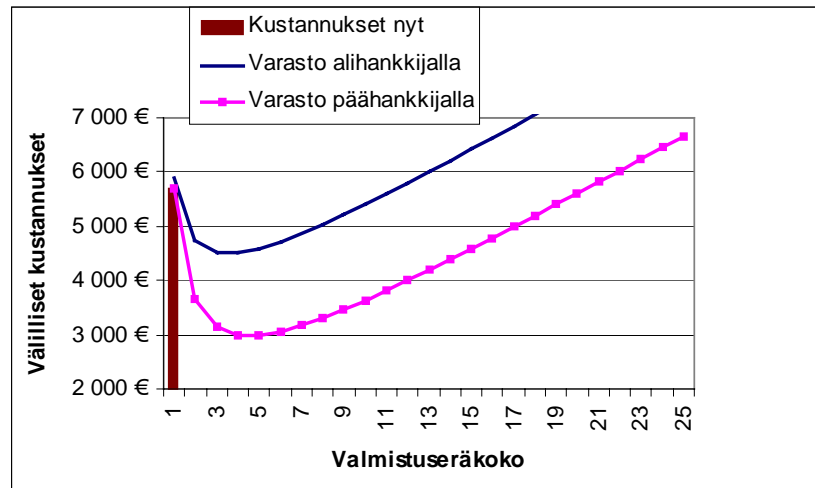
Kuva 40. Välilliset kustannukset jakautuminen kustannustyypeittäin sekä yritysten välillä.

#### 4.4.4 Yrityspari D

Yritysparissa D alihankkija valmistaa yksittäistuotantona, mutta toistuvasti melko suuria ja kalliita tuotteita, joiden valmistukseen kuuluu mm. polttoleikkausta, sorvaamista ja koneistusta. Tuotteet toimitetaan päähankkijalle kahdessa osassa, joista toinen on tapauskohtaisesti räätälöitävä. Tuotteita ei varastoida.

<sup>8</sup> Varastokustannuksilla tarkoitetaan tässä julkaisussa aina tilaa, korkoja, vakuutuksia ja epäkuranttiuskustannuksia, ei varastotapahtumien, kuten hyllytyksen tai keräilyn, kustannuksia.

Tutkitun osan kulutus oli vuonna 2001 23 kpl ja hinta 2 200 €/kpl. Kustannusmallin mukaan välilliset kustannukset olivat 5 698 €, josta pääomakustannukset olivat 220 €. Välillisten kustannusten ja ostovolyymin suhde oli 11,3 %. Kustannusmallin kuvaaja esitetään kuvassa 41.



Kuva 41. Arvokkaan projektituotteen välilliset kustannukset.

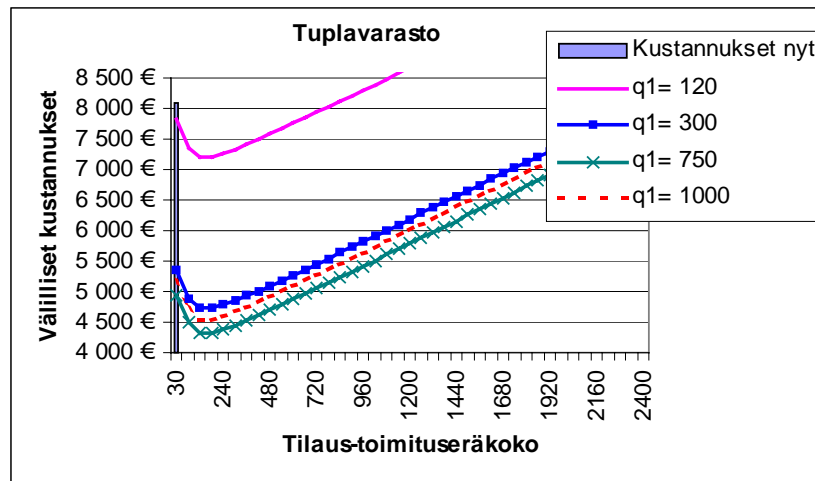
Näyttäisi kannattavalta ryhtyä valmistamaan 2–4 kappaletta kerrallaan, mikä vastaa alihankkijan näkemystä. Välilliset kustannukset voisi lähes puolittaa.

Ratkaisukin on periaatteessa helppo: päähankkijan tilauskannan näyttäminen alihankkijalle. Alihankkija ei tällä hetkellä näe muuta kysyntätietoa kuin saapuneet tilaukset. Tilauskannan pituus on noin neljä kuukautta, siis keskimäärin kahdeksan kappaletta. Tilauskanta ei tosin ole nähtävissä yhdestä paikasta, sillä jokainen lopputuote on oma projektinsa, joka suunnitellaan erikseen, eikä päähankkija tilauksen saatuaan aina välittömästi tiedä, mitä toistuvia osia lopputuotteeseen tarvitaan.

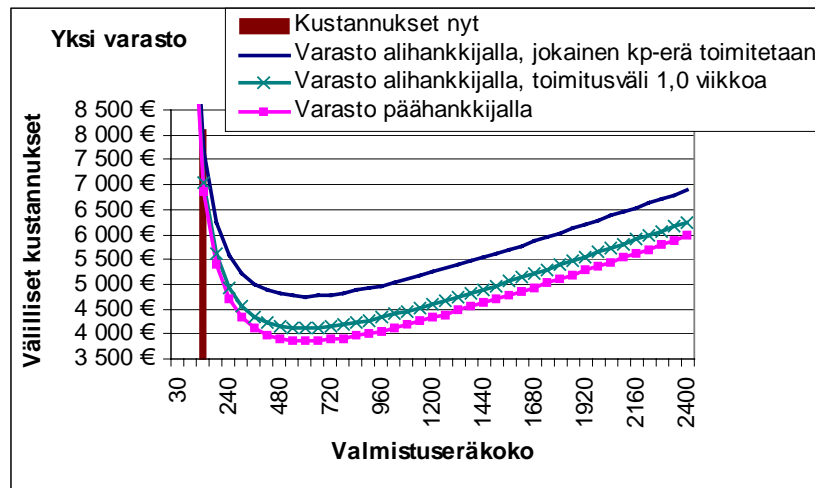
#### 4.4.5 Yrityspari F

Yritysparin F alihankkija valmistaa toistuvasti mekaniikkaosia. Tutkitun mekaniikkaosan kulutus on 3 000 kpl ja hinta 20,91 €/kpl. Välilliset kustannukset ovat noin 8 100 € vuodessa, josta varastokustannukset ovat hieman yli 200 €. Välillisten kustannusten ja ostovolyymin suhde on noin 13 %. (Kuvat 42 ja 43.)





Kuva 42. Mekaniikkaosan kustannusmallin kuvaajia.



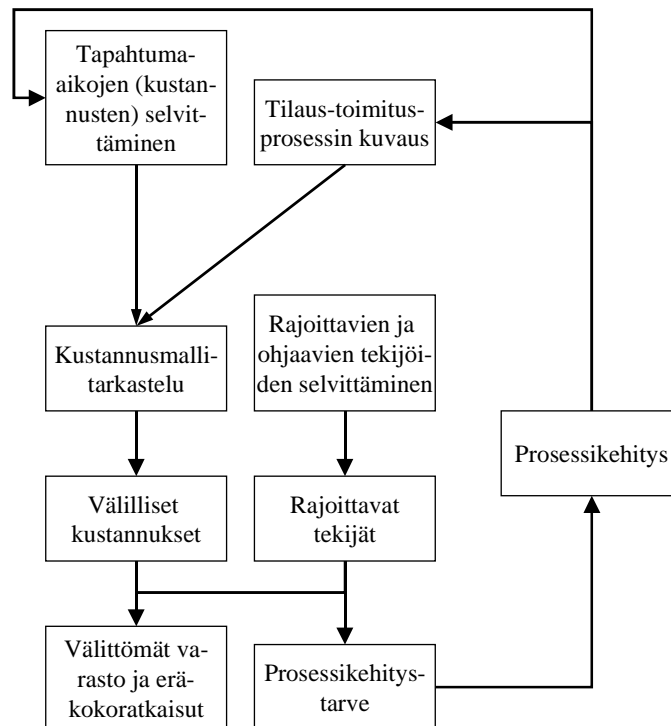
Kuva 43. Mekaniikkaosan kustannusmallin kuvaajia.

Kustannusmallitarkastelun perusteella varastojen sijoittamisella ei juuri voida vaikuttaa välillisiin kustannuksiin. Sen sijaan valmistus- ja toimitusvälejä pidentämällä kustannukset putoaisivat huomattavasti. Prosessia ei kuitenkaan aiota tältä osin muuttaa. Toiminta on nykyisellään lean-tyyppistä: prosessi on kevyt ja erittäin hyvin toimiva, tuotteita valmistetaan ja toimitetaan jatkuvasti. Eräkokojen kasvattaminen vaatisi päähankkijalta ja mahdollisesti alihankkijaltakin investointeja varastotilaan ja -laitteistoon. Lisäksi nykyinen toimintatapa edistää mm. prosessin kehittämistä ja asetusajkojen lyhentämistä. Valmistus- ja toimitusvälien kasvattaminen saattaisi pysäyttää kehityksen. Toisaalta kustannusmallitarkastelun luotettavuus ei tässä tapauksessa ole hyvä. Koska tilaus- ja valmistuskertoja on vuodessa noin 150, on funktio herkkä tapahtumien yksikkökustannusten suhteen. Yksikkökustannukset on taas laskettu arvioitujen tapahtumiaikojen perusteella.

## 4.5 Varaston sijoittamisen päätössäännöt

Lähtökohta on, että varaston tai varastojen sijoittamiseen pää- ja alihankkijan välillä vaikuttavat pyrkimys välillisten kustannusten minimoimiseen ja toisaalta rajoittavat tekijät (taulukko 28, s. 66).

Kuva 44 esittää varaston sijaintipäätöstä alihankintayhteistyössä, toistuvassa erätuotannossa. Ehtona päätökselle on se, että yritysten sisäiset ja rajapintaprosessit ja näihin perustuvat tapahtumakustannukset on tunnettava kohtuullisella tarkkuudella. Analysoimalla välillisiä kustannuksia kustannusmallin avulla voidaan löytää ja priorisoida epäkohtia, joita korjataan ohjaavien ja rajoittavien tekijöiden antamissa raameissa. Varastointi ja eräkoot järjestetään rajoitusten puitteissa niin, että kokonaisprosessin välilliset kustannukset ovat minimissä. Prosessikehitykseen luetaan tässä myös tuotekehitys, joka vaikuttaa valmistukseen oleellisesti. Kehitystoimenpiteet voivat muuttaa tilanteen sekä välillisten kustannusten että muiden tekijöiden osalta täysin, jolloin tarvitaan uusi tarkastelukierros.



Kuva 44. Alihankinnan varastoalgoritmi.

Kustannusmalli perustuu välillisiä kustannuksia kuvaavaan kustannusfunktioon, joka on muotoa:

$$\text{Erien määrä} * C_{\text{eräkohtainen}} + \text{Vuosisukulutus} * C_{\text{kpl-kohtainen}} + C_{\text{vrsto}} * \text{keskivarasto} \quad (5)$$

Välittömät eräkoratkaisut vaikuttavat tapahtumien määrään ja varastokustannuksiin (ensimmäinen ja kolmas termi). Varastoratkaisu vaikuttaa varastokustannuksiin (kolmas termi) mutta myös kahden ensimmäisen termin kustannustekijöihin, koska varastoihin liittyvät tapahtumat, kuten hyllytys ja keräily, aiheuttavat tapahtumakustannuksia. Erä- koko- ja varastoratkaisut eivät usein ole riittävä keino välillisten kustannusten alentamiseksi. Kahden ensimmäisen termin kustannustekijöitä *C* voidaan pienentää vain prosessia kehittämällä. Kustannusmallitarkastelua voidaankin käyttää alihankintaan liittyvien prosessikehitystarpeiden paljastamiseen.

Esimerkiksi yritysparin A osan 2 (kohta 4.4.1, s. 73) välilliset kustannukset olivat vuonna 2001 3 825 € Kustannusmallitarkastelun mukaan nykyprosessia säätämällä voitaisiin saavuttaa noin 1 400 €n taso. Tärkein rajoittava tekijä on pyrkimys pitää vaihto-omaisuus pienenä. Tällä hetkellä kummankin yrityksen vaihto-omaisuus<sup>9</sup> on 750 € Alihankintaprosessi havaitaan kevyeksi – tapahtumat on viilattu nopeiksi – eikä tapahtumien yksikkökustannuksia voida lähitulevaisuudessa vähentää. Etsitään graafisesti ja kokeilemalla ratkaisu, jossa välilliset kustannukset ovat minimissä eikä nykyinen yhteenlaskettu vaihto-omaisuus 1 500 € kasva. Kun alihankkijan varasto poistetaan ja toimitusväli kasvatetaan kolmeen viikkoon, välilliset kustannukset ovat 1 840 € ja vaihto-omaisuus 1 500 €

Yritysparin B esimerkkiosan (kohta 4.4.2, s. 75) välilliset kustannukset olivat 3 007 € ja vaihto-omaisuus 1 440 € Rajoittavia tekijöitä ovat mm. pyrkimys pitää vaihto-omaisuus kohtuullisen pienenä, rajalliset varastotilat ja lyhyt tilauskanta. Osa suunniteltiin Koneali-projektin aikana uudelleen. Uuden konstruktion asetusajat olisivat arviolta 50 % ja hinta 80 % nykyisestä. Ilman prosessi- ja eräkokomuutoksia uuden osan välilliset kustannukset olisivat noin 2 200 € ja vaihto-omaisuus 1 380 € (920 ali- ja 460 päähankkijalla). Mikäli sekä valmistus- että toimitusväli asetettaisiin seitsemäksi viikoksi ja alihankkijan varasto poistettaisiin, välilliset kustannukset olisivat noin 2 000 € ja vaihto-omaisuus (päähankkijalla) 614 €

Tutkittuja case-nimikkeitä kannattaa kustannusfunktio tarkastelun mukaan yleensä varastoida päähankkijalla. Tapauksia, joissa varastointi alihankkijalla on kannattavampaa, on myös olemassa. Yleensä valmistettava osa on tällöin melko arvokas, eikä toimituksia päähankkijalle tarvitse tehdä aivan jatkuvasti. Alihankkija voi esimerkiksi varastoida valmistamiaan komponentteja ja tehdä osakokoonpanon tilauksen perusteella, jolloin valmistaa osakokoonpanoa ei varastoida ollenkaan. Alihankkija voi myös valmistaa osia varastoon, josta päähankkija noutaa tai alihankkija toimittaa ne määräaikoina päähankkijan tuotanto-ohjelman tms. mukaisesti. Lisäksi havaittiin tilanteita, joissa tuplavarastointi on ilman merkittävää tuote- tai prosessikehitystä välillisten kustannusten kannalta perusteltua.

---

<sup>9</sup> Huom. vaihto-omaisuus, ei kustannukset.

## 4.6 Yhteenveto tuplavarastoanalyysista

Toistuvana erätuotantona valmistettavia alihankintanimikkeitä varastoidaan tavallisesti sekä pää- että alihankkijalla. Alihankintaprosessiin liittyy lisäksi useita ei-jalostavia työvaiheita tai tapahtumia, mistä seuraa, että pää- ja alihankkijan yhteenlasketut välilliset kustannukset ovat korkeat.

Koneali-projektissa kehitettiin kustannusmalli, joka perustuu välillisiä kustannuksia kuvaavaan kustannusfunktioon, jossa ali- ja päähankkijan välilliset kustannukset laskettiin yhteen. Tavallisesti tällaiset tarkastelut tehdään yrityskohtaisesti. Kustannusmallia testattiin vertaamalla sitä ensin viiden nimikkeen todellisiin lukuihin, toiseksi kysynnän vaihtelun huomioivaan tietokonesimulaatioon ja kolmanneksi joukkoon erilaisia tapauksia eri yrityspareissa. Rajoituksista huolimatta kustannusmalli vaikutti käyttökelpoiselta ja tulokset vastasivat erityisesti alihankkijayritysten näkemyksiä. Jotkut yritykset ottivat heti mallin käyttöön. Kustannusmallin avulla voidaan etsiä tilaus-toimitusprosessin kehityskohteita, tarkastella tapahtuma- ja pääomakustannusten suhdetta, vertailla välillisten kustannusten jakautumista pää- ja alihankkijan välillä sekä tarkastella varaston sijoittamisen ja eräkokojen vaikutusta välillisiin kustannuksiin.

Varaston sijaintipäätösmenttely, jolla etsitään varastointitapoja, joilla välilliset kustannukset ovat minimissä vallitsevien rajoittavien ja ohjaavien tekijöiden puitteissa, perustuu kustannusmalliin.

Tutkittuja tapauksia ja havaittuja kehitysmahdollisuuksia oli monia. Yhteistä useimmille tapauksille oli se, että tapahtumakustannukset aiheuttivat suurimman osan välillisistä kustannuksista. Pyrkimys nopeuttaa varastojen kiertoa ilman muun prosessin kehittämistä ei vaikuta kannattavalta.

Toisen varaston eliminointi vaatii yrityksiltä hyvää yhteistyötä sekä luottamusta. On melko tavallista, että päähankkija onnistuu eliminoimaan omat välilliset kustannukset siirtämällä ne alihankkijalle. Lopulta ne tulevat kuitenkin päähankkijan maksettaviksi.

Joissakin tapauksissa tuplavarasto on perusteltu. Tällöinkin välillisten kustannusten minimointi perustuu yhteistyössä tehtävään tuote- ja prosessikehitykseen, mahdollisimman pitkäaikaisen kysyntätiedon jakamiseen alihankkijalle ja yleensä yhteisen tiedon pohjalta toimimiseen. Tärkeimpiä kehityskohteita ovat mm. valmistuksen asetusajojen lyhentäminen, suunnittelun ja valmistuksen yhteistyö sekä erilaiset investointikysymykset, joita on tutkittu Koneali-projektin muissa osissa.

## 5. Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö

Seuraava teksti on lyhennelmä julkaisusta *Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö toistuvan erätuotannon alihankintaprosessissa*, VTT Tiedotteita 2173 (Häkkinen 2002).

