

Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
Konetekniikan osasto

## **OSAVALMISTUKSEN KUSTANNUSTEHOKKUUDEN ARVIOINTI**

Työn tarkastajat: Professori Juha Varis, TkT Mikael Ollikainen  
Työn ohjaaja: Teknologian kehityspäällikkö Kari Kääriä

Seinäjoella 25.8.2006

Juho Pitkälä  
Pikkukuja 3 a1  
60320 Seinäjoki  
puh. 040-8443243

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Ruukki Engineering Seinäjoen palvelukeskuksessa. Esitän kiitokset yrityksen edustajille, jotka toimivat työssä mukana erilaisissa rooleissa ja mahdollistivat työn toteutuksen.

Työni ovat tarkastaneet professori Juha Varis ja TkT Mikael Ollikainen. Tarkastajia kiitän omasta panoksestaan ja mielenkiinnosta diplomityötäni kohtaan.

Työni ohjasi teknologian kehityspäällikkö Kari Kääriä, jonka panos työn tekemisessä oli merkittävä. Hän ohjasi kaikissa vaiheissa työtä määrätietoisesti eteenpäin ja antoi sivustatukea työn edetessä. Kiitän Karia tästä tuesta ja auttamisesta.

Kiitos kuuluu myös lapsilleni, jotka ovat omalla tavallaan kannustaneet minua opiskelemaan. Suurimmat kiitokset osoitan vaimolleni Hanna-Riitalle, joka on tukenut ja kannustanut minua koko opiskelujen ajan.

Seinäjoella 25.8.2006

Juho Pitkälä

## TIIVISTELMÄ

Tekijä: Juho Herman Pitkälä  
Nimi: Osavalmistuksen kustannustehokkuuden arviointi  
Osasto: Konetekniikan osasto  
Vuosi: 2006  
Paikka: Seinäjoki  
Diplomityö: Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
78 sivua, 29 kuvaa, 7 taulukkoa ja 3 liitettä  
Tarkastajat: Professori Juha Varis ja TkT Mikael Ollikainen  
Hakusanat: kustannustehokkuus, läpäisy aika, jalostava-aika  
Keywords: cost efficiency, lead time, process time

Tämän diplomityön tarkoituksena oli selvittää osavalmistuksen kustannustehokkuutta Ruukki Engineering Seinäjoen palvelukeskuksessa. Osavalmistuksessa osia leikataan, särmätään ja viimeistellään kokoonpanohitsaukseen soveltuviksi komponenteiksi.

Kustannustehokkuuden selvittämisessä käytettiin aikaan perustuvia mittausmenetelmiä, joiden pohjalta laskettiin tuotteen toteutuneita kustannuksia. Toteutuneita kustannuksia verrattiin hinnoittelutaulukoihin. Vertailussa havaittiin, että kaikkia työvaiheita ei ollut hinnoiteltu lainkaan. Erot hinnoittelun ja toteutuneiden kustannusten välillä olivat merkittäviä.

Työssä tutkittiin myös jalostavan ajan osuutta kokonaisläpäisyajasta. Mitattuja tietoja verrattiin kahteen aikaisemmin tehtyyn tutkimukseen. Osavalmistuksessa aikaa kuluu paljon välivarastoissa ja työvaiheiden läpäisyajat olivat joidenkin työvaiheiden kohdalla pitkiä. Diplomityön tulokset olivat vertailukelpoisia muiden tutkimusten kanssa ja olivat ennalta asetettujen hypoteesien mukaisia.

## **ABSTRACT**

Author: Juho Herman Pitkälä  
Name: The evaluation of the cost efficiency in parts manufacture  
Department: Mechanical Engineering  
Year: 2006  
Location: Seinäjoki  
Masters thesis: Lappeenranta University of Technology  
78 pages, 29 pictures, 7 charts and 3 appendices  
Examiners: Professor Juha Varis and TKT Mikael Ollikainen  
Key words: cost efficiency, lead time, process time

The purpose of this thesis was clarifying the cost efficiency of the parts manufacture at Ruukki Engineering Seinäjoki service center. In the parts manufacture, the pieces are cut, bent, and finished into components that are ready for the assembly welding.

In clarifying the cost efficiency, measurement methods based on time were used, with which the actual costs were calculated. The actual costs were compared to pricing charts. The comparison showed that some work phases were not priced at all. Differences between the priced costs and actual costs were significant.

The process time as a part of the total lead time was also studied in the thesis. The measured results were compared to research carried out earlier. During parts manufacture, lot of time was used in intermediate storages and the lead time of some work phases were long. The results of this thesis are comparable with other like research and they are in accordance with preset hypothesis.

## SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1.	JOHDANTO.....	4
1.1.	Tutkimuksen tavoitteet .....	4
1.2.	Tutkimuksen rajaukset .....	5
1.3.	Ruukki Engineering .....	6
2.	KIRJALLISUUSKATSAUS.....	7
2.1.	Tuotannon teknistaloudelliset perusteet.....	7
2.2.	Lyhyt ja varma toimitusaika .....	8
2.3.	Joustavuus .....	8
2.4.	Tuotteiden laatu .....	8
2.5.	Tuotannon tavoitteita.....	9
2.6.	Suorituskykymittarit .....	10
2.6.1.	Taloudelliset mittarit .....	10
2.6.2.	Ei-taloudelliset mittarit .....	11
2.6.3.	Hyvän mittarin ominaisuuksia .....	11
2.7.	Työntutkimus.....	12
2.8.	Työnmittaus .....	12
2.9.	Ajankäyttötutkimus.....	13
2.10.	Tuottavuuden suora tai välillinen mittaus .....	16
2.11.	Tuottavuus ja kannattavuus .....	17
2.12.	Läpäisy aika .....	18
2.12.1.	Jalostavan työn osuus läpäisyajasta .....	19
2.12.2.	Läpäisyajan merkitys.....	20
2.12.3.	Läpäisyajan vaikutus asiakastyytyväisyyteen .....	21
2.12.4.	Läpäisyajan vaikutus kustannuksiin .....	22
2.12.5.	Läpäisyajan vaikutus sitoutuvaan pääomaan.....	23
2.12.6.	Läpäisy aika arvoa tuottavana tekijänä .....	23
2.12.7.	Läpäisyajan lyhentäminen.....	25
2.13.	Erä koko ja asetukset.....	25

2.14.	Tuotantosolu .....	26
2.15.	Funktionaalinen toimintatapa .....	28
2.15.1.	Funktionaalisen järjestelmän edut.....	28
2.15.2.	Funktionaalisen järjestelmän heikkoudet .....	29
2.16.	Lean tuotanto .....	29
2.16.1.	Lean tuotannon tavoitteet.....	30
2.16.2.	Toimintaympäristö.....	30
2.16.3.	Toiminnan organisointi .....	31
2.16.4.	Jatkuva parantaminen.....	32
2.16.5.	Yksinkertainen ja luotettava konekanta.....	32
2.16.6.	Työntekijöiden osallistuminen ja mahdollisuudet vaikuttaa omaan työhönsä .....	32
2.16.7.	Lyhentyneet asetus- ja siirtoajat eri työvaiheissa .....	33
3.	TUTKIMUSMENETELMÄT .....	34
3.1.	Läpäisyajan määrittäminen .....	35
3.2.	Todellisten valmistusaikojen mittausten toteuttaminen .....	35
3.3.	Mitattavat tuotteet .....	37
4.	TULOKSET .....	38
4.1.	Nykytilanteen kuvaus .....	38
4.1.1.	Tilauksen käsittely.....	39
4.1.2.	Leikkausgeometrian ja työvaihemallien suunnittelu .....	40
4.1.3.	Leikkauksen suunnittelu.....	42
4.1.4.	Leikkauksen työnjohto.....	44
4.1.5.	Materiaalinnouto leikkaukseen .....	45
4.1.6.	Leikkaus.....	46
4.1.7.	Särmäys.....	47
4.1.8.	Viimeistelyvaiheet .....	49
4.1.9.	Alihankintatoiminta.....	50
4.1.10.	Lähetys ja jälkilaskenta .....	52
4.2.	Tuotannonohjausjärjestelmästä saatavat aikatiedot.....	54
4.3.	Seurantalomakkeilla toteutetun mittauksen tuloksia .....	56
4.4.	Moduulien mittaustuloksia.....	56