### 5.1 Johdanto

Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyötä pidetään yleisesti yhtenä tärkeimmistä keinoista taloudellisiin tuotekonstruktioihin pyrittäessä. Sanotaankin, että suunnittelija määrittelee noin 80 % tuotteen kustannuksista. Näin ollen suunnittelijalta edellytetään melkoista asiantuntemusta monella alueella. Tuotteen on kelvattava asiakkaalle sopivaan hintaan. Sen on usein täytettävä erilaisia viranomaisvaatimuksia. Konstruktion on oltava taloudellinen. Taloudellisuuden lisäksi vaaditaan, että tuote on tuotannonohjauksen kannalta mahdollisimman tehokkaasti ohjattavissa. Vaatimuksia tulee usealta suunnalta. Kustannustehokkuuden kannalta tuotteen valmistusmenetelmät ovat ratkaisevassa asemassa. Valmistusmenetelmien huomioiminen konstruktiossa on erityisen haastavaa, kun tuotteen valmistaa alihankkija. Alihankkija sijaitsee useimmiten maantieteellisesti etäällä päähankkijasta, jolloin suunnittelija ei luonnostaan käy keskustelua valmistajan kanssa menetelmäkysymyksistä. Lisäksi vastuu tuotteen hankinnasta on usein annettu osto-osastolle, joka kilpailuttaa tuotteen useilla alihankkijoilla ja valitsee saatujen hintojen perusteella edullisimman valmistajan ja ottaa huomioon myös muita tekijöitä.

Valmistusalihankintatoiminnan tutkimus kaikkine ongelmineen on jostain syystä jäänyt taustalle huolimatta sen jatkuvasta lisääntymisestä maailmanlaajuisesti. Webster et al. (1997) ovat tutkineet valmistusalihankintaan liittyvää problematiikkaa ja havainneet siihen liittyvän tutkimuksen niukkuutta:

*Study of the literature on outsourcing and related issues has revealed a dearth of work in this area in manufacturing sector. Definitions of subcontracting are scarce, and a generic working definition – which uses the term principal to refer to the prime contractor – has been developed (Webster et al. 1997).*

He määrittelevät valmistusalihankinnan seuraavasti:

*Subcontract manufacture is the process by which a subcontractor (i.e. an organization with business objectives, which are independent of those of the principal), performs all or part of the manufacture of the principals product, to a customized specification (of varying detail) provided by the principal. Activities, which support this manufacture (e.g. materials, procurement, production planning, etc.) can be carried out by either party, subject to prior agreement (Webster et al. 1997).*

Tämä kuuluisi suomennettuna seuraavasti:

*Valmistusalihankinta (subcontract manufacture) on prosessi, jossa alihankkija (on organisaatio, jolla on päämiehestä riippumattomat tavoitteet) suorittaa kaikki tai osan päämiehen tuotteen valmistusvaiheista häneltä saamiensa spesifikaatioiden mukaisesti. Valmistukseen liittyvät aktiviteetit, kuten materiaalihankinta, tuotannosuunnittelu, voivat olla kumman tahansa vastuulla sopimuksen mukaan.*

Alihankintatoiminnassa voidaan erottaa useita eri yhteistoiminnan tasoja. Voidaan jakaa esimerkiksi seuraaviin aliprosesseihin: 1) alihankkijan valintaprosessi, 2) valmistuksen ja suunnittelun välinen prosessi, 3) laadunvarmistusprosessi, 4) logistinen prosessi, 5) tuotannon suunnittelu- ja ohjausprosessi, 6) talousprosessi ja 7) sopimus- ja tilausprosessit.

Tässä yhteydessä keskitytään valmistuksen ja suunnittelun väliseen yhteistyöprosessiin.

Missä tapauksissa sitten suunnittelijan pitäisi olla yhteistyössä valmistajan kanssa? Onko yhteistyövaatimus yleinen vai koskeeko se tiettyjä valmistusprosesseja, materiaaleja tai muotoja? Minkälainen yhteistyöprosessi tarvitaan uuden tuotteen kehittämisessä, ja minkälainen se olisi olemassa olevan tuotteen edelleen kehittämisessä? Lienee selvää, että on olemassa konstruktioita, joiden suunnittelukriteerit ovat yleisesti tiedossa ja joiden konstruktion taloudellisuutta valmistajan kanssa käytävät keskustelut eivät lisää. Voidaan päätellä, että jossakin kulkee raja, jonka yli suunnittelijan tietämys ei riitä, vaan tarvitaan yhteistyötä valmistajan kanssa. Rajanveto ei ole itsestään selvää. Suunnittelijan kokemuksen lisääntyä raja lähenee, samoin kuin koulutuksenkin lisääntyä. Toisaalta valmistusmenetelmien ja materiaalien kehittyminen siirtää taas rajaa kauemmaksi ja suunnittelijan tietämykseen syntyy uusi aukko. Eli näyttää siltä, että suunnittelijan on koulutettava itseään ja haettava kokemuksia koko uransa ajan, mikäli aikoo pysyä ajan hermolla jatkuvasti. Voisiko kehittämisvastuuta jakaa myös valmistajalle? Missä tapauksissa aloite voisi tulla valmistajalta?

Toisaalta, mitä hyötyä sitten valmistajalle on yhteistyöstä? Valmistajan on usein rakennettava tuotteen mukainen valmistusprosessi, joka koostuu erillisistä osista ja sisältää kiinnittimet, ohjaimet, työkalut, koneet jne. Tarvitaan investointeja ja muita aloittamistoimenpiteitä, jotka aiheuttavat kustannuksia ja vaativat aikaa. Tuotteen konstruktio määrittelee nämä kustannukset, jotka lopulta asiakas maksaa tavalla tai toisella. Näiden toimenpiteiden aikaisella toteutuksella voidaan lyhentää uuden tuotteen markkinoille saantiaikaa. Olemassa olevien, vakiintuneiden tuotteiden osalta voidaan kehittää tuotteen kilpailukykyä edelleen ja näin taata tuotantotoiminnan jatkuvuus.

Voidaan ajatella, että on olemassa jonkinlainen kuilu suunnittelijan tämän hetken taitojen ja olemassa olevien mahdollisuuksien välillä. Miten tämä kuilu sitten voitaisiin konkretisoida, ja miten kuilun kiinnikuromiseen löydettäisiin keinoja? Mikä olisi kummankin osapuolen rooli kuilun kiinnikuromisessa? Nämä pohdinnat antoivat osaltaan pontta tämän tutkimuksen käynnistymiseen.

### **Tutkimuksen tavoite ja rajaukset**

Tutkimusongelmana on selvittää valmistuksen ja suunnittelun väliseen yhteistyöhön liittyvää problematiikkaa pk-konepajateollisuuden alihankintaprosessissa ja sen tilaa tutkimushetkellä.

Ensisijainen tavoite on lisätä ymmärrystä yhteistyön erityspiirteistä. Lisäksi etsitään syitä mahdollisiin ongelmakohtiin ja toisaalta selityksiä onnistumisiin. Tärkeänä tavoitteena on myös löytää keinoja mahdollisten ongelmakohtien poistamiseksi.

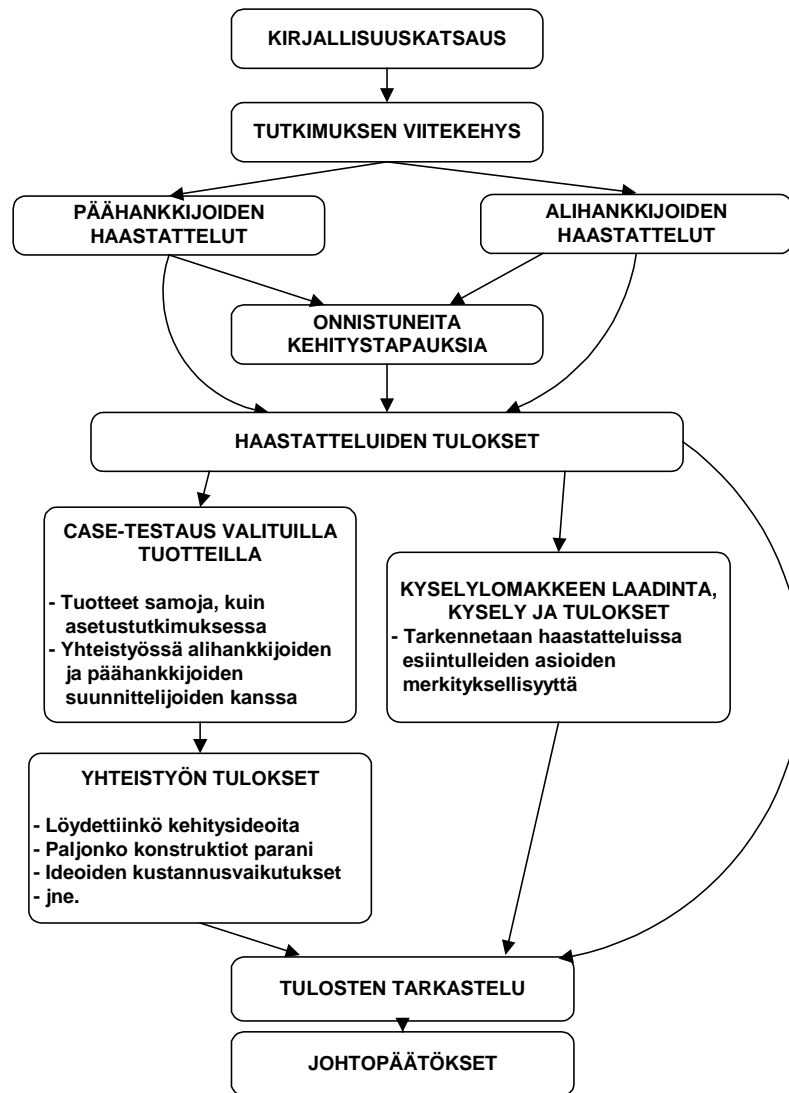
Tutkimukseen osallistui 12 yritystä, joista osa oli KONEALI-projektin ulkopuolisia. Mukana oli neljä päähankkijaa ja kuusi heidän alihankkijaansa sekä kaksi muuta alihankkijaa.

### **Tutkimuksen vaiheistus**

Tutkimus vaiheistettiin seuraavasti (kuva 45):

- Kirjallisuuskatsaus, jossa tarkastellaan asiantuntijoiden näkemyksiä valmistuksen ja suunnittelun yhteistyöstä.
- Laaditaan tutkimukselle viitekehys, jossa on keskeiset rinnakkaisen suunnittelun osa-alueet.
- Suoritetaan yrityshaastattelut avoimin kysymyksin viitekehysten pohjalta.
- Haastatteluiden pohjalta eritellään yritysten mielipiteet ja onnistuneet kehityshankkeet omiin ryhmiin.
- Laaditaan haastatteluiden tulosten pohjalta kyselylomake, jonka yritykset täyttävät.
- Testataan aikatutkittujen tuotteiden kehittymismahdollisuudet yhdessä yritysten kanssa. Tuotteet ovat samoja kuin KONEALI-projektin asetustutkimusosiossa. Tuotteista on laadittu aikatutkimus, joka kertoo, miten valmistuksen ajankäyttö jakaantuu työvaiheiden, asetusten ja jalostavan työn välillä.
- Analysoidaan yhteistyön tulokset: löydettiinkö konkreettisia kehitysideoita, paljonko konstruktiot paranivat, minkälaisia kustannusvaikutuksia ideoilla on jne.

- Tulosten tarkastelu, jossa erityisesti pyritään löytämään selityksiä valmistuksen ja suunnittelun välisen yhteistyön problematiikkaan.
- Johtopäätökset, joissa kiteytetään tutkimuksen tulokset.



Kuva 45. Tutkimuksen vaiheistus.

### Viitekehysten muodostus

Kirjallisuuden ja yritysten kanssa käytyjen alustavien keskusteluiden pohjalta voidaan löytää seuraavat rinnakkaiseen suunnitteluun vaikuttavat tekijät:

1. **Muutosvoimat**, joista kansainvälisen kilpailun lisääntyminen ja entistä vaativammat ostajat lisäävät painetta kehittämiseen. Toisaalta nopeasti kehittyvät teknologiat pakottavat niiden hyödyntämiseen sekä tuotekehityksessä että tuotantoprosessien kehittämisessä.



2. **Toimittajayhteistyö ja kommunikaatiokysymykset** ovat kirjallisuudessa paljon käsitelty aihe. Yhteistyön merkitys vaihtelee mutta on yleensä suuri.
3. **Tuotteen, tuotantojärjestelmän ja tuotteen huoltojärjestelmän elinkaari.** Nämä vaikuttavat mm. siihen, kuinka vanhoja piirustuksia tehtaalla liikkuu, päivitetäänkö konstruktioita valmistusteknologian kehittymisen myötä, miten varaosien valmistus on järjestetty ja vaikuttaako se valmistajan tuotantoprosessiin.
4. **Suunnittelijan apuvälineet**, joiden tarkoituksena on auttaa suunnittelijaa laatimaan valmistusystävällisiä konstruktioita.
5. **Uuden tuotteen siirto valmistukseen** on joissakin tapauksissa ongelmallista. Toisaalta standardityyppisissä konstruktioissa (mm. yksinkertaiset teräsakselit) valmistukseen siirto ei aiheuta ongelmia.
6. **Valmistuslogistiikka.** Onko suunnittelussa huomioitu tavaran siirto- ja käsittelyjärjestelmät, ja minkälainen merkitys asialla on.
7. **Tuotteen tyyppi tilausohjautuvassa tuotannossa.** Standardi-, kustomoitu-, hybridi- ja räätälöity tuote. Minkälaisia tuotteita ovat, ja onko mahdollisesti sovellettu DFMA- (Design for manufacture and Assembly) tai vastaavia tekniikoita konstruktioihin.

## 5.2 Tutkimusmenetelmät ja tulokset

### 5.2.1 Yrityshaastattelut

Jokaista tutkimukseen osallistunutta yritystä haastateltiin käyttäen avoimia kysymyksiä. Haastattelut käytiin viitekehysten pohjalta käyttäen kirjallisuuskatsauksen asiantuntijoiden näkemyksiä virikkeen antajina. Yrityksen edustajat kommentoivat omaa toimintaansa vapaasti. Kaikki kommentit kirjattiin sellaisenaan paperille. Haastatteluilla pyrittiin saamaan yleiskäsitys valmistuksen ja suunnittelun yhteistyön tasosta ja selkiinnyttämään yhteistyön painopistealueita. Haastatteluiden avulla pyrittiin myös kartoittamaan mahdollisia onnistuneita kehitystapauksia.

Yrityksiä oli yhteensä 12 kappaletta, joista kahdeksan alihankkijaa ja neljä päähankkijaa. Alihankkijoilta pyydettiin mielipiteitä heidän kaikkien asiakkaidensa osalta. Samoin päähankkijoilta pyydettiin mielipiteitä kaikkien heidän alihankkijoidensa osalta.

## Haastattelutulosten tarkastelu

Alihankkijoiden kommenttien perusteella voidaan sanoa, että suunnittelu yhteistyö on yleisesti on heikolla tasolla. Jos se olisi hyvällä tasolla, olisivat kommentit painottuneet päähankkijoita kehuvaan suuntaan. Haastatteluiden perusteella ei kuitenkaan voida vetää tarkkoja johtopäätöksiä yhteistyön laadusta, mutta yleisnäkemys niiden pohjalta voidaan muodostaa. Kehittämispotentiaalia siis on.

### 1. Muutosvoimat

Muutosvoimien merkitys oli kaikille osapuolille keskeistä. Kilpailu lisääntyy, markkinat vaativat enemmän ominaisuuksia ja teknologiat kehittyvät. Mikäli ulkoa tulevia muutoksia ei olisi, ei paineita kehittämiseenkään olisi. Muutosvoimat eivät kuitenkaan saaneet juurikaan painoa haastattelussa. Ehkä juuri siksi, että niitä ei voi eliminoida, keskityttiin kehittämisen painoalueisiin.

Tuotantoteknologian osalta lastuavissa koneissa on jossain määrin tapahtunut kehitystä, mutta suurin edistysaskel näyttää tapahtuneen levyn leikkauksessa. Laser-leikkaus on yleistynyt voimakkaasti, mikä näkyy konstruktioissa jo jossain määrin. Levyosia voidaan muotoilla hyvin vapaasti. Lisäksi leikkuupintojen reunoihin ei jää pursetta ja näin vältetään jälkikäsitteilyä.

### 2. Toimittajayhteistyö ja kommunikaatiokysymykset

Toimittajayhteistyö nousi selvästi keskeisimmälle sijalle. Siihen liittyy eniten ongelmia ja kehittämisen potentiaalia. Jokaisella yrityksellä oli kokemusta yhteistyön puutteista ja toisaalta yhteistyön tuomista hyödyistä. Kaikki haastatellut olivat sitä mieltä, että yhteistyön pelisääntöjä ja organisointia olisi kehitettävä. Nykyiset menettelyt ovat vaihtelevia eivätkä kenenkään osalta kirjallisessa muodossa.

Yhteistyön lisääntyessä ratkaistavaksi ongelmaksi jäivät resurssikysymykset kummallakin osapuolella. Esille nousi varsinkin alihankkijoiden kehittämisresurssien puute. Nykyiset henkilöresurssit eivät riitä laajaan kehittämiseen. Jos resursseja lisätään, on ratkaistava kustannusten kattaminen eli se, miten päähankkijat ne maksavat. Yleiskustannusten kautta kaikille kohdistaminen vääristää hinnoittelua. Kustannusten aiheuttamisperiaatteen mukainen kohdistaminen lienee oikeudenmukaisin periaate. Päähankkijat siis maksaisivat tästä palvelusta tavalla tai toisella.

Kommunikaatiomenetelmät eivät sinänsä saaneet suurta sijaa. Yhteisessä käytössä olevia CAD-järjestelmiä ei ollut kenelläkään. Sähköpostin liitetiedostona lähetetään pii-

rustuksia. Tällä tavoin voidaan tehostaa hallinnollisia rutiineita, mutta konstruktiivisiin seikkoihin se ei vaikuta.

Informaatioteknologian kehittyminen (Internet- ja mobiilitekniikat) globaalina muutosvoimana ei juurikaan tullut keskusteluissa esille. Vaikka Internetistä puhutaan paljon tämän päivän liike-elämässä, sen merkitys valmistuksen ja suunnittelun yhteistyössä on ainakin vielä melko olematon.

### *3. Tuotteen, tuotantojärjestelmän ja tuotteen huoltojärjestelmän elinkaari*

Tuotteen elinkaaren eri vaiheissa tapahtuvaa kehittämistä sivuttiin vain lievästi. Yleinen tapa näyttää olevan, että kun tuote on saatu kehitettyä toimivaksi, siihen ei juuri kajota. Suunnittelijat suuntaavat resurssit selkeästi uusien tuotteiden kehittämiseen, ja vanhat konstruktiot saavat jäädä ennalleen. Kuitenkin alihankkijoiden mielestä vanhoissa tuotteissa olisi huomattavan paljon kehittämisen varaa. Osa tuotteista on hyvin vanhoja, jopa yli kymmenenvuotiaita. Jo pelkästään valmistusmenetelmien kehittyminen ja uusien materiaalien soveltaminen antaisivat aihetta vanhojen konstruktioiden päivittämiseen.