5.	TULOSTEN TARKASTELU.....	58
5.1.	Läpäisyajkojen tarkastelu.....	60
5.2.	Seurantalomakkeilla saatujen mittaustulosten tarkastelu.....	61
5.3.	Kokonaisläpäisyajat seurantalomakkeilla mitatuille tuotteille ...	63
5.3.1.	Jalostavan ajan mittaustulokset .....	65
5.3.2.	Tutkimuksen taloudellinen informaatio.....	65
6.	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	67
7.	JATKOKEHITYSEHDOTUKSET .....	68
7.1.	Läpäisyajkojen lyhentäminen.....	68
7.2.	Tuotannon kuormittaminen .....	69
7.3.	Toiminnan organisointi ja solujen suunnittelu.....	69
7.4.	Alihankintatoiminnan kehittäminen.....	71
7.5.	Kustannustehokkuuden mittaaminen koko prosessissa.....	72
7.6.	Prosessin suorituskyvyn mittarit.....	73
7.7.	Toimitusketjun uudelleen järjestäminen .....	73
8.	YHTEENVETO .....	75

LÄHTEET

LIITTEET

# 1. JOHDANTO

Työn tarkoituksena on selvittää osavalmistuksen ongelmakohtia. Tuote-esimerkkinä on eräs metsäkoneen runko. Työ tehdään Ruukki Engineering Seinäjoen palvelukeskuksessa. Työn lähtökohtatietona oli, että osavalmistuksen käyttökate on noin -20 %. Lisäksi läpäisy aika tiedettiin pitkäksi, minkä vuoksi kokoonpanohitsauksen suorittaja joutui ottamaan suuret varmuusvarastot varmistaakseen oikea-aikaiset toimitukset loppuasiakkaalle. Osavalmistuksen kohdalla tiedettiin myös erään Yhdysvaltalaisen loppuasiakkaan kautta tekemä jalostavan ajan tutkimus, jossa osavalmistuksen jalostavan ajan osuudeksi kokonaisläpäisyajasta saatiin 0,37 %. Näiden tietojen pohjalta päätettiin selvittää, minkä suuntaisia tulokset ovat tänä päivänä ja selvittää millä toimenpiteillä asiaa voidaan korjata.

## 1.1. Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on määrittää läpäisy aika ja selvittää työjakson eri aikajajit. Tarkoituksena on selvittää jalostavan työn osuus kokonaisläpäisyajasta. Jalostavatyön osuudesta on useita tutkimustuloksia, joihin saatua arvoa verrataan.

Lisäksi tavoitteena on analysoida mittauksessa saatavia mittaustuloksia ja tunnistaa kehityskohteita. Tarkoituksena on selvittää tuoteyksikköä kohden käytetty työmäärää. Työmäärää käytetään työmenetelmien vertailussa, tuotteiden hinnoittelussa, kuormitussuunnittelussa sekä valmistusmenetelmien kehittämisessä.

Tavoitteena on selvittää todellisiin vaihe aikoihin perustuva kustannusrakenne erään metsäkoneen eturungon osalta ja verrata sitä



tuotteen nykyiseen hinnoitteluun. Tutkimusaineiston pohjalta selvitetään seuraavat tunnusluvut:

- toimitetut tilaukset (kpl)
- toimitetut kappaleet (kpl)
- tuotevariaatioiden määrä (kpl)
- kokonaisläpäisy aika (vrk)
- työvaiheajat (h)

## 1.2. Tutkimuksen rajaukset

Tutkimuksessa esille nousseita asioita ja tutkimuksen mittaustuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että tutkimuksen aineisto on kerätty 03/2006 - 06/2006 välisenä aikana, joten mittaustulokset ja niiden analysointi perustuu silloin yrityksessä vallinneeseen tilanteeseen. Seurattavana ja mitattavana ollut metsäkoneen runko muodostaa eturunkojen vuosittaisesta volyymistä noin 25 %, minkä vuoksi tilanne edustaa pitkälti kokonaistilannetta metsäkoneen runkojen valmistuksessa.

Tutkimus keskittyy Ruukki Engineering divisioonan Seinäjoen palvelukeskuksen osavalmistukseen. Osavalmistuksen prosessit tarkastellaan niiltä osin, mitä ilmenee metsäkoneen osavalmistuksen yhteydessä. Alihankintatoiminta rajataan tutkimuksen ulkopuolelle siten, ettei alihankkijoiden toimintaa mitata muuten kuin läpäisyajalla.

### 1.3. Ruukki Engineering

Ruukki Engineering päämarkkina-alue on Pohjois-Eurooppa. Liikevaihto vuonna 2005 oli 476 MEUR ja liikevoitto 96 MEUR. Henkilöstöä vuonna 2005 oli 1650. Ruukki Engineering keskittyy kolmeen pääsegmenttiin:

- Paperi- ja puunjalostusteollisuuteen ja energiaan
- Nosto- ja kuljetusvälineteollisuuteen
- Meriteollisuuteen

Palvelukeskukset, jossa tämä diplomityö tehtiin, keskittyvät osa- ja komponenttitoimituksiin erityisesti nosto- ja kuljetusvälineteollisuuteen ja sijaitsevat Tampereella, Seinäjoella ja Raahessa. (Ruukki Corporate Inside www-sivut 2006)

## 2. KIRJALLISUUSKATSAUS

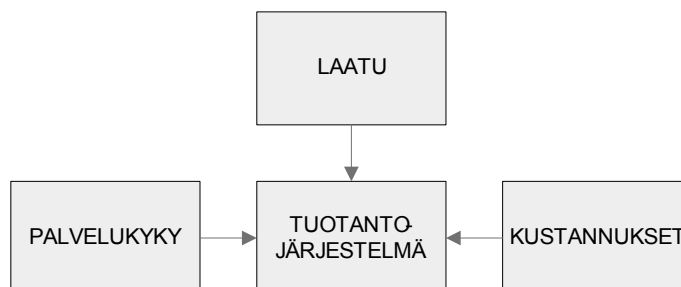
Seuraavissa luvuissa käsitellään tämän työn kannalta oleellisia asioita, joita on etsitty kirjallisuudesta. Kirjallisuuskatsauksessa käsitellään suorituskyvyn mittareita, työmittausta, läpäisyaikaa ja lean - perusteita.

### 2.1. Tuotannon teknistaloudelliset perusteet

Tuotanto on yksi valmistavan yrityksen neljästä päätehtävästä, joita ovat: (Lapinleimu et al., 1997, s.37)

- Markkinointi
- Tuotekehitys
- Tuotanto
- Jälkimarkkinointi.