Päähankkijan kannalta on vanhojen konstruktioiden päivittämisessä yhtenä ongelmana varaosahuolto ja osan käyttö useissa eri lopputuotteissa. Kun osaa on käytetty useissa erilaisissa lopputuotteissa pitkän ajan kuluessa, ei voida helposti muistaa niiden eri tapauksen olosuhteita, joissa osan tulee toimia (korroosio, staattiset ja dynaamiset voimat, osalle varattu tila, johon sen on mahdollista, paino jne.). Lisäksi joidenkin tuotteiden rakennetta on paranneltu pienissä erissä eri syistä ja viimein saatu aikaan toimiva osa, jolloin jokainen muutos voi sisältää ennalta arvaamattomia riskejä.

Näistä syistä johtuen vanhojen osien muutokset on tehtävä hyvin harkiten.

Tuotanto- ja huoltojärjestelmiä ei sivuttu ollenkaan. Esimerkiksi varaosien valmistus ei näytä tuottavan minkäänlaisia ongelmia kenellekään. Huoltojärjestelmät ovat päähankkijoiden huolena, mutta eivät nousseet esille tärkeänä asiana.

Mielenkiintoisena yksityiskohtana tuli esille kahden alihankkijan näkemys asiakkaan elinkaaresta. He keskittyvät kasvavien ja pitkällä tähtäimellä kestävien asiakkaiden etsimiseen. Tämä on kirjattu heidän strategiaansa.

### *4. Suunnittelijan apuvälineet*

Suunnittelijan apuvälineiden kehittämistä kaivattiin päähankkijoiden puolelta. Tarkistuslistojen laatimista osien ja osakokoonpanojen osalta pidettiin tärkeänä. Samoin tarvittaisiin ohjeita tolerointiin, kiinnittämiseen ja mittauksiin.

Erityisesti toleransseista ja sovitteista löytyi merkittävää kehittämisen varaa. Piirustuksia tarkasteltaessa löytyi yllättävän paljon toleransseja, joihin ei päästy millään. Lisäksi löytyi paljon mitoituksia, joita ei kyetty mittaamaan ollenkaan edes alihankkijan toimesta. Virheellisistä mitoituksista huolimatta osat usein toimivat hyvin päähankkijan lopputuotteen osana.

#### 5. *Uuden tuotteen siirto valmistukseen*

Uuden tuotteen siirto valmistukseen oli joissakin tapauksissa ongelmallista. Alihankkijoiden kannalta uusia tuotteita tulee jatkuvasti ja siihen on totuttu. Päähankkijat olivat aiheesta enemmän huolissaan, varsinkin kun tuote on monimutkainen ja sisältää erilaisia laatuvaatimuksia. Päähankkijat, joille tämä on ongelma, ovat yleensä laatineet ohjeiston, jota siirtovaiheessa noudatetaan.

#### 6. *Valmistuslogistiikka*

Valmistuslogistiikka ei noussut erityisenä asiana esiin. Useilla päähankkijoilla on käytössä osien kuljettamiseen tehdyt erikoislaatikot, joihin alihankkija pakkaa osat. Kuljetuslaatikko viedään sellaisenaan päähankkijan kokoonpanoon. Vaikuttaa sille, että tältä osin ei ole erityisiä ongelmia.

#### 7. *Tuotteen tyyppi tilausohjautuvassa tuotannossa*

Kaikki alihankkijat valmistavat jossain määrin tilausohjautuvasti ainakin osan tuotannostaan. Toistuva erätuotanto on kuitenkin yleisin tuotantotyyppi, jolloin valmistus voi kulkea jossain määrin eri ohjauksessa kuin tilaus-toimitusprosessi. Tuotteen tyyppi ei erityisesti noussut esille. Pääpaino on toistuvan erätuotannon tuotteissa. DFMA-tekniikoita ei näytetä sovellettavan Suomessa alihankkijan näkökulmasta.

### **5.2.2 Onnistuneita kehitystapauksia**

Onnistuneet kehitystapaukset ovat ajalta ennen tämän tutkimuksen tekoa. Tutkimukseen valittiin kolme edustavaa ja hyvin onnistunutta tapausta.

#### **Onnistuneiden kehitystapausten tarkastelu**

Kaikille onnistuneille kehitystapauksille oli yhteistä, että *valmistaja oli mukana heti alusta alkaen*. Kolmessa tapauksessa oli mukana *teollinen muotoilija*, jonka osallistumisesta on syytä tarkastella erikseen. Uuden tuotteen kehittämisprojekti on usein yllätyksellinen. Lopputulosta ei tarkoin tiedä hankkeen alussa. Projekti voidaan jakaa kahteen

osaan: 1) tekninen osa, jolla tarkoitetaan hallinnollisia johtamisrutiineita, organisointia ja muuta muodollista toimintaa, ja 2) innovatiivinen osa, jossa osallistuvat ihmiset jostain syystä innostuvat luomaan uutta – innovoimaan.

Molempien merkitys on suuri. Ne ovat kuitenkin osittain riippumattomia. Vaikka projekti onnistuisi teknisesti hyvin, ei menestystuotetta välttämättä synny. Toisaalta, vaikka projekti epäonnistuisi teknisesti, voi lopputuloksena olla menestystuote.

Mikä sitten saa aikaan onnistuneen innovaatioprosessin? Eräs vaikuttava tekijä saattaa olla teollinen muotoilija. Kun muotoilija hahmottaa uuden tuotteen, hän ei pitäydy totutuissa muodoissa ja rakennemateriaaleissa. Näin ollen hänen hahmotelmansa ei ole piirrettävissä paperille suunnittelijalle tutuilla tavoilla. Suunnittelija joutuu uusille, ennestään tuntemattomille alueille. Hänen on opiskeltava uusia ratkaisuita, jolloin luontevin tapa on kysyä valmistajalta neuvoa. Tämä on ehkä eräs muutosvoima, joka saa aikaan luontevan yhteistyön suunnittelijan ja valmistajan kesken.

Haastatteluiden mukaan alihankkijoilla on laajempaa kiinnostusta osallistua tuotteiden kehittämiseen. Onnistuneissa tapauksissa kehittämisaloite on tullut päähankkijalta, eikä kukaan alihankkija ole kieltäytynyt osallistumasta.

### **5.2.3 Kyselylomakkeen laadinta, kysely ja tulokset**

Yrityshaastatteluiden pohjalta laadittiin kyselylomake, jonka yritykset täyttivät. Lomakkeessa kysyttiin sekä asiakkaisiin että valmistettaviin tuotteisiin liittyviä lukuja. Tavoitteena oli saada numeerista tietoa valmistuksen ja suunnittelun yhteistyön nykyisestä laajuudesta. Lisäksi haluttiin saada alihankkijan näkemys yhteistyön lisäämisen järkevyydestä kaikkien asiakkaidensa osalta.

Tavoitteena oli myös saada käsitystä siitä, onko yhteistyössä tapahtunut muutosta viimeisen vuoden aikana suhteessa historiaan. Tätä varten kysyttiin koko asiakas- ja tuotekantaan liittyvää yhteistyötasoa ja erikseen samat luvut viimeisen vuoden aikana tehtyjen tarjousten suhteen.

Kyselyä varten laadittiin lomake, joka lähetettiin alihankkijan edustajalle täytettäväksi.

Kyselylomakkeet täytettiin vaihtelevasti. Useissa yrityksissä oli tehty erilaisia sekä rakenteellisia että organisatorisia muutoksia viime vuosien aikana. Muutoksista johtuen kaikki lomakkeen kysymykset eivät olleet joko relevantteja, niihin ei pystytty vastaamaan tai niihin ei haluttu vastata. Mm. kaksi yritystä on viime vuosien aikana keskitty-

nyt harvoihin asiakkaisiin, joiden kanssa yhteistyötä on lisätty usealla eri osa-alueella. Yritykset täyttivät lomakkeen ainoastaan näiden asiakkaiden osalta.

Asiakkaiden osalta parhaiten vastattiin aktiivisia asiakkaita koskevaan kohtaan. Muiden kohtien vastauksia oli vähän, eikä niitä raportoida.

Tuotteiden osalta parhaiten vastattiin viimeisen vuoden aikana tarjottujen uusien tuotteiden kohtaan. Muilta osin vastauksia oli vähän, eikä niitä raportoida. Seuraavissa taulukoissa 29–30 olevat yritykset ovat samassa järjestyksessä.

### **Asiakasosio, kysymys: Montako aktiivista asiakasta ja...**

*Taulukko 29. Asiakasosion tulokset.*

|          | ...monenko kanssa osallistuttu tuotekehitykseen? | ...monenko kanssa olisi ollut hyödyllistä osallistua tuotekehitykseen? |
|----------|--|--|
| Yritys 1 | 15 %   | ei vastausta   |
| Yritys 2 | 15 %   | 30 %   |
| Yritys 3 | 10 %   | 30 %   |
| Yritys 4 | 15 %   | 40 %   |
| Yritys 5 | 10 %   | 30 %   |
| Yritys 6 | 100 %  | 100 %  |
| Yritys 7 | 100 %  | 100 %  |
| Yritys 8 | ei vastausta                                     | ei vastausta   |

## Tuoteosio, kysymys: Montako uutta tuotetta tarjottu viimeisen vuoden aikana ja...

Taulukko 30. Tuoteosion tulokset.

|          | ...monessako tuotteessa osallistuttu tuotekehitykseen? | ...monessako tuotteessa olisi ollut hyödyllistä osallistua tuotekehitykseen? |
|----------|--|--|
| Yritys 1 | 20 %   | 40 %   |
| Yritys 2 | ei vastausta   | ei vastausta   |
| Yritys 3 | ei vastausta   | ei vastausta   |
| Yritys 4 | 15 %   | 40 %   |
| Yritys 5 | 5 %  | 30 %   |
| Yritys 6 | 100 %  | 100 %  |
| Yritys 7 | ei vastausta   | ei vastausta   |
| Yritys 8 | 15 %   | 30 %   |

### Kyselyn tulosten tarkastelu

Asiakasosio näyttää, että valmistuksen ja suunnittelun välistä yhteistyötä tehdään melko vähän, lukuun ottamatta yrityksiä 6 ja 7. Ne ovat keskittyneet harvoihin asiakkaisiin, joiden kanssa yhteistyötä on lisätty useilla eri osa-alueilla. Muiden osalta asiakkaista n. 10–15 % osallistuu yhteistyöhön tavalla tai toisella. Alihankkijoiden näkemyksen mukaan yhteistyötä olisi hyödyllistä kasvattaa n. 30–40 %:iin, n. 2–3-kertaiseksi nykyisestä.

Tuoteosiossa yritykset 6 ja 7 poikkeavat muista, kuten edellisessäkin kohdassa. Muiden osalta 5–20 % tuotteista on tavalla tai toisella yhteisesti kehitettyjä. Alihankkijoiden mukaan määrä olisi hyödyllistä kasvattaa noin 30–40 %:iin, noin 2–3-kertaiseksi nykyisestä.

Molempien osioiden luvut ovat hyvin samansuuntaisia, eli yhteistyötä olisi selvästi lisäättävä.

Kun alihankkija vastaa lomakkeen kysymyksiin, hän ottaa pääasiassa kantaa piirustuksen ja oman valmistusprosessin väliseen yhteensopivuuteen. Useissa tapauksissa alihankkija ei tiedä, minkälaiseen laitteeseen osa kuuluu, eikä näin ollen voi tietää osan muista konstruktivisista kehitysmahdollisuuksista. Tämä havainto tukee sitä käsitystä,

että vielä niinkin myöhään kuin piirustusta laatiessa suunnittelijan olisi hyödyllistä keskustella valmistajan kanssa yksityiskohdista.

Yhteistyössä tapahtunutta mahdollista muutosta ei voida arvioida vastausten pohjalta. Olisi tarvittu enemmän täydellisesti vastattuja lomakkeita.

#### **5.2.4 Case-testaus valituilla tuotteilla ja tulokset**

Case-testaus tehtiin samoilla tuotteilla, joista Koneali-projektin puitteissa tehtiin aikatutkimukset alihankkijan tuotannossa. Aikatutkimuksessa valmistuksen päävaiheet jaettiin tarkempiin työvaiheisiin erityisesti asetusten osalta. Asetukset oli jaettu sisäisiin ja ulkoisiin asetuksiin, ja lisäksi ne luokiteltiin tarkemmin asetusanalyysin näkökulmasta. Luokittelu perustuu Shigeo Shingon kehittämään SMED-järjestelmään – Single Minute Exchange of Die (Shingo).

Case-testauksen tavoitteena oli selvittää, saadaanko valmistuksen ja suunnittelun yhteistyön avulla kehitettyä valittuja tuotteita. Millä keinoin, millä kustannuksilla ja millälaisia hyötyjä voitaisiin saavuttaa?

Testaus tehtiin siten, että aikatutkimuksen jälkeen pidettiin alihankkijan tehtaalla suunnittelukokous, johon osallistuivat tutkijoiden lisäksi valmistuksen edustajat. Kokouksessa haettiin kehitysideoita konstruktion valmistusystävällisyyden lisäämiseksi.

Lopuksi pidettiin yhteinen kokous päähankkijan suunnittelun ja alihankkijan edustajien kanssa. Kokouksessa käytiin läpi valmistuksen ehdottamat ideat tehdyn aikatutkimuksen pohjalta. Kokouksessa käsiteltiin konstruktiota laajemmin ottaen huomioon myös muut mahdolliset tekijät. Suunnittelijalla oli ymmärrys konstruktion liittyvistä muista vaatimuksista.

#### **Case-testauksen tulosten tarkastelu**

- Liian tarkkoja toleransseja on paljon.
- Sijainti- ja muototoleranssien ymmärtämisessä on puutteita sekä alihankkijoiden että suunnittelijoiden keskuudessa.
- Piirustuksissa on mittoja, joita ei normaaleilla konepajan mittausvälineillä kyetä mittaamaan alihankkijan tuotannossa eikä päähankkijan tavarantoimituksessa. Joissakin tapauksissa olisi hyödyllistä kehittää tulkki kummankin osapuolen käyttöön.



- Useissa case-tapauksissa löydettiin merkittäviä kehittämismahdollisuuksia yhteisessä suunnittelupalaverissa, jossa kummatkin osapuolet olivat edustettuna.
- Osassa case-tapauksia ei löydetty kehitettävää. Näissä tapauksissa valmistuksen ja suunnittelun yhteistyötä oli tehty jo pitkään.
- Uusimmat valmistusmenetelmät eivät ole täysin suunnittelun tiedossa. Esimerkiksi laser-leikkauksen soveltamista voisi lisätä ja näin vähentää valmistettavien osien määrää.
- Alihankkijan mahdollisuuksia asetuskustannusten alentamiseen yksinään pidettiin kaikissa tapauksissa olemattomina. Sen sijaan yhteisessä suunnittelukokouksessa saatiin heti tuloksia aikaiseksi, mikäli tuotetta ei aiemmin ollut yhteisesti käsitelty.
- Yrityksillä oli poikkeuksetta suuri kiinnostus yhdessä kehittämiseen. Se, että tutkijat olivat kokouksissa läsnä, ei haitannut ideointia ja uusien ratkaisuiden kehittämistä.
- Protopaja päähankkijalla aiheutti eräässä tapauksessa ongelmia. Kun suunnittelija sovittaa konstruktion omaan protopajaan, tulee ongelmia varsinaisen tuotannon käynnistämässä. Protopajaa tarvittaneen edelleenkin, mutta tuleva valmistaja olisi integroitava mukaan jollain lailla heti alusta alkaen.
- Laatuvaatimukset tulivat eräässä tapauksessa voimakkaasti esille vanhojen tuotteiden muutoksissa. Jotkut lopputuotteet myydään markkinoilla, joilla edellytetään erityisiä hyväksymismenettelyitä tiettyjen laatuvaatimusten mukaisesti, esimerkiksi terveydenhoidossa käytettävät laitteet, jotka käyvät läpi vaativat testaus- ja hyväksymismenettelyt. Jos näihin tuotteisiin tehdään pienikin muutos, on laite näiltä osin uudelleen hyväksyttävä. Näissä tapauksissa vanhojen konstruktioiden muutoksia tehdään vain erityisistä syistä.

### 5.2.5 Tulosten yhteistarkastelua

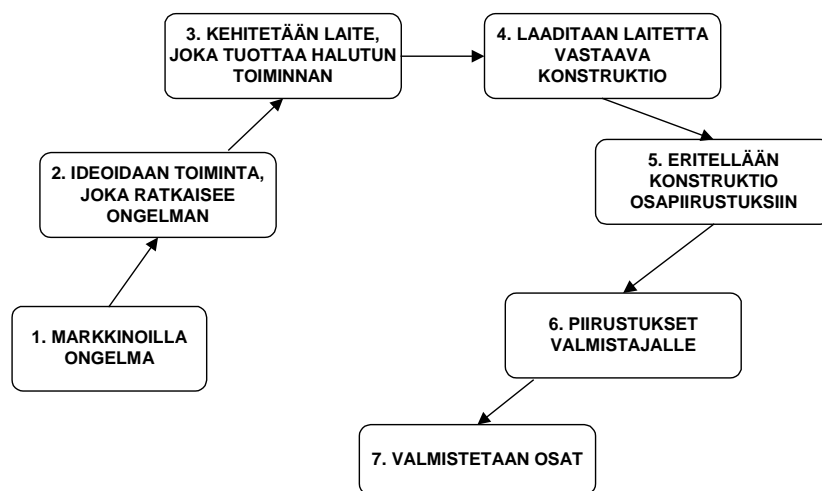
Tulokset osoittavat selvästi, että valmistusteknologian huomioonottaminen suunnittelussa on monisyinen ongelma. Suunnittelijoiden kokemus ei millään voi riittää alati kehittyvän valmistusteknologian jatkuvaan huomioimiseen. Toisaalta tuotteen volyymit usein kasvavat ja alkuperäinen valmistusmenetelmä on vaihdettava taloudellisempaan. Valmistustoiminnan lisääntyvä ulkoistaminen on heikentänyt suunnittelijoiden valmistusteknistä osaamista, samoin kokeneen suunnittelijakunnan eläköityminen ja muista syistä ammatissa lopettaminen. Tilannetta hankaloittavat edelleen markkinoilla lisää-

tyvät laatuja järjestelmävaatimukset, jotka on ulotettava tavalla tai toisella alihankkijoiden toimintaan saakka.

Yleinen globalisaatio on avannut rajoja ja lisännyt kilpailua edelleen. Tuotannon siirto halvan työvoiman maihin on saamassa lisääntyvää jalansijaa myös suomalaisessa teollisuudessa. Halvemalla työvoimalla voidaan helposti kompensoida rakenteelliset kustannusongelmat, mm. epätaloudelliset konstruktiot.

Tulosten valossa näyttääkin sille, että yhteistyön voimakas lisääminen on ainoa keino nopeasti siirtää valmistusteknistä osaamista suunnittelijoiden kautta konstruktiioihin. Suunnittelijoiden koulutuksessa näyttäisi myös olevan kohentamisen varaa. Tästä ovat osoituksena mitoitus- ja tolerointiongelmat sekä mittausmenetelmien heikko hallinta.