Kilpailukykyä ei voida ylläpitää vain yhtä osa-aluetta kehittämällä vaan kaikkien osien edellytetään olevan samalla tasolla. Tuotannon on nähtävä toimintansa osana koko palvelutoimintoa. Tuotannon tavoitteena on ylläpitää ja kehittää palvelukykyä nopeuden ja joustavuuden avulla. Palvelutaso edellyttää lyhyttä ja varmaa toimitusaikaa. Asiakkaan on saatava omia tarpeita vastaavia tuotteita ja palveluita. Lisäksi on vielä huolehdittava laatutason säilymisestä. Kuvassa 1 esitetään tuotannon ristipaineet. (Lapinleimu et al., 1997, s.37)



Kuva 1. Tuotannon ristipaineet. (Lapinleimu et al., 1997, s.38)

## 2.2. Lyhyt ja varma toimitusaika

Toimitusajan pituus on riippuvainen tarvittavien materiaalien hankinta-ajasta, oman valmistuksen läpäisyajasta sekä oman tuotannon kuormitustilanteesta. Oman valmistuksen läpäisy aika on merkittävä tekijä, joka riippuu tuotantojärjestelmästä. Toimitusaika on nopeuttakin tärkeämpi vaatimus, jonka toteutumiseen tarvitaan tuotantojärjestelmän hyvää ohjattavuutta. (Lapinleimu et al., 1997, s.38)

## 2.3. Joustavuus

Joustavuudella tarkoitetaan sopeutumista asiakasverkostoihin, pienien erien valmistuskykyä ja tilausohjautuvaa tuotantoa. Varastoon valmistaminen sitoo paljon pääomia ja siksi kallista. Lisäksi siihen liittyy riski epäkuranttien tuotteiden varaston syntymisestä. Tästä johtuen kaikkia asiakasveroston osia ei voida pitää varastoissa vaan läpäisyajkojen on saatava niin lyhyiksi, että valmistus voidaan aloittaa vasta tilauksen saavuttua. Tavoite tuotantoerän kooksi on tilauksen koko. (Lapinleimu et al., 1997, s.38)

## 2.4. Tuotteiden laatu

Hyvään laatuun kuuluu useita asioita, joita ovat tuotteen peruslaatu, toteutuslaatu sekä esteettisyys. Tuotannolla on ratkaiseva osuus paitsi tuotantolaatuun myös viimeistelylaatuun ja esteettisyyteen. Toteutuslaatuun vaikuttavat eniten valmistusmenetelmät sekä tuotantojärjestelmän toimivuus. (Lapinleimu et al., 1997, s.38)

## 2.5. Tuotannon tavoitteita

Tuotannon palvelukyky pyritään kehittämään korkeatasoiseksi säilyttäen samalla taloudellisuus. Tämän vuoksi pyritään asettamaan omia sisäisiä tavoitteita, jotka eivät ole asiakkaan kannalta primaarisia. Asiakasta ei kiinnosta esimerkiksi toimittajan oma läpäisy aika vaan asiakkaalle näkyvä toimitusaika. Toissijaisuudesta huolimatta tavoitteet ovat erittäin tärkeitä. Niitä käytetään usein toiminnan johtamisen ydinasioina, esimerkiksi aikajohtaminen (time based management) perustuu läpäisy aikaan. Tuotannon merkittäviä tavoitteita ja kehittämisen kohteita ovat: (Lapinleimu et al., 1997, s.38)

- Läpäisy aika. Lyhyt kokonaisläpäisy aika antaa mahdollisuuden lyhyisiin toimitusaikoihin ja parantaa ohjattavuutta sekä antaa joustavuutta toimituksiin sekä keventää organisaatiota. Lyhyt läpäisy aika ilmaisee järjestelmän toimivan hyvin.
- Kerralla valmiiksi. Tarkoituksena on osavalmistus, jossa kukin osa valmistuu yhdessä työvaiheessa. Työvaiheketjut ja niiden seurauksena läpäisyajat lyhentyvät. Toisaalta tuotteen valmistuttua virheettömästi, ei siihen tarvitse enää palata.
- Asetusajat alas. Lyhyet asetajat mahdollistavat pienet valmistuserät ja tuotannon paremman ohjaamisen.
- Sisäinen asiakkuus. Asiakas on todellinen palkanmaksaja, jolloin jokaisen tulee pitää seuraavaa vaihetta asiakkaanaan. Tämä koskee sekä työnlaatua että sisäisiä toimitusaikoja.
- Varastoton valmistus. Suuret varastot sitovat paljon pääomia ja ovat riski. Varastottoman tuotannon edellytyksenä on määrän ja ajan optimaalinen suhde. Usein puhutaan JOT -tuotannosta, juuri oikeaan tarpeeseen.
- Kevyt organisaatio. Lean toimintatapa tähtää kaiken sellaisen toiminnan poistamiseen, mikä ei kasvata tuotteen jalostusarvoa.
- Automaatio. Automaatiolla on välillinen selkeyttämiseen pakottava vaikutus, koska valmistuksen ja suunnittelun automatisointi

pakottaa myös panemaan edellytyksen kuntoon. Automaatio on voimakas rationalisointikeino.

- Modulaarinen tuote. Asiakaskohtaisesti suunnitellut tuotteet pyritään toteuttamaan moduuleilla, joiden valikoimasta asiakas voi valita itselleen sopivan kokonaisuuden. Moduulien valmistus on ennalta varmistettu.

## 2.6. Suorituskykymittarit

Suorituskykymittarilla tarkoitetaan täsmällisesti määriteltyä menetelmää, jonka avulla voidaan kuvata jonkin menestystekijän suorituskykyä. Mittaristolla tarkoitetaan kokonaisuutta, joka muodostuu mitattavan kohteen kannalta olennaisista mittareista. Mittareita voidaan luokitella monella tavalla, josta yleisin tapa on jakaa mittarit taloudellisiin ja ei-taloudellisiin mittareihin. (Lönnqvist, 2003, s. 31)

### 2.6.1. Taloudelliset mittarit

Taloudelliset mittarit perustuvat rahamittaiseen tietoon, jonka avulla organisaatiota voidaan ohjata kohti asetettuja tavoitteita ja seurata tavoitteiden toteutumista. Taloudelliset mittarit saadaan esimerkiksi organisaation tilinpäätöstiedoista joko suoraan tai laskemalla erillisiä tunnuslukuja. Niitä ovat esimerkiksi käyttökate ja liikevaihto. Taloudelliset mittarit antavat usein osittaisen kuvan organisaation tilanteesta ja ne ovat riittämättömiä ohjaamaan nykyaikaista toimintaa menestyksellisesti. Kuitenkin taloudellisten mittareiden laskentatavat ovat vakiintuneita ja niiden avulla voidaan vertailla organisaatioita ja yksiköitä keskenään. Lisäksi ne kertovat siitä liiketoiminnan tuloksesta, joka on kaikkein tärkein. (Lönnqvist, 2003, s. 31)

## 2.6.2. Ei-taloudelliset mittarit

Ei-taloudelliset mittarit ovat organisaation eri osa-alueiden mittareita ja ne eivät perustu rahamittaiseen tietoon. Tällaisia mittareita ovat esimerkiksi toimitusaika ja varaston kiertonopeus. Ei-taloudellisten mittarien avulla voidaan työntekijöille viestiä konkreettisesti asetettuja tavoitteita. Ne ovat taloudellisia mittareita konkreettisempia. Niiden avulla organisaatioiden ja yksiköiden vertailu ei ole luotettavaa, koska niiden laskentaperusteet eivät ole kovin hyvin vakiintuneet. (Lönnqvist, 2003, s. 31)

## 2.6.3. Hyvän mittarin ominaisuuksia

Ilman mittausta prosessien kehittäminen ja näkemys omasta toiminnasta jää mielipiteiden ja mututiedon varaan. Mittarit eivät kerro kaikkea, mutta ovat erittäin tärkeitä välineitä toimintaa kehitettäessä. Kaikelle kehittämiselle on tärkeää kokemusten jakaminen ja analysointi. Kun käytössä on mittareita, joiden laskentaperusteet tunnetaan, voidaan liiketoimintayksikössä muodostaa yhteinen käsitys toiminnan kehittämisestä. Mittarit ovat aina kompromisseja erilaisista asioista, joten täydellistä mittaria ei ole olemassa. Asiakastyytyväisyyttä voidaan mitata reklamaatioiden määrällä kuukaudessa, mikä kertoo asiakkaiden tyytyväisyydestä, mutta ei kerro siitä kaikkea. (Hannula, 2002, s.11) Hyvän mittarin tulisi täyttää mahdollisimman hyvin mittausteoreettisia ominaisuuksia, joita ovat: (Lönnqvist, 2003, s. 34)

- Validiteetti, mikä kuvaa mittarin kykyä mitata sitä menestystekijää, jota on tarkoitus mitata. Jos mittarilla on heikko validiteetti, siihen sisältyy jokin systemaattinen virhe. Yhtä menestystekijää voidaan mitata useammalla mittarilla, joista mikään ei ole täydellinen, koska mittarit huomioivat eri asioita.
- Reliabiliteetti, mikä kuvaa mittarin arvon satunnaisvirhettä. Reliabelin mittarin tulokset eivät vaihtelee satunnaisesti, vaan ne ovat johdonmukaisia.

- Käytännöllisyys kuvaa mittarin kustannustehokkuutta eli kuinka paljon nähdään vaivaa hyötyyn nähden. Toisaalta, jos mittari ei ole relevantti, se ei myöskään ole käytännöllinen.
- Relevanssi kuvaa mittarin olennaisuutta sen käyttäjän kannalta. Relevanssi on myös tilanne- ja käyttötarkoitussidonnainen ominaisuus, koska joissakin tilanteissa on tärkeää saada tietoa jostakin tietyistä asiasta. Toisaalla samalla mittarilla ei välttämättä ole mitään käyttöä.

## 2.7. Työntutkimus

Työntutkimus on ihmisten, materiaalien ja tuotantovälineiden yhteistoiminnan järjestelmällistä tutkimista. Sen tarkoitus on löytää paras menettelytapa sekä luoda hyvät työskentelyolosuhteet sekä ajan määrittäminen, mikä normaaliolosuhteissa tarvitaan työn suorittamiseen. Työntutkimuksen tavoitteet ovat seuraavat: (Uusi-Rauva, 2003, s. 421)

- Ajankäytön tehostaminen. Työaika käytetään tehokkaasti välittömään työtehtävään.
- Työnkulun tehostaminen. Tuotantoprosessissa työvaiheet voidaan suorittaa peräjälkeen tehokkaasti.
- Yksittäisten työvaiheiden tehostaminen. Kehitetään yksittäisiä työvaiheita muuttamalla työolosuhteita, välineitä ja suoritustapaa.
- Työliikkeiden kehittäminen. Parannetaan yksityiskohdittain työliikkeitä tehokkuuden nostamiseksi sekä ergonomian ja työturvallisuuden kehittämiseksi.

## 2.8. Työnmittaus

Työnmittauksessa tutkitaan työntekijän tuoteyksikköä kohden käyttämää työmäärää. Työmäärää käytetään työmenetelmien vertailussa, tuotteiden hinnoittelussa, kuormitussuunnittelussa sekä valmistusmenetelmien



kehittämisessä. Työnmittauksessa voidaan käyttää seuraavia menetelmiä:  
(Uusi-Rauva, 2003, s. 423)

- Kelloaikatutkimus, joka voidaan jakaa normaaliaikatutkimukseen ja jatkuvaan ajankäytön tutkimukseen. Normaaliaikatutkimusta käytetään, kun työt ja niiden työvaiheet ovat toistuvasti samanlaisia. Työ voidaan jakaa tarkoituksen mukaisiin pienempiin osiin, joiden suorittaminen voidaan mitata erikseen. Jatkuvaa ajankäyttötutkimusta käytetään, kun työjärjestys ja työtehtävät eivät ole vakiintuneet. Tällöin tutkimuksen aikaväli on pidempi ja mittaukset tehdään suurempina kokonaisuuksina.
- Havainnointitutkimus perustuu työajan jakamiseen eri aikalajeihin.
- Haastattelu, jonka avulla saadaan karkeita arvioita eri työtehtäviin kuluneesta ajasta.
- Vertailu. Vertaillaan työtä toiseen työhön nähden, josta on jo kokemusperäistä tietoa.
- Aikalaskelmat, jossa automaattisten koneiden työaika saadaan selville laskemalla työnkiertoon kulunut aika.
- Laskelmat, jotka perustuvat työn jakamiseen erittäin pieniin työnoisiin, joille määrätään yleispäteviä suoritusajoja. Työaika saadaan laskemalla erillisiin työaikoihin kuluneet ajat yhteen. Tunnetuin menetelmä on MTM (Methods Time Measurement).

## 2.9. Ajankäyttötutkimus

Ajankäyttötutkimus perustuu työajan jakamiseen tehokkaaseen työaikaan sekä erilaisiin aikahäviöihin. Ajankäyttötutkimuksella voidaan määrittellä työmenetelmien epäkohdat. Tutkimuksen tavoitteet ovat seuraavat: (Uusi-Rauva, 2003, s. 421)

- Työnteon, koneiden käytön tai työkappaleiden kulun aiheuttamien aikahäviöiden suuruuden ja niiden syiden selvittäminen.

- Määrittää aikalisä työnmittausta varten. Apuaikaan sisältyvät ne toimenpiteet, jotka ovat välttämättömiä työn suorittamisen kannalta, mutta eivät sisälly tekemisaikaan. Apuajat määritellään tavallisesti prosenttiosuuksina varsinaisesta työajasta.

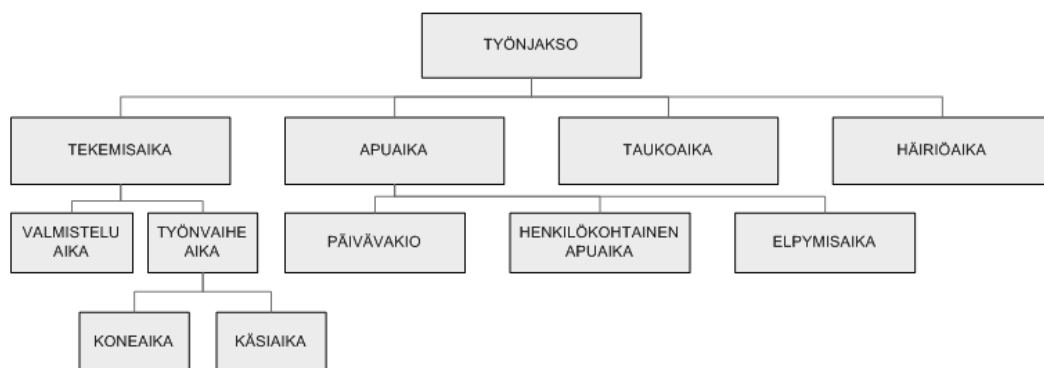
Kuvassa 2 esitetään eri aikalajien jaottelu ryhmiin työnmittauksen näkökulmasta. Työjakso voidaan jakaa neljään vaiheeseen seuraavasti: (Insko,1983, s.5.2)