Jos tarkastellaan koko tuotekehitysprosessia markkinoiden tarpeesta lähtien, voidaan erottaa ainakin seuraavat osat: 1) markkinoilta löydetään ongelma, 2) ideoidaan toiminta, joka ratkaisee ongelman, 3) kehitetään laite, joka tuottaa halutun toiminnan, 4) laaditaan laitetta vastaava konstruktio, 5) eritellään konstruktio osapiirustuksiin, 6) lähetetään piirustukset valmistajalle ja 7) valmistetaan osat.



Kuva 46. Tuotekehitysprosessi.

Kuvan 46 kohta 6 on perinteinen vaihe, jossa alihankkija saa piirustukset käsiinsä. Kyselytutkimuksen tulokset osoittavat, että vielä tässäkin vaiheessa kannattaa lisätä yhteistyötä.

Haastattelututkimuksessa alihankkijat ja päähankkijat ottivat kantaa koko tuotekehitysprosessiin ja kannattivat yhteistyön lisäämistä koko prosessiin. Alihankkijat painottivat osallistumista erityisesti. Päähankkijat kannattivat myös, mutta vallitseva hankintapoli-

tiikka ei kaikilla mahdollista alihankkijan valintaa heti kehitysprojektin alussa. Halutaan siirtää alihankkijapäätös myöhäisempään hetkeen.

Case-tutkimus osoitti, että käsittelemällä konstruktio yhdessä suunnittelun, valmistuksen ja muiden asianosaisten kanssa, voidaan osa suunnitella kokonaan uudelleen ja saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä; ollaan yleensä kuvan 46 kohdassa 4 tai 5.

Onnistuneissa kehitystapauksissa valmistaja osallistui prosessiin heti alusta alkaen. Parhaat tulokset saavutettiin, kun yhteistyö alkoi kuvan 46 kohdassa 3. Ratkaistavaksi ongelmaksi jää se, miten yhteistyöprosessia voitaisiin kehittää tähän suuntaan.

### **5.2.6 Yhteistyön lisäämisen mahdollisuudet ja keinot**

Yhteistyötä tarvitaan tuotteen koko elinkaaren ajan, alusta loppuun. Yhteistyömuoto elinkaaren eri vaiheissa on selvästikin erilainen. Uuden tuotteen kehitysprosessi poikkeaa huomattavasti olemassa olevan tuotteen parantamisesta.

Yhteistyö näyttää jakaantuvan kahteen erilliseen osaan:

1. Yhteistyöprosessin tekniseen organisointiin. Tarvitaan ennalta suunniteltu johtamisjärjestelmä, joka sisältää kokousmenettelyt, raportit, kustannuseurannan, aikatauluseurannan, vastuut ja valtuudet jne.
2. Yhteistyöprosessin innovatiiviseen osaan. Millä tavoin saadaan aikaan menestyksellinen innovaatioprosessi, jossa kaikki osapuolet antavat kaikkensa ja vähän yli?

Joissakin tapauksissa yhteistyö on ilmeisestikin projektityyppistä eli hankkeella on alku ja loppu. Joissakin tapauksissa yhteistyö voisi ehkä olla prosessityyppistä toimien jatkuvasti.

Haastatteluissa ilmeni, että kaikki osapuolet pyrkivät jonkin asteiseen riippumattomuuteen eli hyvin voimakasta sitoutumista yhteen osapuoleen vältetään. Halutaan välttää riskejä. Alihankkijat tyypillisesti haluavat rajoittaa yhden päähankkijan osuuden selvästi alle 50 %:iin kokonaisvolyymista. Toisaalta päähankkijat useissa tapauksissa haluavat vähintään kaksi toimittajaa per tuote, varsinkin kriittisissä osissa. Yhteistyön aloittaminen tuotekehitysprosessin alussa edellyttää toimittajan valintaa jo tuolloin, vaikka ei vielä tiedetä, minkälaisia osia tullaan valmistamaan ja millä hinnoin. Jotkut tutkimuksessa olleet yritykset olivat ratkaisseet ongelman ja yhteistyö toimii.

Näiden haastatteluiden ja pohdintojen pohjalta herää joukko kysymyksiä, mm:

- Jos päähankkija sitoutuu yhteen alihankkijaan, millä voidaan vakuuttua siitä, että valmistajan osaaminen on jatkuvasti maailmanluokkaa?
- Edelleen, millä varmistetaan valmistuksen jatkuminen, jos alihankkijalle tapahtuu jotakin?
- Millä alihankkija pärjää, jos päähankkijalle tapahtuu jotakin tai tuotteen valmistus päättyykin ennen aikojaan?
- Millä edellytyksillä alihankkija voisi investoida tuotekohtaisiin valmistuslinjoihin?
- Jos alihankkijalla on suuri joukko päähankkijoita, miten varmistetaan sen jatkuva mielenkiinto jatkuvaan kehittämiseen?
- Miten pitkälle alihankkijan henkilöresurssit riittävät yhteistyöhön, varsinkin jos on useita päähankkijoita?
- Pitäisikö alihankkijoiden keskittyä nykyistä huomattavasti harvempiin päähankkijoihin eli karsia osa asiakkaista pois?
- Pitäisikö päähankkijoiden omistaa alihankkijoiden osakkeita, jotta vaikutusmahdollisuudet säilyvät?

Yhteistyön perusedellytyksenä lienee keskinäinen luottamus. Miten se sitten saavutetaan, jää ratkaistavaksi ongelmaksi. Kysymys on ongelmallinen erityisesti päähankkijan kannalta. Sen olisi tehtävä toimittajavalinta aikaisessa vaiheessa ja luovuttava perinteisestä tarjouskilpailumenettelystä. Alihankkijoille aikainen mukaan tulo on myös ongelmallinen. Pitää sitoutua resurssien käyttämiseen, vaikka ei vielä tiedetä, minkälaista tuotantoa uusi tuote tulee edustamaan. Myös sellainen riski on mahdollinen, että tuotekehityshanke epäonnistuu ja kaikki käytetyt resurssit valuvat hukkaan.

Vallitseva markkinatalousjärjestelmä perustuu vapaaseen kilpailuun, jossa jokaisella toimijalla on itsekäät tavoitteet. Luottamuksen rakentaminen näissä puitteissa on hyvin ongelmallista mutta monien tutkimusten mukaan ainoa mahdollisuus selvittää hengissä verkostoituvassa maailmassa.

### **5.3 Johtopäätökset ja suositukset**

Tutkimuksen perusteella näyttää siltä, että eniten kehittämispotentiaalia on seuraavissa alueissa:

### *1. Toimittajayhteistyö*

Toimittajayhteistyössä tärkeimpänä olisi systemaattisuuden lisääminen, ehkä kirjallisesa muodossa oleva yhteistyöproseduuri, joka olisi lisätty sopimukseen. Erityisen tärkeitä olisivat erilaisten yhteistoimintaa jarruttavien esteiden tarkempi analyysi ja niiden poistamiseen tähtäävät menettelyt. Yhteistyökysymykset ovat joissakin tapauksissa hankintastrategiaan kirjattavia asioita. Pitkäaikaisilla sopimuksilla voidaan useissa tapauksissa vähentää yhteistoiminnan esteitä. Erilaiset tarjouskyselymenettelyt ovat myös omiaan heikentämään luottamusta.

Tutkimuksen tulokset tukevat sitä ajatusta, että valmistajan valinta heti alusta lähtien ja konstruktion kehittäminen tiiviissä yhteistyössä tuottavat parhaat tulokset. Päähankkijan kannalta keskeiseksi kysymykseksi nousee oikean alihankkijan valinta. Millä kriteereillä se pitäisi valita? Päähankkijalla on oltava hyvä valmistustekniikan tuntemus, jotta valinta osuu oikeaan. Alihankkijan kannalta keskeinen kysymys on kehittämisresurssien löytäminen yhteistyön volyymin lisääntyessä. Alihankkijalle myös lisääntyneiden kustannusten kohdistaminen ja veloittaminen nousevat ongelmaksi. Jos kustannukset lisätään yleiskustannusten kautta kaiken tuotannon päälle, on kaikkien asiakkaiden tuotehintoja nostettava. Jos taas kustannukset lisätään ko. päähankkijan tuotteiden päälle, on olemassa riski, että kilpailija pystyy tarjoamaan halvemmalla valmiiksi kehitetyn tuotteen seuraavassa tarjouskierroksessa. Selkein tapa olisi se, että alihankkija veloittaisi syntyneet kustannukset siltä asiakkaalta, jonka tuotteita kehitetään. Ongelmaan ei ole valmista ratkaisua. Kun yhteistoimintaa muutetaan em. suuntaan, lienee järkevää vähentää kummankin osapuolen riskejä sopimusteknisin keinoin.

### *2. Tuotteen elinkaaren vakiintumisvaiheessa olevien tuotteiden edelleen kehittäminen ja päivittäminen*

Vanhoja tuotteita, joita valmistetaan ja myydään, on lukuisasti. Niiden edelleen kehittämiseen tarvittaneen myös jonkinlainen yhteistoimintaproceduuri. Näissä valmistaja voisi olla aktiivisempi osapuoli, koska muutokset syntyvät helpoiten tuotannon piirissä valmistusmenetelmien ja materiaalien kehittymisen myötä. Volyymimuutosten vaikutus näkyy ensimmäisenä alihankkijan tuotannossa. Alihankkijan aktiivinen rooli parantaisi myös hänen kilpailukykyään. Päähankkijat todennäköisesti suosivat aktiivista alihankkijaa enemmän kuin passiivista. Kehittäminen luo myös uutta taloudellista jakevaraa, josta ainakin osan voisi olettaa jäävän alihankkijalle.

### *3. Suunnittelijan apuvälineiden kehittäminen*

Suunnittelijoiden perusongelma on aina ollut valmistusmenetelmien ja niihin liittyvien asioiden puutteellinen tuntemus. Erilaisilla ohjeilla, koulutustapahtumilla ja yhteisoi-

mintamenettelyillä voitaisiin pienentää suunnittelijan taitojen ja olemassa olevien mahdollisuuksien välistä kuilua varsinkin silloin, kun usealta taholta tuli esille huoli kokeemman suunnitteluhenkilöstön vähenemisestä. Ongelmaksi muodostuvat näiden apuvälineiden kehittämisvastuu ja kehittämisen kustannukset.

## 5.4 Yhteenveto

Tutkimuksessa mukana olleilla alihankkijoilla on yhteensä noin 1 000 asiakasta. Näistä osa on päällekkäisiä, joten erillisten asiakkaiden todellinen määrä varovaisesti arvioiden lienee vähintään 500. Päähankkijoilla vastaavasti alihankkijoita on noin 50. Suomalaista pk-konepajateollisuutta ajatellen määrä on suuri, joten tutkimuksen luotettavuus lienee hyvä ja tulokset hyvin yleistettävissä koskemaan koko suomalaista pk-konepajateollisuutta.

Tutkimus jakaantui kolmeen osaan:

- 1) Haastattelututkimus, jolla haettiin yleiskäsitystä valmistuksen ja suunnittelun nykyisestä tasosta. Lisäksi kartoitettiin mahdollisia onnistuneita kehitystapauksia.
- 2) Kyselytutkimus, jossa alihankkijoille lähetettiin lomake täytettäväksi. Tavoitteena oli saada numeerista tietoa valmistuksen ja suunnittelun nykyisestä laajuudesta.
- 3) Case-testaus valituilla tuotteilla. Jokaisen alihankkijan tuotannossa tehtiin aikatutkimus valittujen tuotteiden osalta. Nämä tuotteet käsiteltiin yhteisissä päähankkijan ja alihankkijan välisissä kokouksissa, joissa haettiin keinoja konstruktoiden taloudellisuuden lisäämiseksi.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että

valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö alihankintatoiminnassa on melko vähäistä; noin 10–15 % päähankkijoista osallistuu alihankkijan kanssa yhteiseen tuotekehitykseen. Alihankkijoilla olisi puolestaan mielenkiintoa lisätä yhteistyötä huomattavasti. Case-tapaukset puolestaan osoittivat, että lisäämällä yhteistyötä konstruktiovaiheessa voidaan saavuttaa merkittäviä hyötyjä.

Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyön lisäämiseen liittyviä päätelmiä olivat mm:

Erityisen tärkeäksi nousi yhteistyö uusien tuotteiden kehittämisessä. Olemassa olevien tuotteiden kehittäminen on usein ongelmallista. Muutoksiin voi sisältyä

ennakoimattomia riskejä. Joissakin tapauksissa markkinoiden edellyttämät laatu- ja järjestelmävaatimukset vaikeuttavat vanhojen tuotteiden muutoksia.

Yhteistyön lisäämistä puoltaa myös kokoneemman suunnittelijakunnan vähentyminen mm. eläkkeelle siirtymisten takia. Valmistusteknologioiden hallinta suunnittelussa näyttää olevan lisääntyvä ongelma. Suunnittelijoiden apuvälineiden kehittäminen tulee olemaan eräs tärkeistä kehitettävistä asioista.

Yhteistyön lisäämisen mahdollisuuksia näyttää yleisesti rajoittavan molempien osapuolten halu välttää sitoutumista toisiinsa kovin vahvasti. Halutaan hallita riskejä. Tästä on myös poikkeuksia. Tutkimuksessa oli kaksi alihankkijaa, jotka toimivat harvojen päähankkijoiden kanssa. Molemmat osapuolet olivat näin ottaneet riskin. Näissä tapauksissa yhteistyö oli jatkuvaa ja intensiivistä sekä myös tuloksellista.

## 6. Investoinnit alihankintaprosessissa

### 6.1 Johdanto

Kun tarkastellaan tuotannollisia investointeja yrityksessä, joka markkinoi itse kehittämäänsä ja valmistamiaan tuotteita, kantaa yritys myös riskin näistä hankinnoista. Investointistrategia on osa yrityksen muuta strategista suunnittelua ja toteutusta. Investointien on liityttävä omien tuotteiden valmistamiseen. Investointeja suunniteltaessa huomioidaan aina pidemmän tähtäimen tuote- ja markkinointistrategia. Tuotantoinvestoinnit voivat perustua yleiskoneisiin tai erikoiskoneisiin, jotka on tarkoitettu tiettyjen tuotteiden valmistamiseen suunnitellulla volyyymilla. Erikoiskoneet voidaan usein suunnitella konfiguroitaviksi siten, että niillä voidaan valmistaa joitakin tuoteryhmiä. Näissä valinnoissa ovat luonnostaan mukana kaikki yrityksen toiminnot. Tuotekehitys ja -suunnittelu ovat tärkeässä asemassa.

Investointivalinnat suuntaavat luonnostaan tuotteiden kehitystä ja -suunnittelua. Kaiken kaikkiaan tuotesuunnittelu ja tuotantotoiminta ovat jatkuvassa vuorovaikutuksessa jollakin tavalla. On hyvin tavallista, että investoinneissa otetaan tietoisia tai tiedostamattomia riskejä, jotka toteutuvat. Näiden kautta saavutetaan joskus voittoja ja joskus tappioita. Kokemusten kautta yrityksen organisaatio oppii jatkuvasti ja näin pystyy parempiin suorituksiin. Oppiminen maksaa takaiskujen kautta joka tapauksessa enemmän tai vähemmän.

Usein investoinnit lähtevät liikkeelle siitä ajatuksesta, että vuosittain on investoitava tietty prosentti käyttöomaisuuden arvosta kilpailukyvyn säilymiseksi. Jos eletään pidempiä ajanjaksoja ilman investointeja, huomataan helposti, että kilpailukyky heikkenee. Lisäksi organisaation osaaminen ja motivaatiot uudistumiseen heikkenevät. Lopputulos voi olla katastrofaalinen.

Kun tätä taustaa vasten ajatellaan valmistustoiminnan ulkoistamista eli siirtymistä alihankintapohjaiseen valmistustoimintaan, tullaan mielenkiintoisten kysymysten eteen. Yrityksen ulkoistaessa tuotantonsa helpottuu yrityksen päätöksentekijöiden elämä huomattavasti. Ei tarvitse enää ottaa kantaa investointeihin ja kantaa niihin liittyviä riskejä. Annetaan hankintaosaston vastuulle valmisteiden hankinta.

Mutta onko asia kuitenkaan näin yksinkertainen? Millä kriteereillä alihankkija tekee omat investointipäätöksensä? Liittyvätkö ne millään tavalla päähankkijoiden tuote- ja markkinastrategioihin? Vai onko lopputuloksena tilanne, jossa alihankkija investoi pelkästään yleiskoneisiin, joilla voidaan tehdä tuotantoa useille eri asiakkaille? Onko mah-



dollista, että päähankkija tulee menettämään pitkällä tähtäimellä kilpailukykyään, koska tuotteita varten ei rakenneta enää erikoiskoneita?

Onko lopputulos se, että päähankkijan ja alihankkijan strategiat eivät yhdy missään kohtaa?

Tilanne mutkistuu edelleen, kun tarkastellaan yritysverkostoja, joissa vertikaalisuunnassa voi olla useita valmistajia.

Tarkasteltaessa valmistettavan osan luonnetta voidaan helposti löytää tuotteita, joiden valmistamiseen ei liity missään tapauksessa erityisiä investointeja, esimerkiksi yksinkertaiset teräsakselit. Toisaalta voidaan löytää tuotteita, joiden valmistaminen edellyttää varmasti erikoiskoneita, esimerkiksi suurivolyymiset tuotteet, kuten kännykät.

## **6.2 Tavoite ja tutkimusmenetelmä**

Tämän tutkimusosion tavoitteena on selvittää, millä tavoin Koneali-hankkeessa mukana olevat yritykset investointiongelmia tarkastelevat. Ratkaisumalleja ei pyritä kehittämään, vaan pikemminkin haetaan pohjaa uusille hypoteeseille ja sitä kautta ehkä uusille tutkimusongelmille.

Tutkimusmenetelmänä ovat viitekehyksen pohjalta suoritettavat haastattelut. Haastatteluista on laadittu yhteenveto ja johtopäätökset.

## **6.3 Investoinneista yleistä**

Investoinnit ovat hankintamenoja, jotka maksetaan pitkän ajan kuluessa. Niihin liittyy aina jonkinlainen riski. Siitä, että investointiin perustuva liiketoiminta ei jostain syystä sujukaan suunnitelmien mukaan eikä investointia voida hyödyntää muussa toiminnassa, aiheutuu tappioita.

Alihankintasuhteessa peruslähtökohta on se, että alihankkija tekee investointeja, joilla se pyrkii lisäämään liiketoimintaa valitsemillaan markkinoilla. Samoilla tuotantoprosesseilla tuotetaan tuotteita ja palveluita useille asiakkaille. Alihankkija etsii omaan tuotantoprosessiinsa soveltuvia päähankkijoita. Vastaavasti päähankkija etsii omiin tuotteisiinsa soveltuvia alihankkijoita.