- Tekemisaika
- Apuaika
- Tauko aika
- Häiriöaika

Tekemisaika on se aika, joka tarvitaan määrätyn työtehtävän suorittamiseen. Tekemisaika voidaan jakaa kahteen osaan, valmistelu- ja työvaihe aikaan. Valmisteluaikaan kuuluvat kaikki sellaiset työt valmistustehtävät, jotka esiintyvät vain kerran työtehtävää kohti. Työnvaihe aikaan kuuluvat kaikki ne ajat, jotka riippuvat tehtävästä kappalemäärästä. Vaihe aika voi sisältää kone- ja käsityöosuuksia, jolloin aika jaetaan niiden mukaisesti. Käsiaikaan työntekijä voi vaikuttaa omalla panoksellaan esimerkiksi syöttämällä koneeseen materiaalia. (Insko, 1983, s.5.2), (Uusi-Rauva, 2003, s. 422)

Apuaika sisältää työolosuhteiden ylläpitämiseksi tehtyjä toimenpiteitä, kuten siivoamista ja koneiden ja laitteiden huoltoa. Apuaika jaetaan kolmeen erilaiseen ryhmään, joita ovat päiväväkio, henkilökohtainen apuaika ja elpymisaika. Päiväväkio sisältää päivittäiset pakolliset muut työtapahtumat, joihin tehtävä työ ei vaikuta. Henkilökohtainen apuaika ja elpymisaika ovat työntekijöille varattua aikaa henkilökohtaisia tarpeita ja elpymistä varten. (Insko, 1983, s.5.2), (Uusi-Rauva, 2003, s. 422)

Tauko aika on ylimääräistä taukoihin käytettävää aikaa, joka ylittää apuajan. Häiriöaikaan kuuluvat erilaiset keskeytykset, lisä- ja aputyöt tai odotusajat, joiden kesto ja esiintymistiheyttä ei ennakolta tiedetä. Häiriöaikaa ovat esimerkiksi sähkökatkokset tai koneen häiriöt. (Insko, 1983, s.5.2), (Uusi-Rauva, 2003, s. 422)



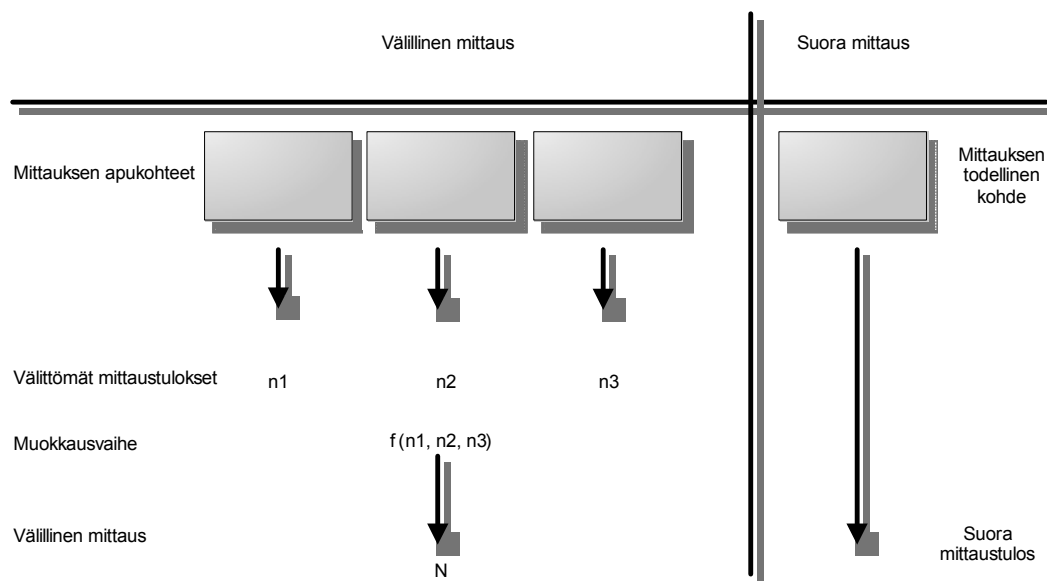
Kuva 2. Työjakson aikalajit (Uusi-Rauva, 2003, s. 422)

Ajankäyttötutkimus voidaan toteuttaa jatkuvana ajankäyttötutkimuksena tai havainnointitutkimuksena. Jatkuvassa ajankäyttötutkimuksessa tutkitaan työntekijöiden suoritusta koko ajan määrättyllä aikavälillä. Saadut tulokset kertovat suoraan, miten työaika jakautuu eri aikalajeihin. Menetelmä antaa luotettavia tuloksia, mutta vaatii paljon resursseja. (Uusi-Rauva, 2003, s. 422)

Havainnointitutkimuksessa työn tekemistä havainnoidaan tiettyinä havaintohetkinä, jotka ovat satunnaisia tai tasavälein toistuvia. Havaintoina kirjataan ylös menossa oleva työtapahduma ja sen aikalaji. Työajan jakauma määritellään saadusta aineistosta tilastollisten menetelmien avulla. Periaatteessa eri aikalajihavaintojen prosentuaalinen osuus kertoo työajan jakautumisesta työjakson aikalajeihin. Havainnointitutkimuksen suorittaminen on helpompi tehdä kuin jatkuva ajankäyttötutkimus, mutta eri aikahäviöiden aiheuttajien määrittely on vaikeampaa. (Uusi-Rauva, 2003, s. 422)

## 2.10. Tuottavuuden suora tai välillinen mittaus

Tuottavuutta voidaan mitata sekä suoraan tai välillisesti. Tätä havainnollistetaan kuvassa 3. Useinkaan kokonaistuottavuuden mittaaminen ei monituoteyrityksessä ole käytännössä toimivaa ja ei tuota hyödyllistä tulosta. Muodostettaessa tuottavuuden seurantaan ja valvomiseen tunnuslukuja on usein tyydyttävä juuri välilliseen mittaamiseen. Lopputulos on näinkin usein kohtuullisen hyvä.



Kuva 3. Tuottavuuden välillinen ja suora mittaus (Uusi-Rauva, 1997, s.68)

Tuottavuuden apukohteita voi olla monenlaisia. Suorassa mittauksessa mitataan suoraan tuottavuutta, kun välillisessä mittauksessa sen sijaan valittuja apukohteita. Näillä apukohteilla pyritään selittämään laajemmin tuottavuutta. Apukohteita valittaessa voidaan perehtyä siihen, missä alhainen tuottavuus syntyy ja ilmenee. Tällöin voidaan havaita, että mm. kaikkinaisen tuottamaton aika ja sähläys pienentävät tuottavuutta. Esimerkkeinä alhaisen tuottavuuden tekijöistä saattavat olla: (Uusi-Rauva, 1997, s.69)

- Pitkä läpäisy aika
- Virheelliset tuotteet
- Ylituotanto

- Laite- ja konehäiriöt
- Jäännösraaka-aine ja muut jätteet
- Tarpeeton materiaalin käsittely
- Tarpeettomat kuljetukset
- Myöhässä olevat tilaukset
- Asiakkaiden reklamaatiot
- Takuutoimenpiteet
- Alhainen kapasiteetin käyttöaste (prosessit, laitteet, kuljetusvälineet jne.)
- Odotusajat
- Työn tekeminen uudelleen
- Ylisuuret varastot
- Energian tuhlaus
- Korkeat laatukustannukset
- Riitaisa ilmapiiri
- Runsaat poissaolot
- Työtapaturmat
- Henkilökunnan suuri vaihtuvuus
- Yleinen epäjärjestys

## 2.11. Tuottavuus ja kannattavuus

Ilman jatkuvaa tuottavuuden kehittämistä yrityksen tai liikeyksikön toiminta ei pysy kannattavana. Jos yritys toimii kattavasti, se selviää omista taloudellisista velvoitteistaan ja voi kehittää toimintaansa. Tuottavuuden jatkuvalla kasvulla luodaan edellytykset kannattavalle toiminnalle ja edellytykset toiminnan kehittämiseksi. Kannattavuutta ja tuottavuutta voidaan mitata monella eri tavalla. Tuottavuus (1) on tuotoksen ja tuotoksen aikaansaamiseksi käytettyjen panosten suhde. Panoksia ovat esimerkiksi työ, materiaalit, komponentit, alihankinta, pääoma ja energia. Nykyisin myös tieto käsitetään panoksena. Tarkasteltava prosessi voi olla

laajemmin käsiteltynä koko liiketoimintaprosessi tai sen osa. (Hannula, 2002, s.8)

$$\text{Tuottavuus} = \frac{\text{Tuotos}}{\text{Panos}}$$

(1)

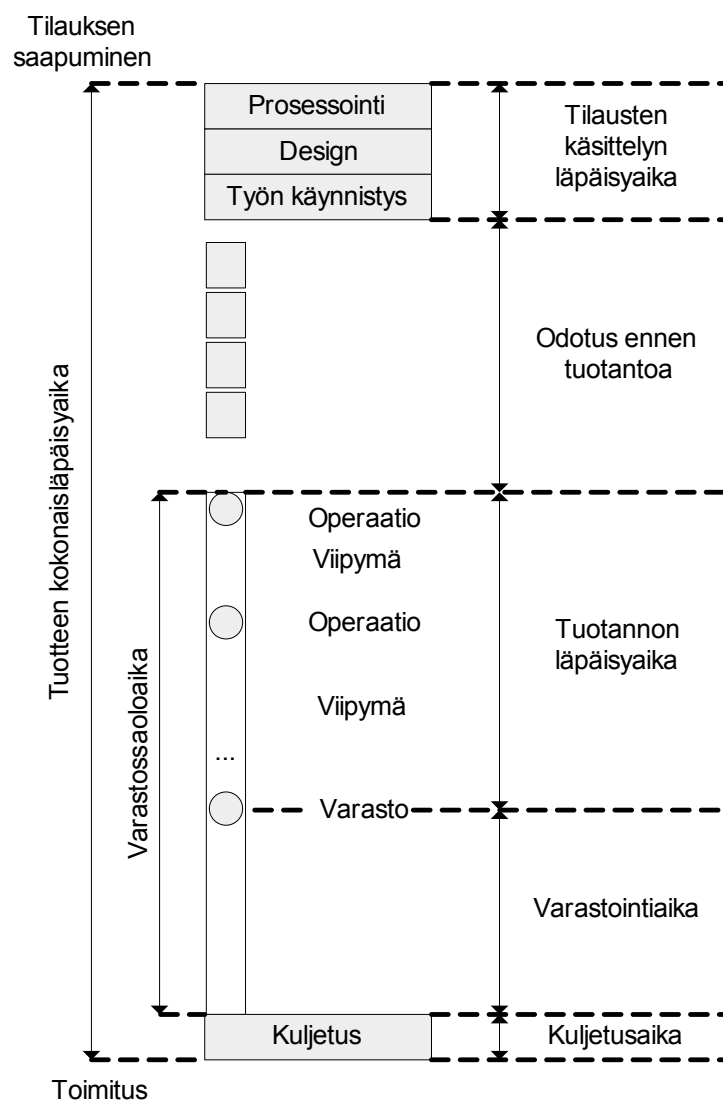
Osatuottavuudella tarkoitetaan tuotoksen jonkin tietyn panostyyppin suhdetta toisiinsa, joista yleisin osatuottavuus on työn tuottavuus (2). Työn tuottavuudessa prosessin tuotos jaetaan tuotoksen aikaansaamiseksi käytetyllä työpanoksella. (Hannula, 2002, s.8)

$$\text{Työn tuottavuus} = \frac{\text{Tuotannon määrä}}{\text{Työpanoksen määrä}}$$

(2)

## 2.12. Lämpäisy aika

Lämpäisy aika kuvaa aikaa, jonka toimitusketju vaatii kokonaisuudessaan. Lämpäisyajalla voidaan tarkoittaa kokonaislämpäisyajaa tai valmistuksen lämpäisyajaa. Kokonaislämpäisy aika tarkoittaa aikaa, joka kuluu tilauksen saapumisesta toimitukseen. Valmistuksen lämpäisyajalla tarkoitetaan aikaa, joka kuluu valmistuksen aloittamisesta tuotteen valmistumiseen. Lämpäisy aika ei kuvaa tuottavuutta tai tuotteen vaatimaa valmistusaikaa. Yleisesti suurin osa lämpäisyajasta on odotusaikaa, jolloin työvaiheet muodostavat vain murto-osan kokonaislämpäisyajasta. Kuvassa 4 esitetään lämpäisyajan rakenne. (Bruun, 1987, s. 10) (Uusi-Rauva, 2003, s. 345)

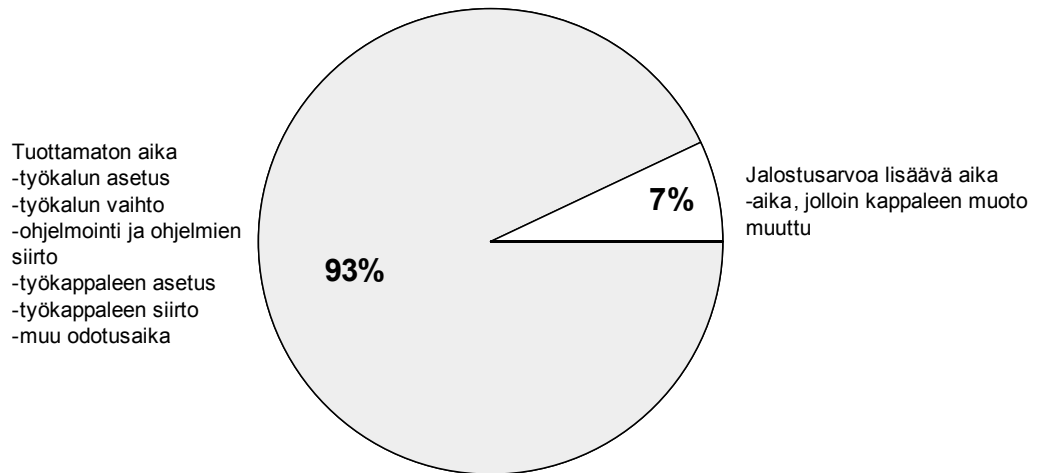


Kuva 4. Läpäisyajan rakenne (Bruun, 1987, s. 10)

### 2.12.1. Jalostavan työn osuus läpäisyajasta

Jalostavissa työvaiheissa tuote saa lisäominaisuuksia, josta asiakas on valmis maksamaan. Tuote muuttuu fyysisesti muotoaan. Jalostamattomissa työvaiheissa tuote ei saa lisäominaisuuksia, mikä tarkoittaa asiakkaan kannalta turhaa työtä, josta se ei ole valmis maksamaan. Jalostavia työvaiheita ovat esimerkiksi lävistäminen, leikkaaminen, taivuttaminen, hitsaaminen, hiominen, maalaaminen ja kokoonpano (Larikka, 1995, s.17). Kuvassa 5 on tyyppinen jakauma jalostavan ja tuottamattoman työn osuudesta levytuotevalmistuksessa.