On kuitenkin tapauksia, joissa taloudellinen tuotanto edellyttäisi päähankkijakohtaisia investointeja. Miten näissä tapauksissa sitten pitäisi menetellä? Periaatteessa on kaksi lähtökohtaa:

1. Päähankkija hankkii tarvittavat tuotantokoneet ja -laitteet

Tällöin päähankkija luovuttaa laitteet alihankkijan käyttöön ja aktivoi niiden hankintamenon omaan taseeseensa. Päähankkija kantaa riskin ja kirjaa poistot omaan tuloslaskelmaansa.

2. Alihankkija hankkii tarvittavat tuotantokoneet ja -laitteet

Tällöin alihankkija aktivoi niiden hankintamenon omaan taseeseensa, kantaa riskin ja kirjaa poistot tuloslaskelmaansa.

Ensimmäinen kohta on ongelmallinen. Miten päähankkija voi varmistua siitä, että laitteita käytetään huolellisesti ja että niitä hoidetaan ja huolletaan asianmukaisella tavalla? Miten pitäisi menetellä, jotta alihankkija voisi käyttää laitteita myös muiden päähankkijoidensa tuotantoon? Päähankkijalla ongelmaksi nousee myös käyttöomaisuuskirjanpito. On pidettävä kirjaa siitä, missä mitäkin laitteita milloinkin on ja mikä on niiden käytettävyyden ja kunto. Vaihdettaessa alihankkijaa on tiedettävä laitteiden yhteensopiavuus uuden alihankkijan tuotantoprosessiin. Erilaiset vastuukysymykset nousevat myös esille. Miten menetellään rikkoontumistapauksissa ja miten voidaan varmistua rikkoontumisen syistä? Alihankkijan kannalta ongelmana ovat myös laitteiden aiheuttamat lisäkustannukset. Tarvitaan varastointitiloja, laitteita on huollettava, niitä siirretään ja käsitellään erilaisissa tilanteissa. Millä tavalla kustannukset pitäisi veloittaa päähankkijalta? Miten hoidetaan aika ajoin tehtävät laajennukset ja päivitykset laitteistoon?

Toisen kohdan ongelmana on alihankkijan riski, joka kohdistuu yhden asiakkaan ja ehkä yhden tuotteen tulevaisuuteen. Millä alihankkija voi hallita riskit tulevaisuuden ongelmatilanteissa? Muilta osin alihankkijan investointien laitteiden hallinta ja huolto kuuluvat normaaliin toimintaan. Laitteita voi käyttää kaikkien päähankkijoiden tuotantoon, ja niiden käyttöomaisuuskirjanpito hoidetaan, kuten muidenkin koneiden.

## 6.4 Viitekehyksen rakentaminen

Juha-Miikka Nurmilaakso käsittelee investointiongelmaa teoksessaan ”Yritysverkostojen taloustieteellinen tarkastelu”, VTT Julkaisuja, Espoo 2000. Seuraavassa referoidaan hänen teostaan.

*Yritysverkostojen teoriassa ovat keskeisessä asemassa epätäydelliset sopimukset ja epäsymmetrinen informaatio. Vaikka koordinaatiokustannukset alenisivat tek-*

*nologian kehityksen myötä olemattomiksi, päähankkijan kannattaa rajoittaa toimittajiensa lukumäärää, jotta toimittajat tekisivät spesifisiä mutta sopimuksettomia investointeja suhteeseen. Toisaalta yrityksillä saattaa olla yksityistä informaatiota hankkeen kannattavuuden kannalta kriittisistä tekijöistä, joiden paljastaminen ei onnistu riittävän nopeasti taloudellisiin mahdollisuuksiin nähden.*

Teoksessa käsitellään investointiongelmia laajasti. Lähtökohtana pidetään, että päähankkija ei investoi alihankkijan tuotantoon vaan odotetaan, että alihankkija ottaisi riskin ja investoisi. Ongelmana onkin se, miten ja millä konstein alihankkija saataisiin tekemään tarvittavat investoinnit.

*Verkostoitumisen keskeiseksi välineeksi on esitetty useassa yhteydessä luottamusta, johon verkostoyritykset perustavat toimintansa yritysverkossa. Luottamus on luonteeltaan institutionaalinen arvo, jonka ilmeneminen on hyvin kulttuurisidonnaista. Luottamusta ei voida asettaa sopimuksiin, vaan se syntyy tuloksena jatkuvasta kehitysprosessista, jossa ”talouden valinta” karsii ”sokeasti luottavat” toimijat. Vaikka inhimillinen käyttäytyminen on aiotusti rationaalista mutta vain rajallisesti sitä, tämä ei tarkoita sitä, että osapuoli toimisi epäitsekkään hyväntahtoisesti. Tämän vuoksi luottamuksen rakentamisessa tarvitaan välineitä, jotka eivät perustu luottamukseen.*

Teoksen mukaan luottamus on keskeinen väline, jolla alihankkija saataisiin tekemään spesifisiä investointeja. Tämän mukaan aloite investointien käynnistämiseen onkin päähankkijalla, koska tarvitaan nimenomaan alihankkijan luottamusta päähankkijan suuntaan.

Seuraavassa esitellään joitakin verkostoitumisen taloudellisia välineitä, jotka ovat luonteeltaan osin samankaltaisia mutta käyttötarkoituksiltaan erilaisia.

***Pantit.*** *Williamson on tarkastellut panttien käyttöä vaihdannassa, kun alihankkija valmistaa päähankkijalle tuotteita yleisen teknologian sijasta spesifisiä investointeja vaativalla edistyksellisellä teknologialla. Tässä vaihdannassa pantteja voidaan käyttää toimittajalle eräänlaisena vakuutuksena, joka toimii sekä päähankkijoiden ex ante -suodattimena että pelotteena ”vastuuttomalle” ex post -irtautumiselle.*

***Maine.*** *Maine on eräänlainen aineeton resurssi, joka on hyödyllinen liiketoiminnalle ympäristössä, jolle ovat luonteeltaan lukuisat odottamattomat sattumat. Maine heijastaa toimijan menneitä käyttäytymistä, jolloin sitä voidaan käyttää ennusteena tämän tulevasta käyttäytymisestä. Maine voi tarjota implisiittisen lupauksen reilusta tai järkevästä ratkaisuprosessista, kun tapahtuu sopimuksen eh-*

tojen suhteen kattamaton tapahtuma. On selvää, että mitä enemmän osapuolella on uskoa vastapuolen kykyyn ja haluun täyttää sopimukselliset aukot järkevällä tavalla, sitä alhaisemmat kustannukset syntyvät liiketoiminnassa.

**Vertikaalinen ohjaus.** Verkostoitumisen kannalta vertikaaliseen ohjaukseen perustuvilla välineillä on keskeisenä ominaisuutena riskien jakaminen. Voidaan erottaa kolme tapausta:

1. *Kaksiosainen hinnoittelu, jossa hinnoittelu koostuu sovitusta kiinteästä maksusta  $F$ , joka on maksettava ennen vaihdantasuhteen alkamista. Kun ostaja on suorittanut tämän maksun, se ostaa myyjältä tuotetta sovitun määrän  $q$  sovitulla hinnalla  $p$ . Tällöin vaihdannan kokonaisarvoksi saadaan  $T=F + p*q$ .*
2. *Rajoitettu määrä, jossa ajatuksena on, että ostaja ja myyjä sopivat vaihdannan määrän ennalta siten, että molemmat osapuolet sitoutuvat kaikissa tapauksissa ostamaan ja myymään vähintään määrän  $q'$  ja enintään määrän  $q''$ . Hinta on sovittu ennalta.*
3. *Rajoitettu hinta, jossa ostaja ja myyjä sopivat vaihdannan hintavälistä. Hinta riippuu ”maailmantilasta määräytyvän” hinnan perusteella. Rajoitettu hinta edellyttää sitä, että vaihdantaan liittyvä määrä on sovittu ennalta.*

**Lisensiointi.** Lisensiointi on järjestely, jossa lisenssinhaltija saa luvan hyödyntää lisenssinantajan tuotemerkkiä tai keksintöä. Lisensioinnin kohdalla tarkastelu painottuu edustus sopimukseen ja teknologialisensseihin.

**”Kevyet” omistusjärjestelyt.** Näissä molemminpuolinen sitoutuminen saavutetaan omistajuuden avulla. Nämä järjestelyt ovat kevyitä, koska kyseessä on vähemistöomistus. Voidaan erottaa kaksi tapausta:

1. *Yhteisomistus, jossa yhteistyöyritykset perustavat yhteisesti erillisen yrityksen. Näillä yrityksillä on ennalta määritetty oikeus yhteisyrityksen jäännöstuloihin ja valtaan sen päätöksenteossa. Koska yhteisomistuksesta voidaan irtaantua yksipuolisesti myymällä omistusosuus yhteisyrityksestä, se soveltuu hyvin myös lyhytaikaisiin suhteisiin. Käytännössä yhteisomistusta käytetään usein perustamalla yhteistä T&K-hanketta varten yhteisyritys, joka yhteistyön päättyessä esim. integroidaan johonkin yhteistyöyritykseen.*
2. *Ristiinomistus, jolla tarkoitetaan ”suoraa” omistusjärjestelyä, jossa yhteistyöyritykset omistavat toisistaan osuuden. Yrityksillä on ennalta määritetty oikeus yhteisyrityksensä jäännöstuloihin ja valtaan sen päätöksenteossa. Tällöin yhteistyöyrityksillä on edustajansa toistensa hallituksissa, jolloin ne saavat*

*päätösvallan lisäksi informaatiota yhteistyöyrityksistään. Ristiinomistuksen täydellinen purkaminen edellyttää molemminpuolisuutta, joten ristiinominen on tarkoitettu ennen kaikkea pitkäaikaiseen suhteeseen, joka on luonteeltaan strategista yhteistyötä.*

Edellä mainittujen välineiden lisäksi asiakkaan on tarjottava toimittajille erilaisia kannustimia, jotta toimittajan motiivit sopimuksettomiin investointeihin säilyvät. Teoksessa tarkastellaan toimittajalukumäärän vaikutusta toimittajien motiiveihin.

*Vaikka siirtyminen pienempään lukumäärään toimittajia ei johtuisi muutoksista koordinaatiokustannuksissa, mittakaavassa tai toimittajien monipuolisuudessa, alhaisempi hinta ei ole usein niin tärkeä tekijä kuin parempi laatu. Pienempien ja tiiviimpien verkostojen edut eivät ole vain laadussa vaan myös innovatiivisuudessa. Kaikki nämä ominaisuudet edellyttävät osapuolilta sopimuksettomia investointeja, jotka ovat spesifisiä suhteelle.*

*Lisäksi hankkijan kannalta voi olla optimaalista rajoittaa niiden toimittajien lukumäärää, joiden kanssa se tekee liiketoimia. Tälle tulokselle on perusteluna se, että toimittaja kykenee anastamaan enemmän investointiensa tuotosta, jos hankkijalla ei ole liian monta vaihtoehtoista toimittajaa. Tämän seurauksena toimittajalla on suurempi ex post -neuvotteluvoima ja siten suuremmat ex ante -kannustimet tehdä sopimuksettomia investointeja mm. laatuun ja innovatiivisuuteen.*

Edelleen teoksessa tarkastellaan toimittajalukumäärän vaikutusta sopimuksettomiin investointeihin.

*Koordinointikustannusten mallissa osoitettiin, että hankkijat eivät vähennä toimittajiensa lukumäärää koordinaatiokustannusten alentuessa. Tämän vuoksi motivointikustannuksia kuvataan hankkijan ja sen toimittajien välisiin suhteisiin liittyvillä kannustimilla, joiden mallittamisessa sovelletaan epätäydellisiä sopimuksia. Tässä motivointikustannusten mallissa osoitetaan, että toimittajien lukumäärän kasvattaminen vähentää merkittävästi jokaisen toimittajan osuutta tekemiensä investointien rajatuotosta. Tämä tarkoittaa toimittajien kannustimia investoida. Jos toimittajan investointi on kriittinen, seurauksena on epäoptimaalinen tulos.*

*Toimittajien lukumäärän vähentäminen ei ole aina hyödyllistä. Jos toimittajien sopimuksettomien investointien tärkeys on suhteellisen alhainen, etsittävien toimittajien lukumäärää on optimaalista kasvattaa, kunnes etsinnän rajakustannukset ovat yhtä suuret kuin odotettu rajahyöty parantuneesta sopivuudesta. Kannustimet voidaan tehokkaasti jättää huomiotta myös helposti spesifioitavien tuotteiden*

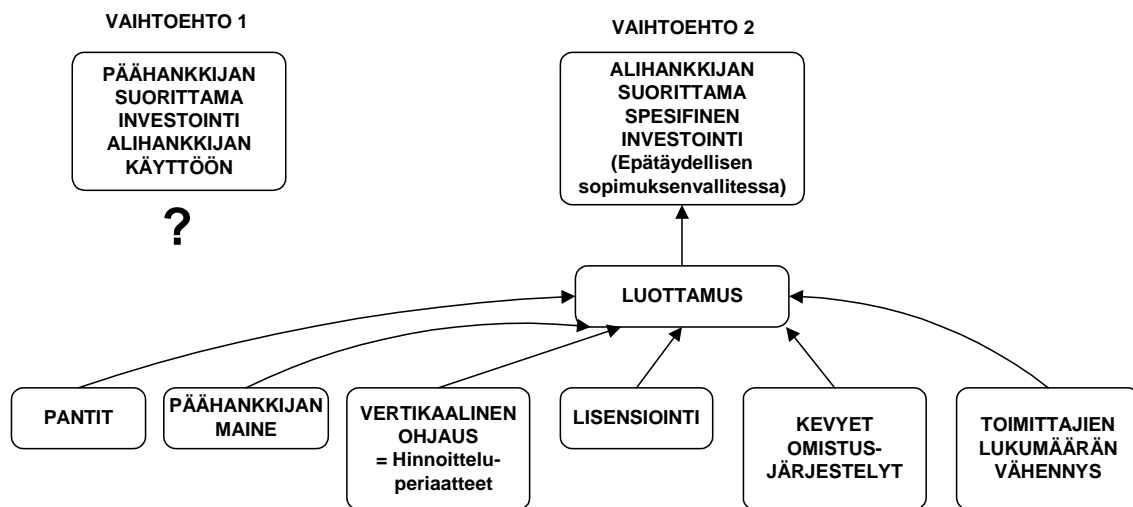
*den osalta, joiden kohdalla koordinaatiokustannusten alenemisen pitäisi johtaa toimittajien lukumäärän kasvuun.*

Lopuksi teoksessa tarkastellaan epäsymmetristä informaatiota tuotoista ja kustannuksista ja sen merkitystä yhteistyöhön.

*Osapuolten kesken epäsymmetrinen informaatio tuotoista ja kustannuksista voi muodostua ongelmaksi, joka tekee integroitumisen (yrityksen omistusjärjestelyt) epäkäyväksi ratkaisuksi. Tämä epäsymmetrisyyden ongelmallisuus korostuu integroitumisessa, koska siinä mahdolliset tappiot kasaantuvat yhdelle osapuolelle järjestelyn pysyvyyden vuoksi. Verkostoitumisen etuna on periaatteessa se, että siinä jakautuvat niin voitot kuin tappiot osapuolten kesken.*

*Verkostoitumiseen perustuva järjestely, jossa vastapuoli antaa sopimuksella hyvityksen vastapuolen investoinneille tuotoista saatavaa osuutta vastaan, tuottaa ratkaisun epätäydellisen informaation vallitessa.*

Tässä yhteydessä alihankintayhteistyö on rinnastettavissa verkostoitumiseen.



*Kuva 47. Verkostoitumisen taloudellisia välineitä.*

Edellä esitetyn pohjalta spesifit investoinnit ovat hyödyksi molemmille osapuolille. Päähankkija hyötyy taloudellisesta tuotannosta alentuneen hinnan muodossa, ja alihankkijalla puolestaan on varmuus tulevasta. Spesifit investoinnit edellyttävät luottamusta, joka rakennetaan erilaisilla taloudellisilla välineillä (kuva 47).

Kirja ei tarkastele ollenkaan vaihtoehdon 1 mukaisia investointeja. Niihin liittyyneen paljon ongelmia, että niiden ei katsota olevan reaalin vaihtoehto ainakaan laajemmassa mitassa.

## 6.5 Haastattelujen tulokset

Haastattelut käytiin jokaisen yrityksen kanssa. Niissä testattiin kummankin vaihtoehdon mukaisia investointitapoja. Lisäksi kysyttiin mielipidettä verkostoitumisen taloudellisten välineiden osalta. Samassa yhteydessä muut asiaan liittyvät kommentit kirjattiin ja olennaisimmat luetellaan tuloksissa.

**Investointivaihtoehto 1**, jossa päähankkija rahoittaa alihankkijan käyttöön koneinvestoinnin, ei saanut ollenkaan kannatusta. Joitakin tapauksia oli, joissa päähankkijan erikoiskone, yleensä vanha, oli siirretty alihankkijan tuotantoon ulkoistuksen yhteydessä. Sen sijaan työkalujen osalta on yleistä, että päähankkija maksaa kalliimmat työkalut ja työvälineet joko tuotteen hinnassa tai erillistä laskua vastaan mutta alihankkija vastaa rahoituksesta.

**Investointivaihtoehto 2**, jossa alihankkija rahoittaa asiakaskohtaisen investoinnin, sai kannatusta. Vaihtoehtoa käytetään pääasiassa edellisessä kohdassa mainittujen työkalujen ja työvälineiden hankinnassa. Yksittäisten koneiden hankinnassa alihankkijat pyrkivät yleiskoneiden hankintaan, jolloin koneen kapasiteettia voidaan myydä useille asiakkaille. Yhdessä tapauksessa alihankkija oli investoinut asiakaskohtaiseen tuotantolinjaan ja riski toteutui. Tuote ei saanut markkinoilla volyyminä ja on nyttemmin hiipumassa kokonaan pois. Kahdessa tapauksessa alihankkija oli investoinut kokonaisen tehtaan yhden asiakkaan tuotantoa varten. Näissä tapauksissa riski on käytännössä kokonaan alihankkijalla. Sopimukset eivät juurikaan kata riskejä, sen sijaan luottamus päähankkijaan on näissä tapauksissa erittäin hyvä, koska se perustuu erityisen hyvään maineeseen.

**Sopimusten** täydellisyyden osalta yhdelläkään yrityksellä ei ollut täydellistä sopimusta, joka kattaisi kaikki riskit molemmin puolin, eli sopimukset ovat hyvin epätäydellisiä ja joissakin tapauksissa enemmänkin puitesopimuksen luonteisia.