Tyypillinen NC -levytyökoneisiin perustuva valmistuksen työvaiheet ovat lävistys, leikkaus, särmäys, terminen liittäminen, viimeistely ja maalaus. Kun jalostavan ajan osuus on kokonaisläpäisyajasta pieni, korostuu tuotannon häiriöiden ja vikojen hallinta, jos jalostusarvoa lisäävää toimintaa pyritään nostamaan. (Berkhahn et al., 1993, s. 22-27)



Kuva 5. Jalostavan työn osuus levytuotteiden valmistuksessa (Berkhahn et al., 1993, s. 22-27)

### 2.12.2. Lämpäisyajan merkitys

Lyhyt läpäisy aika on hyvä mittari toimivasta, joustavasta ja tehokkaasta tuotantojärjestelmästä. Lämpäisy aikaa ei saa lyhyeksi toimimalla huonosti. Lyhyt läpäisy aika mahdollistaa lyhyet toimitusajat. Lyhyt läpäisy aika antaa pelivaraa tuotannon ajoitukseen ja parantaa siten tuotannon ohjattavuutta. Tilausohjautuvassa tuotannossa edellytyksenä on valmistuksen läpäisyajan saaminen selvästi haluttua toimitusaikaa lyhyemmäksi.

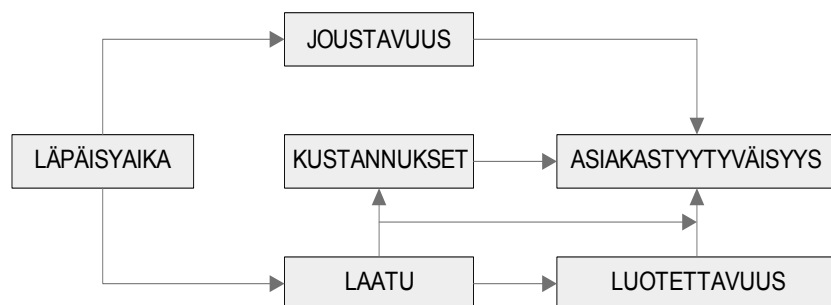
Jos vaadittava toimitusaika ja oma läpäisy aika ovat yhtä suuret, kuormitus vaihtelee tilauskannan mukaisesti. Tilausohjautuvassa tuotannossa ei tarvita tuotevarastoja ja puolivalmisteverastotkin ovat pieniä. (Lapinleimu et al., 1997, s.55)



Lyhyen läpäisyajan valmistuksessa tilauksia tehdään peräkkäin ja vähemmän rinnakkain, kuin pitkän läpäisyajan valmistuksessa. Töitä on tällöin vähemmän yhtä aikaa työn alla ja hoidettavana. Tällöin tuotannonohjaus on helpompaa ja tuotantoon sitoutuva pääoma on pienempi. (Lapinleimu et al., 1997, s.55)

### 2.12.3. Läpäisyajan vaikutus asiakastytyvyyteen

Läpäisyajan pituus ei ole itsessään yrityksen menestyksen avain, eikä se ole irrallinen asiakastytyvyyteen vaikuttava tekijä. Läpäisy aika vaikuttaa neljän muun tekijän kanssa asiakastytyvyyteen. Kuvassa 6 esitetään tekijät, jotka vaikuttavat asiakastytyvyyteen ja tekijöiden väliset suhteet. (Luhtala et al., 1994, s.31)



Kuva 6. Läpäisyajan suhde asiakastytyvyyteen vaikuttaviin tekijöihin (Luhtala et al., 1994, s.31)

Joustavuus voidaan määritellä muutosvalmiudeksi. Joustavuutta voidaan ajatella olevan kahta lajia, joita ovat tuotejoustavuus ja prosessijoustavuus. Tuotejoustavuus viittaa siihen, kuinka paljon asiakkaan tuotetta ollaan valmiita muuttamaan ja prosessijoustavuus liittyy muutosvalmiuteen valmistusprosessin aikana. (Luhtala et al., 1994, s.31)

#### 2.12.4. Lämpäisyajan vaikutus kustannuksiin

Kustannuksista suurin osa on puhtaasti aikariippuvia, jolloin niitä on mahdollista leikata lämpäisyaikaa lyhentämällä. Kustannusten alentaminen vaikuttaa asiakkaiden tyytyväisyyteen myönteisesti, sillä saatavat säästöt voidaan siirtää hintoihin. Työkustannukset eivät kuitenkaan riipu suoraan lämpäisyajasta, koska suurin osa lämpäisyajasta on odottelua ja muuta kapasiteettia sitomatonta aikaa työvaiheiden välillä. Lyhyt lämpäisy aika ei anna mitään perustetta aines- ja aihiovarastojen supistamiseen, koska toiminnan joustavuuden takaamiseksi on pidettävä riittävää raaka-ainevarastoa. Nopeassa toiminnassa lähtövaraston puutteita ei välttämättä voida riittävän tehokkaasti korjata. Jos aihoiden toimitusajat ovat pitkiä, saattaa alkuvarastojen liian alhainen taso katkaista oman tuotannon kokonaan. (Lapinleimu et al., 1997, s.55) (Luhtala et al., 1994, s.32)

Laatua voidaan tarkastella prosessin kyvykkyytenä ja tuotteiden teknisenä laatuna, jotka molemmat vaikuttavat asiakastyytyväisyyteen. Lyhyt lämpäisy aika vaikuttaa toimituskykyyn. Lyhyeen lämpäisy aikaan ei kuitenkaan päästä, jos valmistusprosessi ei pysty tuottamaan laadultaan moitteettomia tuotteita, vaan ongelmia joudutaan peittämään kasvattamalla vaihto-omaisuutta ja pidentämällä odotusaikoja. Tuotteilta edellytetään tasaista ja oikeaa laatua ja prosessilta kykyä päästä asetettuihin laatutavoitteisiin. (Luhtala et al., 1994, s.32)

Lyhyt lämpäisy aika parantaa toimitusprosessin luotettavuutta, jolloin sovitut aikataulut ja toimituspäivät pystytään pitämään. Tuotteiden oikea ja tasainen laatu heijastuu myös toimitustäsmällisyyteen ja siten myös luotettavuuteen. Kun korjauksia ja uudelleen tekemisiä vältetään, tuotteet saadaan luotettavasti valmiiksi ja voidaan toimittaa sovitusti asiakkaalle. (Luhtala et al., 1994, s.33)