**Pantteja** ei ole käytetty ollenkaan, eikä niitä pidetty muutoinkaan käyttökelpoisina.

**Mainetta** pidettiin erityisen tärkeänä. Kaikkien yritysten mielestä tämä on tärkein väline. Joissakin yrityksissä todettiin maineen ylläpidon aiheuttavan kustannuksia eri tavoin. Esimerkiksi tuotannon häiriöitä paikataan lisäkustannuksilla, jotta asiakkaalle saataisiin tuotteet ajoissa, joskus ylitöillä tehtaalla, joskus taksikuljetuksella asiakkaalle. Lisäksi tuotiin esille maineen jakaminen kahteen osaan. Yrityksellä on sinänsä maine, mutta myös yrityksen henkilöillä on henkilökohtainen maine. Kahden alihankkijan tapauksessa päähankkijan maine on niin hyvä, että on uskallettu investoida kokonainen tehdas yhden asiakkaan tuotantoa varten.

Eräs alihankkija totesi, että on pyrittävä olemaan maailman paras alallaan ja sitä kautta luomaan huippumaine.

Eräs päähankkija pitää maineen osatekijöinä mm. luottotietoja, yrityksen tilinpäätöstietoja ja mahdollisia muita konkreettisia mitattavia tekijöitä.

Eräissä tapauksessa alihankkija tekee laajennusinvestoinnit omalla riskillään ilman erillistä sopimusta päähankkijan volyymien kasvaessa. Kyseessä on päähankkija, jonka maine on pitkäaikaisen yhteistyön kuluessa osoittautunut hyväksi.

Useat alihankkijat tekevät pienempiä työkalu- ja työvälineinvestointeja ilman erillistä sopimusta.

**Vertikaalisen ohjauksen** mukaisia välineitä käytetään laajalti. Jokaisella yrityksellä on niistä kokemusta. Tavallista on, että alihankkija rahoittaa työkaluhankinnat ja tuotteen hintaan lisätään sopimuksen mukainen lisä tiettyä kappalemäärää kohden ja näin saadaan päähankkijalta kustannukset takaisin. Joissakin tapauksissa on sovittu tarkka kappalemäärä, jonka jälkeen hinta alenee sovitulle tasolle. Joissakin tapauksissa hinta alenee portaittain aina tietyn kappalemäärän jälkeen päätyen lopulta sovitulle tasolle. Eräissä tapauksessa oli sopimus, jossa tietyn kappalemäärän jälkeen hinta neuvotellaan uudelleen.

Alihankkijat ovat yleisesti havainneet, että hankintahinnan lisääminen tuotteen hintaan on helpompaa kuin investoinnin laskuttaminen erikseen. Syynä on usein se, että päähankkijan hankintaorganisaatiolla ei ole investointien hyväksymisoikeuksia. Kalliimmissa tapauksissa päähankkija saattaa käsitellä nämä oman investointibudjettinsa puitteissa, jolloin hyväksyminen voi hankaloitua huomattavasti.

Päähankkijoilla on lisääntymässä ajattelu, jossa tuotteen hintaan ei pitäisi sekoittaa investointimenoja. Tämä hankaloittaa hintojen vertailua ja aiheuttaa ylimääräistä hallinnollista seurantatyötä. On pidettävä kirjaa näiden tuotteiden toimitusmääristä, jotta tiedetään, milloin hintalisä jää pois.

Eräs päähankkija on suunnitellut siirtyvänsä käytäntöön, jossa kaikki alihankkijan tekemät investoinnit maksetaan erillistä laskua vastaan. Tässä tapauksessa ajatuksena on kirjata laskut tuotekehityskustannuksiin, joista asiakaskunta on kiinnostunut.

Erään alihankkijan työkalusuunnitteluosasto toimii omana tulosityksikkönä, jolloin tuotteen hintaan lisättävää työkaluosuutta ei saada luetuksi heidän tulokseensa. Valmistava tulosityksikkö siis kuittaa tulot, ja työkaluyksikkö kantaa kustannukset.



Erään alihankkijan näkemyksen mukaan työkalukustannusten laskuttaminen päähankkijalta ei vielä kata kaikkia riskejä. Alihankkijalle jää edelleen investointeihin liittyvä tuottoriski. Jos volyyimia ei synny, jäävät tuotot saamatta. Kun investointeihin on käytettävissä rajalliset pääomat, ne pitäisi kohdistaa siten, että tuottoja syntyy mahdollisimman paljon. Lisäksi investoitu työkalu aiheuttaa jatkuvia kustannuksia tilavuokrien ja ylläpidon takia.

Taloushallinnon näkökulmaa ei tässä yhteydessä tarkemmin selvitetty, mutta vaikutelmaksi jäi se, että näissä tapauksissa investoinnit työkaluihin ja -välineisiin jäävät pääsääntöisesti aktivoimatta kummankaan taseisiin.

Kustannuslaskennan näkökulmaa sivuttiin ja todettiin, että tuotteen hintaan lisättävät työkalumenot vääristävät kustannuskalkyyleitä jossain määrin.

**Lisensiointia** ei käytetä ollenkaan, eikä sille löydetty soveltamismahdollisuuksia tavanomaisessa alihankintatoiminnassa.

**Kevyitä omistusjärjestelyitä** ei ole käytössä, eikä niitä kannatettu ollenkaan.

**Toimittajien lukumäärän vähentämistä** pidettiin kaikilta osin kannatettavana. Alihankkijoiden kannalta kuuluminen pienempään toimittajajoukkoon lisäsi motiivia. Päähankkijoiden kannalta vähentäminen vähentää huomattavasti erilaista ylläpitotyötä. Alihankkijoiden kannalta tärkeänä pidettiin sitä, että yhtä tuotetta valmistaisi vain yksi alihankkija, jolloin uskaltaa luottaa tuotteen säilymiseen. Eräs päähankkija käyttäisi mielellään systeemitoimittajia, jotka ottaisivat vastuulleen laajemman tuotevalikoiman ja niihin liittyvät kehittämis- ja koordinoimistehtävät. Erään päähankkijan mukaan toimitajamäärän vähentäminen nykyisestä aiheuttaa paljon työtä. Tuotteet on siirrettävä yksitellen uudelle alihankkijalle, mistä aiheutuu laatuongelmia ja muuta työtä. Olemassa olevien tuotteiden toimittajien määrän vähentäminen ei aina ole järkevää. Parempi olisi keskittyä määrän vähentämiseen uusien tuotteiden myötä.

### **Muita esiintulleita asioita yritysten kommentoimina**

Varsinaisia asiakaskohtaisia koneinvestointeja ei ole yleensä tehty. Sen sijaan koneiden dimensioiden valinnassa nykyasiakkaiden tuotteet vaikuttavat.

Eräs alihankkija on järjestänyt avainhenkilöpäiviä omien alihankkijoidensa kanssa keskinäisen luottamuksen lisäämiseksi.

Alihankkijat eivät keskustele päähankkijoiden kanssa koneinvestointeja suunnitellessaan. He muodostavat oman näkemyksen eri puolilta saamaansa tietoon perustuen.

Erään päähankkijan mukaan alihankkijat investoivat yleisesti liikaa tuotantoonsa ja kyselevät sen jälkeen töitä uudelle koneelle.

Erään alihankkijan mukaan käyttöomaisuuskirjanpito on kaikissa asiakaskohtaisissa investoinneissa mielenkiintoinen ja epäselvä kysymys. Kun työkalun hinta on saatu asiakkaalta vähitellen kuoletettua, mitä pitäisi tehdä työkalulle? Jos se on aktivoitu omaan taseeseen, miten poistot on tehty, onko jäännösarvo ajan tasalla? Esimerkiksi sopimuksen päättyessä tuloja ei enää tule mutta taseessa saattaa olla vielä jäljellä jotakin. Samoin, jos työkalun omistusoikeus siirtyy asiakkaalle, miten se tehdään? Miten taseessa oleva jäännösarvo nollataan, ja miten asiakas aktivoi työkalun omaan taseeseensa? Asiakas on kuitenkin jo maksanut laitteen vaihto-omaisuusostoissa, eli tuotteen hinnassa olevaa investointilisää ei ole koskaan erikseen erotettu omaksi osaksi taseeseen vietäväksi; se on käsitelty muuttuvana kustannuksena.

Alihankintatoiminnassa jokainen uusi tuote aiheuttaa erilaisia kustannuksia myynnissä, suunnittelussa, valmistuksessa, varastoissa jne. Jo tarjousvaiheessa laskenta aiheuttaa kustannuksia. Tuotannon käynnistymisvaiheessa on siis jo käytetty kustannuksia vaihteleva määrä. Kysymys onkin, että lasketaanko nämä yleiskustannuksiksi vai tuotekohtaisiksi spesifisiksi investoinneiksi.

Erään alihankkijan mukaan investointeihin liittyvä yhteistyö olisi erityisen tärkeää jo strategisella tasolla, mutta siihen ei ole päästy kenenkään asiakkaan kanssa.

Asiakaskohtaisten investointien tekemiseksi tarvitaan päähankkijan ylemmän johdon sitoutuminen ja allekirjoitukset. Hankintaorganisaatiolla ei yleensä ole valtuuksia tehdä alihankkijan investointeja koskevia päätöksiä.

Investointikysymys on myös filosofinen kysymys. On päähankkijoita, jotka haluavat syystä tai toisesta pitää omaa valmistuskapasiteettia, vaikka tuotteet voisi helposti alihankkia.

Päähankkijan omistamista, alihankkijan käytössä olevista työkaluista pidetään laatuosaston toimesta rekisteriä. Laatujärjestelmän mukainen työkalujen kalibrointi ja tarkastus on tehtävä aukottomasti. Päähankkija tekee kalibroinnit ja tarkastukset.

Tuotekohtaisia investointeja on tehty. Eräs alihankkija on konstruoinut koneen, jolla saadaan kuljetinrullat tehdyksi taloudellisesti. Alihankkija käyttää konetta myös muiden asiakkaidensa rullien tekoon.

Oltiin sitä mieltä, että tuotekohtaisia investointeja on pakko tehdä. Yleiskoneilla ei pärjätä pitkälle.

Yleiskoneita puoltaa se, että uusi tuote saadaan nopeasti markkinoille. Erään asiakkaan tuote saadaan Amerikan markkinoille 1,5 vuodessa yleiskoneita hyödyntämällä. Heidän kilpailijansa vastaava prosessi kestää noin 4,5 vuotta, koska tuotekehityksen kanssa rinnalla suunnitellaan uusi tuotantojärjestelmä.

Yleiskoneet ovat kehittyneet jatkuvasti niin, että erikoiskoneiden tarve vähenee. Esimerkkinä ovat sorvit pyörivillä terillä ja levytyökeskukset, joilla tehdään kierrereikiä ja kaulusreikiä.

## 6.6 Yhteenveto investoinneista

Haastattelujen perusteella näyttää sille, että päähankkijoiden ja alihankkijoiden välinen koneinvestointeihin liittyvä strateginen yhteistyö on olematonta. Ainoastaan kahdessa tapauksessa alihankkijat olivat tehneet merkittävän asiakaskohtaisen tehdasinvestoinnin ja ottaneet riskin kantaakseen. Kummassakaan tapauksessa yhteistyötä ei olisi syntynyt ilman investointeja.

Investoinnit olivat pääasiassa työkaluja ja -välineitä, joiden hankintakustannukset yleisesti laskutetaan päähankkijalta joko erillisellä laskulla tai lisäämällä tuotteen hintaan pieni lisä, jolla hankintakustannus kuoletetaan sovitun määrän puitteissa. Pelkästään luottamukseen perustuvia investointeja on tehty vain harvoissa tapauksissa.

Suuntaus näyttää olevan, että tuotteet suunnitellaan valmistettaviksi yleiskoneilla ja toisaalta alihankkijat ottavat sellaisia tuotteita valmistaakseen, jotka ovat yleiskoneilla tehtävissä. Mitä tästä sitten seuraa? Tämän tutkimuksen pohjalta vastausta ei tiedetä. On kuitenkin selvää, että erikoiskoneiden valmistaminen edellyttää kohtuullista sarjatuo- tantoa. Toisaalta on paljon erilaisia osia, jotka on suurissakin volyyymeissä järkevää tehdä yleiskoneilla.

Kuitenkin sekä päähankkijoilla että alihankkijoilla oli sellainen näkemys, että erikoiskoneita tarvitaan.

Yleiskoneiden etuna on joissakin tapauksissa nopeampi time-to-market-aika, koska tuotantojärjestelmän kehittämiseen ei kulu aikaa. Lisäksi yleiskoneiden kehittyminen vähentää erikoiskoneiden tarvetta.

Alihankintatoimintaan liittyvien investointien taloushallinnolliset liittymät operatiiviseen ja yleiseen laskentatoimeen näyttäisivät olevan ainakin jossain määrin hatarat.

Tässä yhteydessä on hyvä muistaa, että tutkimuksen yritykset kuuluvat pk-sektoriin ja niiden tuotteiden tuotantomäärät ovat yleisesti alle 500 kpl vuodessa. Suurimmat vo-lyymit olivat muutaman tuhannen luokkaa vuodessa. Vuosivolyymeita vasten voidaan ajatella, että merkittäviä tuotekohtaisia investointeja ei ole juurikaan tehtävissä. Aihe on kuitenkin tärkeä, koska suuremmilla vuosivolyymeilla on investoitava erikoiskoneisiin, jos aiotaan maailmanluokan tekijäksi.

Mielenkiintoinen kysymys on suomalaisen teollisuuden tulevaisuus. Jos tuotanto pe-rustuu yleiskoneiden käyttöön, voidaan ilmeisesti menestyä piensarjatuotannossa ka-peilla erikoisalueilla. Toisaalta yleiskoneita on kaikkialla maailmassa, joten tuotannon siirtäminen ulkomaille on myös kohtuullisen helppoa. Tässä tapauksessa valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö kuitenkin vaikeutuu huomattavasti.

Varsinainen kysymys kuuluukin, että millä osaamisella suomalaiset konepajat pärjäävät yhä kiristyvässä kilpailussa. Ongelma koskettaa myös päähankkijoita. Onko lopputuote kilpailukykyinen, kun sen valmistus tapahtuu yleiskoneilla.

EU laajenee vähitellen, jolloin mukaan tulee nykyisiä halpamaita. Kansainvälinen kil-pailu kiristyy samoin. Kaikesta päätellen kovia aikoja on tiedossa.

## 7. Kooste tutkimuksen tuloksista

Tutkimuksessa käsiteltiin neljää erillistä alihankintaprosessiin liittyvää osiota:

- Asetustutkimus
- Kaksoisvarastoproblematiikka
- Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö
- Investoinnit alihankintaprosessissa.

### 7.1 Asetustutkimus

Asetustutkimuksen tavoitteena oli alihankintakonepajojen asetusten nykytilan analysointi. Analysoitavia nimikkeitä oli yhteensä seitsemän kuudessa eri konepajassa. Pää- ja alihankkijat valitsivat yhdessä tutkittavat nimikkeet. Analysointia varten kehitettiin tiedonkeruulomake, jota käytettiin kaikissa tiedonkeruutapauksissa. Tutkimusta varten yritysten työntekijät koulutettiin tiedonkeruun sääntöihin. Jokaisen nimikkeen osalta aikatiedot kerättiin koko työn ajalta raaka-aineesta valmiiksi tuotteeksi. Tiedon keruusta vastasivat työntekijät.

Aikatietojen keruuvaiheessa aika kirjattiin ennalta määriteltyihin viiteen luokkaan ja lisäksi merkittiin, onko asetusvaihe ulkoista vai sisäistä asetusta.

Nimikkeiden välillä oli huomattavia eroja. Joissakin tuotteissa asetusajojen osuus oli suurempi kuin jalostavien työvaiheajojen summa eli yli 50 % kaikesta käytetystä ajasta. Parhaissa tapauksissa asetusajojen osuus oli noin 10 % kaikesta käytetystä ajasta.

Pää- ja alihankkijoiden kanssa pidettiin yhteisiä kokouksia, joissa pyrittiin hakemaan keinoja asetusajojen lyhentämiseksi. Alihankkijoiden kanssa pidetyissä kokouksissa ei juurikaan löydetty keinoja asetusajojen vähentämiseksi. Sen sijaan päähankkijan suunnittelijan ja alihankkijan välisissä kokouksissa löydettiin merkittäviä kehittämisideoita. Tärkein havainto oli se, että konstruktiivisten muutosten kautta voidaan saada merkittävimmät valmistuksen aikasäästöt sekä vaiheajoihin että asetusajoihin. Parhaissa tapauksissa aikasäästöt olivat 50–70 %.

Alihankkijan kannalta aikatutkimusten tarkastelu antaa myös tietoa toiminnan kehittämiseksi. Lähes kaikki asetusajoina oli sisäistä, eli kone seisoo asetuksen ajan. Lisäksi asetusajojen luokittelu antaa tietoa siitä, mihin aika kuluu.

Asetustutkimuksen päätulokset esitetään taulukoissa 31 ja 32.

Taulukko 31. Ulkoisten ja sisäisten asetusten osuudet tutkituilla nimikkeillä.

|                 | Osuus yhteenlaske-<br>tuista valmistusajoista | Suhteellisten osuuk-<br>sien keskiarvo |
|-----------------|---|--|
| Sisäinen asetus | 22,7 %  | 25,8 %                                 |
| Ulkoinen asetus | 0,6 %   | 1,6 %                                  |
| Jalostava työ   | 76,7 %  | 72,6 %                                 |

Taulukko 32. Asetusten jakautuminen eri luokkiin.

| SMED-luokka <sup>10</sup> | Osuus yhteenlaske-<br>tuista valmistusajoista | Suhteellisten osuuk-<br>sien keskiarvo |
|---------------------------|---|--|
| Luokka 1                  | 24,8 %  | 30,9 %                                 |
| Luokka 2                  | 57,6 %  | 45,2 %                                 |
| Luokka 3                  | 6,6 %   | 7,4 %                                  |
| Luokka 4                  | 11,0 %  | 16,5 %                                 |

## 7.2 Kaksoisvarastoproblematiikka

Tässä osiossa tavoitteena oli alihankintaprosessin kustannusmallin ja varastojen sijaintipäätösmallin kehittäminen. Lisäksi analysoitiin muut kuin taloudelliset sijaintipäätökseen vaikuttavat tekijät. Kehitettyä mallia testattiin osallistuvien yritysten nykyisessä toiminnassa.

Kehitetty kustannusmalli perustuu välillisiä kustannuksia kuvaavaan kustannusfunktioon, jossa ali- ja päähankkijan väliset kustannukset laskettiin yhteen. Ensiksi kustannusmallia testattiin vertaamalla sitä viiden nimikkeen todellisiin lukuihin. Toisessa vaiheessa mallia testattiin kysynnän vaihtelun huomioivaan tietokonesimulaatioon. Kolmannessa vaiheessa mallia testattiin joukkoon erilaisia tapauksia eri yrityspareissa.

<sup>10</sup> Luokka 1: työpisteen valmistelut, materiaalin haku ja palautus, materiaalin tarkistus, terien, työkalujen ja mittavälineiden nouto ja palautus.

Luokka 2: työkalujen, terien, osien jne. asennus ja irrotus, työkalujen kiinnitys ja irrotus, NC-ohjelmien haku ja palautus kirjastosta.

Luokka 3: nollapistet, mittaukset, kalibroinnit, keskitykset ja paineet.

Luokka 4: koeajot ja säädöt.

Rajoituksista huolimatta kustannusmalli vaikutti käyttökelpoiselta ja tulokset vastasivat erityisesti alihankintayritysten näkemyksiä. Jotkut yritykset ottivat mallin heti käyttöön.

Varaston sijaintipäätösmenettely, jolla etsitään varastointitapoja, joilla välilliset kustannukset ovat minimissä vallitsevien rajoittavien ja ohjaavien tekijöiden puitteissa, perustuu kustannusmalliin.

Yhteistä useimmille tapauksille oli se, että tapahtumakustannukset aiheuttivat suurimman osan välillisistä kustannuksista. Pyrkimys sopeuttaa varastojen kiertoa ilman muun prosessin kehittämistä ei vaikuta kannattavalta.

Toisen varaston eliminointi vaatii yrityksiltä hyvää yhteistyötä sekä luottamusta. On melko tavallista, että päähankkija onnistuu eliminoimaan omat välilliset kustannukset siirtämällä ne alihankkijalle. Lopulta ne kuitenkin tulevat päähankkijan maksettaviksi.

Tärkeimpiä kehityskohteita ovat valmistuksen asetusaikojen lyhentäminen, valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö sekä erilaiset tuotantoprosessiin liittyvät investointikysymykset.

### **7.3 Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö**

Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyötä pidetään yleisesti yhtenä tärkeimmistä keinoista taloudellisiin tuotekonstruktioihin pyrittäessä. Tässä osiossa tavoitteena oli selvittää valmistuksen ja suunnittelun väliseen yhteistyöhön liittyvää problematiikkaa pk-konepajateollisuuden alihankintaprosessissa ja sen tilaa tutkimushetkellä.

Tutkimus jakaantui kolmeen osaan: 1) Haastattelututkimuksessa haettiin yleiskäsitystä valmistuksen ja suunnittelun nykyisestä tasosta ja kartoitettiin onnistuneita kehitystapauksia. 2) Kyselytutkimuksen tavoitteena oli saada numeerista tietoa valmistuksen ja suunnittelun nykyisestä laajuudesta. 3) Case-testaus valituilla tuotteilla. Asetustutkimuksen yhteydessä valitut tuotteet käsiteltiin yhteisissä kokouksissa yhdessä pää- ja alihankkijoiden kanssa. Tavoitteena oli hakea keinoja konstruktioiden taloudellisuuden lisäämiseksi.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö on melko vähäistä; noin 10–15 % päähankkijoista osallistuu alihankkijoidensa kanssa yhteiseen tuotekehitykseen. Case-tapaukset puolestaan osoittivat, että lisäämällä yhteistyötä konstruktiovaiheessa voidaan saavuttaa merkittäviä hyötyjä.

Erityisen tärkeäksi nousi yhteistyö uusien tuotteiden kehittämisessä. Olemassa olevien tuotteiden kehittäminen on usein ongelmallista. Muutoksiin voi sisältyä ennakoimattomia riskejä. Joissakin tapauksissa markkinoiden edellyttämät laatuja järjestelmävaatimukset vaikeuttavat vanhojen tuotteiden muutoksia.

Yhteistyön lisäämistä puoltaa myös kokeneemman suunnittelijakunnan väheneminen mm. eläkkeelle siirtymisen takia. Valmistusteknologioiden hallinta suunnittelussa näyttää olevan lisääntyvä ongelma. Suunnittelijoiden apuvälineiden kehittäminen tulee olemaan eräs tärkeistä kehitettävistä asioista.

Yhteistyön lisäämisen mahdollisuuksia näyttää yleisesti rajoittavan molempien osapuolten halu välttää sitoutumista toisiinsa kovin vahvasti. Halutaan hallita riskejä. Tästä on myös poikkeuksia. Tutkimuksessa oli kaksi alihankkijaa, jotka toimivat harvojen päähankkijoiden kanssa. Molemmat osapuolet olivat näin ottaneet riskin. Näissä tapauksissa yhteistyö oli jatkuvaa ja intensiivistä sekä myös tuloksellista.

## 7.4 Investoinnit

Kun tarkastellaan tuotannollisia investointeja yrityksessä, joka markkinoi itse kehittämäänsä ja valmistamia tuotteita, kantaa yritys myös riskin näistä hankinnoista. Investointistrategia on osa yrityksen muuta strategista suunnittelua ja toteutusta. Investointien on liityttävä omien tuotteiden valmistamiseen. Investointien suunnitteluun osallistuu tavalla tai toisella kaikki yrityksen toiminnot, erityisesti tuotekehitys ja tuotanto. Nämä ovat jatkuvassa vuorovaikutuksessa keskenään.

Kun tätä taustaa vasten ajatellaan valmistustoiminnan ulkoistamista eli siirtymistä alihankintapohjaiseen valmistustoimintaan, tullaan mielenkiintoisten kysymysten eteen. Päähankkijan ei enää tarvitse ajatella investointikysymyksiä, osto-osasto hankkii tarvittavat osat. Mutta millä kriteereillä alihankkija tekee omat investointipäätöksensä? Ottaako se huomioon päähankkijan tuote- ja markkinointistrategiat? Vai onko lopputuloksena tilanne, jossa alihankkija investoi pelkästään yleiskoneisiin, joilla voidaan tehdä tuotantoa useille eri asiakkaille? Onko mahdollista, että päähankkija tulee menettämään pitkällä tähtäimellä kilpailukykyään, koska tuotteiden tuotantoa varten ei enää rakenneta erikoiskoneita?

Tässä tutkimusosiossa tavoitteena oli selvittää, millä tavoin yritykset investointiongelmaa tarkastelevat. Tutkimusmenetelmänä oli molempien osapuolien haastattelut.

Tutkimuksen mukaan pää- ja alihankkijoiden välinen strateginen yhteistyö koneinvestointeihin on olematonta. Ainoastaan kahdessa tapauksessa alihankkijat olivat tehneet



merkittävän tehdasinvestoinnin ja ottaneet riskin kantaakseen. Kummassakaan tapauksessa yhteistyötä ei olisi syntynyt ilman investointeja.

Investoinnit ovat pääasiassa työkaluja ja -välineitä, joiden hankintakustannukset yleisesti laskutetaan päähankkijalta joko erillisellä laskulla tai lisäämällä tuotteen hintaan pieni lisä, jolla hankintakustannus kuuletetaan sovitun määrän puitteissa.

Suuntaus näyttää olevan se, että tuotteet suunnitellaan valmistettaviksi yleiskoneilla ja toisaalta alihankkijat ottavat sellaisia tuotteita valmistaakseen, jotka ovat yleiskoneilla tehtävissä. Kuitenkin sekä pää- että alihankkijoilla oli sellainen näkemys, että erikoiskoneita tarvitaan.

Yleiskoneiden etuna on joissakin tapauksissa nopeampi time-to-market-aika, koska tuotantojärjestelmän kehittämiseen ei kulu aikaa. Lisäksi yleiskoneiden kehittyminen vähentää erikoiskoneiden tarvetta.

Mielenkiintoinen kysymys on suomalaisen teollisuuden tulevaisuus. Jos tuotanto perustuu yleiskoneiden käyttöön, voidaan ilmeisesti menestyä piensarjatuotannossa kaapeilla erikoisalueilla. Toisaalta yleiskoneita on kaikkialla maailmassa, joten tuotannon siirtäminen ulkomaille on kohtuullisen helppoa.

Varsinainen kysymys kuuluukin, että millä osaamisella suomalaiset konepajat pärjäävät yhä kiristyvässä kilpailussa. Ongelma koskettaa myös päähankkijoita. Onko lopputuote kilpailukykyinen, kun sen valmistus tapahtuu yleiskoneilla?

## 8. Johtopäätökset

Koneali-projektissa tutkitut neljä aihealuetta avaavat osaltaan alihankintayhteistyöhön liittyvää problematiikkaa. Alihankintatoiminta on melko uusi ilmiö länsimaissa. Se yleistyi voimakkaasti 1990-luvulla. Alihankintatoimintaan liittyvää tutkimusta on tehty melko vähän, eikä sitä juurikaan käsitellä tuotannonohjauksen ja hankintatoiminnan op-pikirjoissa erikseen. Alihankinnan katsotaan yleisesti olevan osa yrityksen hankintatoimintaa. Kuitenkin alihankinta poikkeaa merkittävästi perinteisestä kauppatavaraostamisesta. Kauppatavaroille on tyypillistä, että saman standardin mukaiselle tuotteelle on useita valmistajia ja useita jakeluteitä. Esimerkkinä ovat laakerit, joille suunnittelija määrittelee standardin mukaisen laakerityypin. Laakereille löytyy useita valmistajia, ja niitä voi ostaa useilta vähittäismyyjiltä. Alihankinnan erikoispiirre on se, että tuote valmistetaan yhden asiakkaan piirustusten mukaan eikä sille ole muita ostajia.

Koneali-projekti ja muut aiemmat tutkimushankkeet ovat lisänneet tutkijoiden ymmärrystä alihankintatoiminnasta merkittävästi. Alihankintaprosessiin liittyy huomattava määrä erilaista informaatiota, jota kauppatavaraostamisessa ei esiinny. Informaation välitystavan valinta eri tapauksiin on harkittava huolella. Useissa tapauksissa kokoukset ja erilaiset tapaamiset ovat ainoa oikea informaation välitystapa. Tämän ja aiempien tutkimuksen pohjalta alihankintaprosessin voidaan ajatella koostuvan seuraavista aliprosesseista:

1. Alihankkijan valintaprosessi tai päähankkijan valintaprosessi, jossa osapuolet etsivät yhteistyökumppaneita omien valintakriteerien pohjalta. Tässä yhteydessä tärkeää on valmistusmenetelmien ja konstruktoiden yhteensopivuus.
2. Valmistuksen ja suunnittelun välinen yhteistyöprosessi, jossa konstruktio ja valmistusmenetelmä sovitetaan toisiinsa.
3. Logistinen prosessi, jossa suunnitellaan valmistus- ja toimituseräkoot sekä osien varastointi ja kuljetusmenettelyt.
4. Valmistuksen ohjausprosessi, jossa sovitaan valmistus- ja toimituspäätösten teko-vastuut sekä s, millä informaatiolla päätökset tehdään.
5. Laadunohjausprosessi, jossa suunnitellaan laadunvarmistus- ja tarkastusmenettelyt.
6. Talousprosessi, jossa sovitaan mahdolliset rahoitusmenettelyt ja laskutusmenettelyt. Lisäksi sovitaan investointeihin liittyvät menettelyt ja periaatteet ulkoiseen ja sisäiseen laskentatoimeen liittyen.

7. Sopimusprosessi, jossa kirjataan kaikki sovitut asiat paperille ja jotka tarkistetaan sovituin aikavälein. Tässä vaiheessa voidaan määrittellä tuotteelle hinta, jossa huomioitu edellisissä aliprosesseissa sovitut asiat.

Asetustutkimus liittyy logistisen prosessin suunnitteluun (kohta 3), jossa valmistuseräkoot määräytyvät pääasiassa asetuskustannusten perusteella. Kustannusmallin kehittäminen liittyy myös logistisen prosessin suunnitteluun (kohta 3), jossa valmistus- ja toimituseräkoot vaikuttavat välillisiin kustannuksiin. Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyösio liittyy saman nimiseen aliprosessiin (kohdat 2 ja osin 4) ja alihankintaprosessin investoinnit liittyvät talousprosessiin (kohta 6).

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että alihankintaprosesseissa on huomattavaa kehittämispotentiaalia. Asetustutkimuksen perusteella sekä konstruktioiden että valmistusprosessien kehittäminen on mahdollista. Kustannusmallia testattaessa havaittiin, että logistisissa prosesseissa on kehittämistä. Välillisiä kustannuksia voidaan säästää monin tavoin. Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyötä lisäämällä voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä. Investointien osalta tarvitaan lisätutkimusta, jotta voitaisiin paremmin ymmärtää niihin liittyvää problematiikkaa. Tämän tutkimuksen perusteella voitaneen kuitenkin olettaa, että lisäämällä pää- ja alihankintajien välistä yhteistyötä myös investointien osalta voidaan saavuttaa hyötyjä.

Jatkotutkimusaiheita on runsaasti. Edellä mainittujen aliprosessien kehittäminen toimiviksi alihankinnan ohjeiksi edellyttää laajaa ja syvää aihealueen ymmärryksen lisäämistä ja toimintamallien kehittämistä.

## 9. Yhteenveto

Tutkimuksessa käsiteltiin neljää erillistä alihankintaprosessiin liittyvää osiota: 1) Asetustutkimus, 2) Kaksoisvarastoproblematiikka, 3) Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö ja 4) Investoinnit alihankintaprosessissa.

**Asetustutkimuksen** tulokset osoittavat, että tutkittujen tuotteiden osalta asetusajat olivat 10–50 % kaikesta valmistusajasta. Tehokkain keino vähentää asetusajoja näyttää olevan suunnittelijan ja valmistuksen yhteistyön lisääminen, josta osoituksena ovat tutkimuksen case-tapaukset, joissa onnistuttiin vähentämään valmistuskustannuksia parhaimmillaan 50–70 %. Lisäksi tulokset osoittavat, että asetusajoista lähes kaikki olivat sisäisiä eli kone seisoo asetusten teon ajan. Valmistuksen tehostamisessa asetusten siirtäminen ulkoisiksi on merkittävä mahdollisuus.

**Kaksoisvarastoproblematiikka-osiossa** kehitettiin alihankintaprosessin kustannusmalli ja varastojen sijaintipäätös malli. Kustannusmallissa lasketaan tilaus-toimitusprosessin välillisiä kustannuksia tuotekohtaisesti. Lisäksi analysoitiin muut kuin taloudelliset sijaintipäätökseen vaikuttavat tekijät. Kustannusmallia testattiin todellisilla vuoden 1999 tapahtumilla, tietokonesimulaatiolla ja joukolla erilaisia tapauksia eri yrityksissä. Testaus osoitti, että rajoituksista huolimatta kustannusmalli on käyttökelpoinen ja tulokset vastasivat erityisesti alihankintayritysten näkemyksiä. Jotkut yritykset ottivat mallin heti käyttöönsä. Tärkeimpiä kehityskohteita ovat valmistuksen asetusajojen lyhentäminen, valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö sekä erilaiset tuotantoprosessiin liittyvät investointikysymykset.

**Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyöosiossa** oli tavoitteena selvittää valmistuksen ja suunnittelun väliseen yhteistyöhön liittyvää problematiikkaa pk-konepajateollisuuden alihankintaprosessissa ja sen tilaa tutkimushetkellä. Tulokset osoittavat, että valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö on melko vähäistä; noin 10–15 % päähankkijoista osallistuu alihankkijoidensa kanssa yhteiseen tuotekehitykseen. Case-tapaukset puolestaan osoittivat, että lisäämällä yhteistyötä konstruktiovaiheessa, voidaan saavuttaa merkittäviä hyötyjä. Erityisen tärkeäksi nousi yhteistyö uusien tuotteiden kehittämisessä. Olemassaolevien tuotteiden kehittäminen on usein ongelmallista eri syistä. Yhteistyön lisäämistä puoltaa myös kokeneemman suunnittelijakunnan väheneminen eläkkeelle ja muutoin. Myös suunnittelijoiden apuvälineiden kehittäminen tulee olemaan tärkeä kehityskohde. Yhteistyön lisäämisen mahdollisuuksia näyttää yleisesti rajoittavan molempien osapuolien halu välttää sitoutumista toisiinsa kovin vahvasti.

**Investointien osalta** tavoitteena oli selvittää, millä tavoin yritykset investointiongelmia tarkastelevat. Tulosten mukaan pää- ja alihankkijoiden välinen strateginen yhteistyö koneinvestointeihin liittyen on olematonta. Investoinnit ovat pääasiassa työkaluja ja

-välineitä, joiden hankintakustannus yleisesti laskutetaan päähankkijalta joko erillisellä laskulla tai lisäämällä tuotteen hintaan pieni lisä kuoletusta varten. Suuntaus näyttää olevan se, että tuotteet suunnitellaan valmistettaviksi yleiskoneilla ja toisaalta alihankkijat ottavat sellaisia tuotteita valmistaakseen, jotka ovat yleiskoneilla tehtävissä.

**Tutkimuksen perusteella** voidaan todeta, että alihankintaprosesseissa on huomattavaa kehittämispotentiaalia. Asetustutkimuksen perusteella sekä konstruktioissa että valmistusprosesseissa on kehittämistä. Kustannusmallia testattaessa havaittiin, että logistisia prosesseja kehittämällä voidaan säästää välillisiä kustannuksia. Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyötä lisäämällä voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä. Investointien osalta tarvitaan lisätutkimusta, jotta voitaisiin paremmin ymmärtää niihin liittyvää problematiikkaa. Tämän tutkimuksen perusteella voitaneen kuitenkin olettaa, että lisäämällä pää- ja alihankkijan välistä yhteistyötä myös investointien osalta voidaan saavuttaa hyötyjä.

Jatkotutkimusaiheita on runsaasti. Edellä mainittujen aliprosessien kehittäminen toimiviksi alihankinnan ohjeiksi edellyttää laajaa ja syvää aihealueen ymmärryksen lisäämistä ja toimintamallien kehittämistä.

# Kirjallisuusluettelo

## Asetustutkimus

Olhager, Jan 1989. Setup timing – impact analysis of setup reductions in production and inventory systems. Linköping: Profil. 216 s.

Productive Press Development Team. 1996. Quick Changeover for Operators. Portland, USA: Productivity Press. 75 s.

Sekine, K. & Arai, K. 1992. Kaizen for Quick Changeover. Portland, USA: Productivity Press. 292 s.

Shingo, S. 1985. A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Cambridge: Productivity Press. 361 s.

## Tuplavarastoanalyysi

Andersson, John, Ljungfeldt, Staffan & Wandel, Sten 1979. Produktions styrning. Toinen laitos, yhdeksäs painos. Lund: Studentlitteratur. 271 s.

Ballou, Ronald H. 1992. Business logistics management. 3. painos. NJ, USA: Prentice Hall. 688 s.

Bowersox, Donald J. & Closs, David J. 1996. Logistical management: the integrated supply chain process. New York: McGraw Hill. 730 s.

Burbidge, John L. 1989. Production flow analysis for planning group technology. Oxford: Oxford University Press. 179 s.

Eloranta, Eero & Räisänen, Juha 1986. Ohjattavuusanalyysi. Helsinki: Suomen Itsenäisyyden Juhlavuoden 1967 Rahasto, SITRA. 223 s.

Gattorna, J. L. & Walters, D. W. 1996. Managing the supply chain. Lontoo: Basingstoke Macmillan Business. 360 s.

Heikkilä, Jussi 2002. From Supply to Demand Chain Management: efficiency and customer satisfaction. Journal of Operations Management, Vol. 20, No. 6, s. 747–767.

Hoover, William E. Jr., Eloranta, Eero, Holmström, Jan & Huttunen, Kati 2001. *Managing the Demand-Supply Chain: Value Innovations for Customer Satisfaction*. USA: John Wiley & Sons Inc. 257 s.

Hyppönen, Risto, Häkkinen, Kai, Lähesmaa, Jukka, Manunen, Outi, Pajunen-Muhonen, Hanna & Segercrantz, Tönis 1998. *Pienerälogistiikka*, loppuraportti. Espoo: VTT.

Häkkinen, Kai, Pötry, Jyri, Kettunen, Outi & Kulmala, Janne 2000. *Internet-pohjainen sopimusalihankintajärjestelmä toistuvassa pienerävalmistuksessa*. Partnet-projektin loppuraportti. Espoo: VTT. 80 s.

Jessop, David 1999. *Simplicity is the key*. *Supply management*, Vol. 4, No. 3, s. 45–47.

Jyrkkiö, Esa & Riistama, Veijo 2000. *Laskentatoimi päätöksenteon apuna*. Porvoo: WSOY. 334 s.

Kirjanpitolaki 30.12.1997/1336.

Laki elinkeinotulon verottamisesta (EVL) 24.6.1968/360.

Love, Stephen F. 1979. *Inventory control*. New York: McGraw–Hill. 273 s.

Niemi, Esko 1998. *Engineering cost functions in make-to-order production with applications*. Espoo: Acta Polytechnica Scandinavica. 139 s.

Olhager, Jan 1989. *Setup timing – impact analysis of setup reductions in production and inventory systems*. Linköping: Profil. 216 s.

Piasecki, Dave 2001. *Optimizing economic order quantity*. *IIE Solutions*, Vol. 33, No. 1, s. 30–39.

Pötry, Jyri 2002. *Alihankintayhteistyön kustannusmallitarkastelu: alihankinnan välillisten kustannusten minimointiin perustuva varaston sijaintipäätös toistuvassa erätuotannossa*. Espoo: VTT tutkimusraportti BTUO64-021059. 80 s.

Pötry, Jyri 2000. *Alihankintayhteistyön kehittäminen kappaletuotannossa*. Espoo: VTT. 102 s.

Schonberger, Richard J. 1986. *World class manufacturing: the lessons of simplicity applied*. New York: The Free Press. 253 s.

Smith, Richard L. & Walter, Clyde Kenneth Jr. 2000. Is Newton's third law of motion JIT's first law? *Production and Inventory Management Journal*, Vol. 41, No. 1, s. 13–18.

Van Mieghem, Jan A. 1999. Coordinating Investment, Production and Subcontracting. *Management Science*, Vol. 45, No. 7, s. 954–971.

Webster, M., Alder, C. & Muhlemann, A. P. 1997. Subcontracting within the supply chain for electronics assembly manufacture. *International Journal of Operation & Production Management*, Vol. 17, No. 9, s. 827–841.

Vollman, Thomas E., Berry, William L. & Whybark, D. Clay 1997. *Manufacturing planning & control systems*. 4. painos. New York: McGraw–Hill. 836 s.

### **Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö sekä investoinnit**

Bralla, J. G. 1998. *Design for Manufacturability Handbook*. 2. p. New York: McGraw–Hill. 1350 s.

Brookers, N. J. & Backhouse, C. J. 1997. Variety and concurrent engineering. *Teoksessa: Manufacturing Engineering*, April 1997.

Budil, E. J. 1990. How Process Logistics Planning Can Enhance The Effectiveness Of Simultaneous Engineering, *SME Simultaneous Engineering Conference*, June 1989. *Teoksessa: Wesley, C. A. (toim.). Simultaneous Engineering, Integrating Manufacturing And Design*. Michigan: Society of Manufacturing Engineering. 283 s.

Clark, K. B. & Fujimoto, T. 1991. *Product Development Performance*. Massachusetts: Harvard Business School Press. 409 s.

Davenport, T. H. et al. 1998. Successful Knowledge Management Projects. *Teoksessa: Sloan Management Review*, Vol. 39, No. 2, s. 43–57.

Fabrycky, W. J. 1990. Design For the Life-Cycle, *Mechanical Engineering*, January 1987. *Teoksessa: Wesley, C. A. (toim.). Simultaneous Engineering, Integrating Manufacturing And Design*. Michigan: Society of Manufacturing Engineering. 283 s.

Foreman, J. W. 1990. Gaining Competitive Advantage by Using Simultaneous Engineering to Integrate Your Engineering, Design and Manufacturing Resources, *CASA/SME AUTOFACT '89 Conference*, October 1989. *Teoksessa: Wesley, C. A. (toim.). Simultaneous Engineering, Integrating Manufacturing And Design*. Michigan: Society of Manufacturing Engineering. 283 s.



Fox, S. & Cockerham, G. 2000. Design for orders. *Manufacturing Engineering*, April, Vol. 79, No. 2.

Francis, H. P. 1990. Toward A Science Of Manufacturing, *Mechanical Engineering*, May 1987. Teoksessa: Wesley, C. A. (toim.). *Simultaneous Engineering, Integrating Manufacturing And Design*. Michigan: Society of Manufacturing Engineering. 283 s.

Hartley, J. R. 1992. *Concurrent Engineering*. 1. p. Portland: Productivity Press. 308 s.

Häkkinen, Kai 2002. Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö toistuvan erätuotannon alihankintaprosessissa. Havainnot suomalaisesta pk-konepajateollisuudesta vuonna 2002. VTT Tiedotteita 2173. Espoo. 52 s.

Häkkinen, Kai, Pötry, Jyri, Kettunen, Outi & Kulmala, Janne 2000. Internet-pohjainen sopimusalihankintajärjestelmä toistuvassa pienerävalmistuksessa. Partnet-projektin lopuraportti. Espoo: VTT. 80 s.

Martin, J. M. 1990. The Final Piece to the Puzzle, *Manufacturing Engineering*, September 1988. Teoksessa: Wesley, C. A. (toim.). *Simultaneous Engineering, Integrating Manufacturing And Design*. Michigan: Society of Manufacturing Engineering. 283 s.

Nurmilaakso, Juha-Miikka 2000. Yritysverkostojen taloustieteellinen tarkastelu. VTT Julkaisuja 846. Espoo. 95 s. + liitt. 12 s.

Prasad, B. 1996. *Concurrent Engineering Fundamentals, Integrated Product and Process Organization*. New Jersey: Prentice Hall. 478 s.

Stoll, H. W. 1990. Design for Manufacture, *Manufacturing Engineering*, January 1988. Teoksessa: Wesley, C. A. (toim.). *Simultaneous Engineering, Integrating Manufacturing And Design*. Michigan: Society of Manufacturing Engineering. 283 s.

Tanner, J. P. 1990. Product Manufacturability, *Automation*, May 1989. Teoksessa: Wesley, C. A. (toim.). *Simultaneous Engineering, Integrating Manufacturing And Design*. Michigan: Society of Manufacturing Engineering. 283 s.

Thurmond, R. C. et al. 1990. Assessing the Development/Production Transition, *Transactions on Engineering Management*, November 1988. Teoksessa: Wesley, C. A. (toim.). *Simultaneous Engineering, Integrating Manufacturing And Design*. Michigan: Society of Manufacturing Engineering. 283 s.

Tönshoff, H. K. et al. 1999. Wissensbasiertes Datenmodell für Konstruktionen und Arbeitsplanung. Teoksessa: ZWF-Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 3/99. Carl Hanser Verlag. S. 108–111.

Tönshoff, H. K. et al. 2001. Know Work-An Approach to Co-ordinate Knowledge within Technical Sales, Design and Process Planning Departments. Teoksessa: Proceedings of the 7th International Conference on Concurrent Enterprising. UK: University of Nottingham. S. 231–239.

Webster, M., Alder, C. & Muhlemann, A. P. 1997. Subcontracting within the supply chain for electronics assembly manufacture. International Journal of Operation & Production Management, Vol. 17, No. 9, s. 827–841.

Wheelwright, S. C. & Clark, K. B. 1995. Leading Product Development. New York: Free Press. 176 s.

Wheelwright, S. C. & Clark, K. B. 1992. Revolutionizing Product Development. New York: Free Press. 364 s.

Winner, R. I., Pennell, H. E., Berntrend, H. E. & Slusarczak, M. M. G. 1988. The Role of Concurrent Engineering in Weapons System Acquisition. IDA Report R-338. Alexandria: (Prasad 1996) (Bralla 1998) Institute of Defense Analyses.

|  |                             |  |            |
|--|-----------------------------|--|------------|
| Tekijä(t)<br>Häkkinen, Kai, Pötry, Jyri & Joutsen, Peik  |                             |  |            |
| Nimeke<br><b>Konepajateollisuuden alihankintaprosessien<br/>kehittämisedellytykset ja -tavat pk-sektorilla<br/>Koneali-projektin loppuraportti</b>   |                             |  |            |
| Tiivistelmä<br>Asetustutkimusosion tulokset osoittavat, että tutkittujen tuotteiden osalta asetusaajat olivat 10–50 % kaikesta valmistusajasta. Tehokkain keino vähentää asetusaikoja näyttää olevan suunnittelijan ja valmistuksen yhteistyön lisääminen. Osoituksena tästä ovat case-tapaukset, joissa onnistuttiin vähentämään valmistuskustannuksia parhaimmillaan 50–70 %. Lisäksi tulokset osoittavat, että asetusaajat olivat valtaosin sisäisiä. Näiden siirtäminen ulkoisiksi on merkittävä kehittämismahdollisuus.<br><br>Kaksoisvarastoproblematiikka-osiossa kehitettiin alihankintaprosessin kustannusmalli ja varastojen sijaintipäätösmalli. Kustannusmallissa lasketaan tilaus-toimitusprosessin välillisiä kustannuksia tuotekohtaisesti. Lisäksi analysoitiin muut kuin taloudelliset varastojen sijaintipäätökseen vaikuttavat tekijät. Kustannusmallia testattiin historiadatan avulla, tietokonesimulaatiolla ja joukolla erilaisia tapauksia eri yrityksissä. Testaus osoitti, että kustannusmalli on käyttökelpoinen ja tulokset vastasivat erityisesti alihankintayritysten näkemyksiä. Jotkut yritykset ottivat mallin heti käyttöönsä.<br><br>Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyöosiossa oli tavoitteena selvittää valmistuksen ja suunnittelun väliseen yhteistyöhön liittyvää problematiikkaa. Valmistuksen ja suunnittelun yhteistyö on vähäistä, vain n. 10–15 % päähankkijoista osallistuu alihankkijoidensa kanssa yhteiseen tuotekehitykseen. Case-tapaukset osoittivat, että yhteistyötä lisäämällä saavutetaan merkittäviä hyötyjä. Erityisen tärkeäksi nousi yhteistyö uusien tuotteiden kehittämisessä. Vanhojen tuotteiden kehittäminen on usein ongelmallista eri syistä. Yhteistyön lisäämistä puoltaa myös kokeneemman suunnittelijakunnan väheneminen. Myös suunnittelijoiden apuvälineiden kehittäminen on tärkeä kehityskohde. Yhteistyön lisäämistä rajoittaa molempien osapuolien halu välttää sitoutumista toisiinsa kovin vahvasti.<br><br>Investointien osalta tavoitteena oli selvittää, millä tavoin yritykset investointiongelmaa tarkastelevat. Tulosten mukaan pää- ja alihankkijoiden välinen strateginen yhteistyö koneinvestointeihin liittyen on olematonta. Investoinnit ovat pääasiassa työkaluja ja -välineitä, joiden hankintakustannus yleisesti laskutetaan päähankkijalta joko erillisellä laskulla tai lisäämällä tuotteen hintaan pieniä lisä kuoletusta varten. Suuntaus näyttää olevan, että tuotteet suunnitellaan valmistettaviksi yleiskoneilla ja toisaalta alihankkijat ottavat sellaisia tuotteita valmistukseensa, jotka ovat yleiskoneilla tehtävissä. |                             |  |            |
| Avainsanat<br>subcontracting, subcontract manufacture, concurrent engineering, setups, inventories, product design, investments  |                             |  |            |
| Toimintayksikkö<br>VTT Tuotteet ja tuotanto, Tekniikantie 12, PL 1301, 02044 VTT   |                             |  |            |
| ISBN<br>951-38-6128-7 (nid.)<br>951-38-6129-5 (URL: <a href="http://www.inf.vtt.fi/pdf/">http://www.inf.vtt.fi/pdf/</a> )  |                             | Projektinumero<br>G1SU00823  |            |
| Julkaisu-aika<br>Helmikuu 2003   | Kieli<br>Suomi, engl. tiiv. | Sivuja<br>129 s.   | Hinta<br>C |
| Projektin nimi<br>KONEALI  |                             | Toimeksiantaja(t)<br>Teknillinen korkeakoulu TKK,<br>Teknologian tutkimuskeskus Tekes,<br>työministeriö, yritykset |            |
| Avainnimeke ja ISSN<br>VTT Tiedotteita – Research Notes<br>1235-0605 (nid.)<br>1455-0865 (URL: <a href="http://www.inf.vtt.fi/pdf/">http://www.inf.vtt.fi/pdf/</a> )   |                             | Myynti:<br>VTT Tietopalvelu<br>PL 2000, 02044 VTT<br>Puh. (09) 456 4404, Faksi (09) 456 4374                       |            |

|   |                                   |  |                             |
|---|-----------------------------------|--|-----------------------------|
| Author(s)<br>Häkkinen, Kai, Pötry, Jyri & Joutsen, Peik   |                                   |  |                             |
| Title<br><b>Subcontracting Process Development in SME Mechanical Engineering Industry</b><br><b>Final report of the project Koneali</b>   |                                   |  |                             |
| Abstract<br>This study was focused on the following four topics concerning the subcontract manufacture process in the SME sector: setup times, double inventory and indirect costs, concurrent engineering (CE) and investments.<br><br>The results of the setup time case analysis indicated that setups took 10–50 % of the total manufacturing time. Increasing co-operation with product designers and the manufacturer seems to be the most effective way to reduce setup times. This was indicated in cases, where manufacturing costs were cut by 50–70 %. In addition, the results showed that the great majority of setups are internal. Transferring internal setups to external ones is a potential development method.<br><br>The second part of the study, addressing double inventory and indirect costs, started with the development of a cost model for the subcontract manufacture process. The model was used for analysing product-specific indirect costs of the demand-supply chain and for the identification of "non-economic" factors having an effect on inventory location decisions. The cost model was tested by comparing its results with history data, results of a dynamic computer simulation and a set of real case studies of different companies. The tests indicated the usefulness of the model. Some case companies also took it into active use.<br><br>The third part of the study focused on the CE-process in subcontract manufacture. Only 10–15 % of the main contractors involved in this study were maintaining a continuous CE-process. The cases showed, however, that the companies may significantly benefit from increasing co-operation. Investing in the CE-process was found to be most important in connection with the development of new products. Updating the existing, old products is often very difficult, and design changes involve unexpected risks. The number of experienced machine designers is decreasing and a poor understanding of the manufacturing technology is becoming an ever-increasing problem for main contractors. Young designers typically have a very weak manufacturing experience. Finally, the results suggest that the most important barrier for increased co-operation between main contractors and subcontractors is the lack of mutual trust. On the other hand, the subcontractors were willing to increase co-operation.<br><br>The fourth research topic of this study related to investment appraisal problems in the subcontract manufacture process. The results indicated that there were no strategic co-operation between the main contractors and subcontractors involved in this study. The subcontractors invested mainly in tools and machines that were financed by charging directly to the contractor, or by adding a minor extra to products prices. A trend seems to be that products are designed to be manufactured by general (rather than product-dedicated) machines. Moreover, also subcontractors are more interested in manufacturing products that can be processed by general machines. |                                   |  |                             |
| Keywords<br>subcontracting, subcontract manufacture, concurrent engineering, setups, inventories, product design, investments   |                                   |  |                             |
| Activity unit<br>VTT Industrial Systems, Tekniikantie 12, P.O.Box 1301, FIN-02044 VTT, Finland  |                                   |  |                             |
| ISBN<br>951-38-6128-7 (soft back ed.),<br>951-38-6129-5 (URL: <a href="http://www.inf.vtt.fi/pdf/">http://www.inf.vtt.fi/pdf/</a> )   |                                   |  | Project number<br>G1SU00823 |
| Date<br>February 2003   | Language<br>Finnish, Engl. abstr. | Pages<br>129 p.  | Price<br>C                  |
| Name of project<br>KONEALI  |                                   | Commissioned by<br>Helsinki University of Technology TKK,<br>National Technology Agency Tekes,<br>Ministry of Labour, companies      |                             |
| Series title and ISSN<br>VTT Tiedotteita – Research Notes<br>1235-0605 (soft back edition)<br>1455-0865 (URL: <a href="http://www.inf.vtt.fi/pdf/">http://www.inf.vtt.fi/pdf/</a> )   |                                   | Sold by<br>VTT Information Service<br>P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland<br>Phone internat. +358 9 456 4404<br>Fax +358 9 456 4374 |                             |

Tutkimus jakautui neljään osaan, joissa käsiteltiin valmistusalihankinnan asetusajoja, tuplavarasto-ongelmaa, valmistuksen ja suunnittelun yhteistyötä sekä alihankintayhteistyön investointikysymyksiä. Tutkimukseen osallistui 11 suomalaista pk-yritystä. Kaikkien osien tulokset osoittivat, että kehitettävää on huomattavasti konstruktioissa ja valmistusprosesseissa, logistisissa prosesseissa sekä valmistuksen ja suunnittelun yhteistyössä. Yritysten välinen yhteistyö on kehitystoiminnan avain. Investointien osalta tarvitaan lisätutkimusta, jotta voitaisiin paremmin ymmärtää niihin liittyviä ongelmia. Tämän tutkimuksen perusteella voidaan kuitenkin olettaa, että lisäämällä pää- ja alihankkijan välistä yhteistyötä myös investoinneissa voidaan saavuttaa hyötyjä.

---

Tätä julkaisua myy  
VTT TIETOPALVELU  
PL 2000  
02044 VTT  
Puh. (09) 456 4404  
Faksi (09) 456 4374

Denna publikation säljs av  
VTT INFORMATIONSTJÄNST  
PB 2000  
02044 VTT  
Tel. (09) 456 4404  
Fax (09) 456 4374

This publication is available from  
VTT INFORMATION SERVICE  
P.O.Box 2000  
FIN-02044 VTT, Finland  
Phone internat. + 358 9 456 4404  
Fax + 358 9 456 4374

---