## 2.12.5. Lämpäisyajan vaikutus sitoutuvaan pääomaan

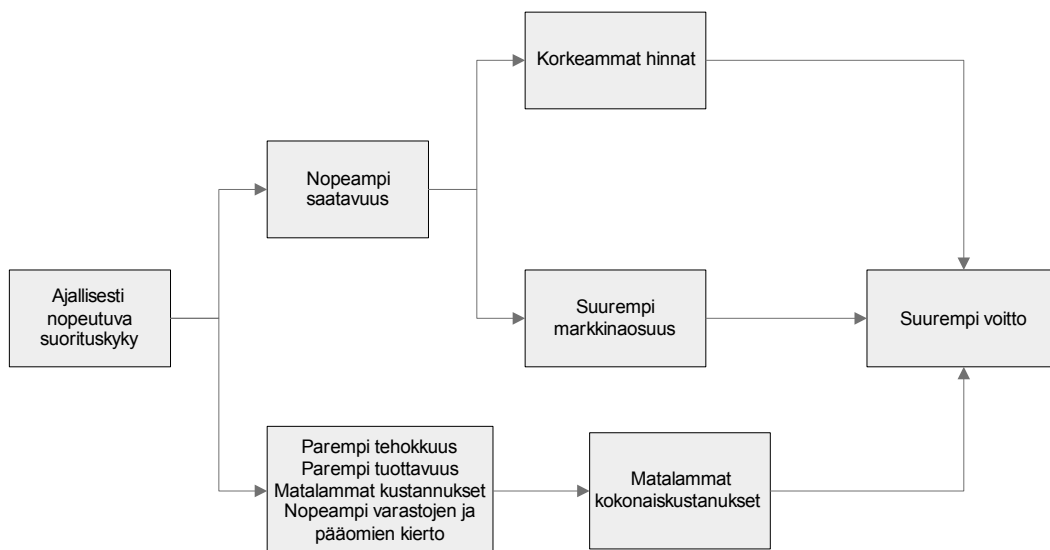
Lämpäisyaikaa lyhentämällä sitoutuva pääoma pienenee kahdella tavalla, mikä on seurausta siitä, että yritys pystyy toimimaan pienimmällä vaihto- ja käyttöpääomalla. Lämpäisyajan lyhentäminen ja vaihto-omaisuuden välillä on konkreettisempi suhde kuin lämpäisyajan ja toiminnan aiheuttamien kustannusten välillä. Lyhennettäessä lämpäisyaikaa, keskeneräisen tuotannon määrä vähenee lähes samassa suhteessa, jos vuosituotanto pidetään vakiona. Vaihto-omaisuutta ja sen aiheuttamia kustannuksia voidaan myös pienentää lyhentämällä lämpäisyaikaa. Vaihto-omaisuuden aiheuttamat kustannukset ovat tavallisesti n. 25 - 40 % vaihto-omaisuuden arvosta vuositasolla tarkasteltuna. Kun vaihto-omaisuutta on vähennetty, varastojen tarve vähenee. Pienet varastot vaikuttavat materiaalin käsittelyyn ja tilantarpeeseen tehtaissa ja varastoissa. (Luhtala et al., 1994, s.35)

## 2.12.6. Lämpäisy aika arvoa tuottavana tekijänä

Useissa aikaa käsittelevissä strategioissa todetaan, että nopea markkinoille tulo ja tehokas reagointi ovat yrityksen käytettävissä olevia kilpailullisia aseita. Aika luo arvoa suoraan korkeampina markkina osuuksina ja hintoina sekä epäsuorasti parantuneen tuottavuuden ja tehokkuuden kautta. Arvoa voidaan mitata kuvan 7 esittämällä tavalla ulosmenevän ja sisään tulevan kassavirran erotuksena. (Azzone, 1991, s.78), (Kumar, 1995, s.37)

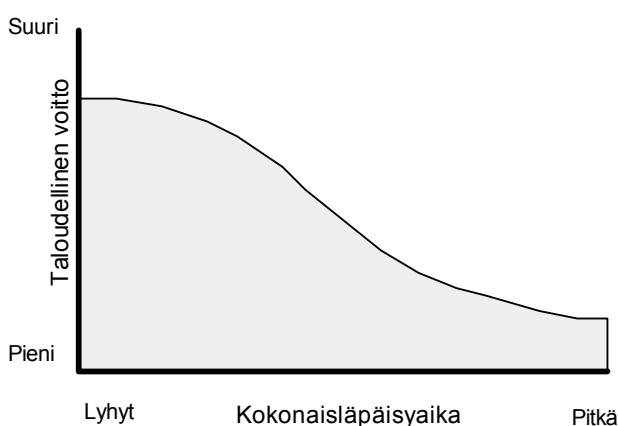
Asiakkaat ovat yleensä valmiita maksamaan korkeamman hinnan nopeampien prosessien mukanaan tuomasta paremmasta palvelusta. Toimitusten nopeutumisesta saatavan lisäarvon ohella asiakkailta pyydettävää markkinahintaa voidaan perustellusti korottaa, jos laatu, joustavuus ja toimitusvarmuus ovat kilpailijoita korkeammalla tasolla.

Lisäarvosta saatavat ylimääräiset tuotot vahvistavat yritykseen päin suuntautuvaa kassavirtaa. (Azzone, 1991, s.78) (Luhtala et al., 1994, s.34)



Kuva 7. Aika luo arvoa yrityksen liiketoiminnassa (Kumar, 1995, s.37)

Kuvassa 8 esitetään tuotteiden läpäisyajan merkitystä taloudellisen voiton muodostumisessa. Asiakkaat ovat halukkaita valitsemaan tuotteet ja maksamaan niistä enemmän, jos toimitukset tapahtuvat kilpailijoita nopeammin. Nopeasti toimivalla yrityksellä on alhaiseen hintaan verraten mahdollisuus saavuttaa kilpailuetua ja lisätä markkinaosuuttaan pitkiä toimitusaikoja tarjoavien yritysten kustannuksella. (Azzone, 1991, s.80)



Kuva 8. Voiton muuttuminen kokonaisläpäisyajan pituuden suhteen. Läpäisyajan ollessa lyhyt, on yrityksellä mahdollisuus suurempaan taloudelliseen voittoon. (Azzone, 1991, s.80)

## 2.12.7. Lämpöajan lyhentäminen

Kokonaislämpöaika kevyessä ja keskiraskaassa tuotannossa riippuu ensisijaisesti valmistusketjun pituudesta ja eräkoosta. Tällöin osavalmistuksen lämpöaika voidaan lyhentää vaiheketjua lyhentämällä. Vaiheketjun lyhentäminen voidaan toteuttaa konstruktiomuutoksilla, monitoimisilla koneilla tai yhdistämällä vaiheita soluperusteisella valmistusjärjestelmällä.

## 2.13. Eräkoosta ja asetukset

Eräkoon puristamista pieneksi puoltaa tavoite pitää puolivalmiste- ja valmisvarastot pieninä, mieluummin valmistaa varastottomasti. Valmisvarastossa pääomakustannusten ohella on epäkurantti varaston syntymisen riski, ellei jokaista valmistettavaa tuotetta vastaa tilaus. Asiakastilauksiin pohjautuva tuotanto johtaa pieniin valmistuseriin, koska tilauksia ei voida toimitusaikojen vuoksi kerätä kovin pitkältä ajalta yhteen. Jokaisella erällä on eräkohtaisia kustannuksia, jolloin erä pienennettäessä niiden vaikutus suhteellisesti kasvaa. Eräkohtaiset kustannukset puoltavat eräkoon pitämistä suurempina. Eräkohtaiset kustannukset muodostuvat: (Lapinleimu et al., 1997, s.59)

- Asetusajoista
- Tehtaan sisäisistä kuljetuksista
- Ulkoisista kuljetuksista, esimerkiksi alihankintojen ja kotiinkutsut erittäin
- Ohjaustoiminnoista.

Koneen, työaseman tai muun tuotantolaitteen saattamiseksi jonkin tuotteen valmistamiseen vaaditusta jonkin toisen tuotteen valmistamiseen vaadittavaan tilaan kutsutaan asetusten tekemiseksi. Asetustyö koostuu työkalujen, kiinnittimien tai kappaleenkäsittelijän tarttujan vaihdosta,

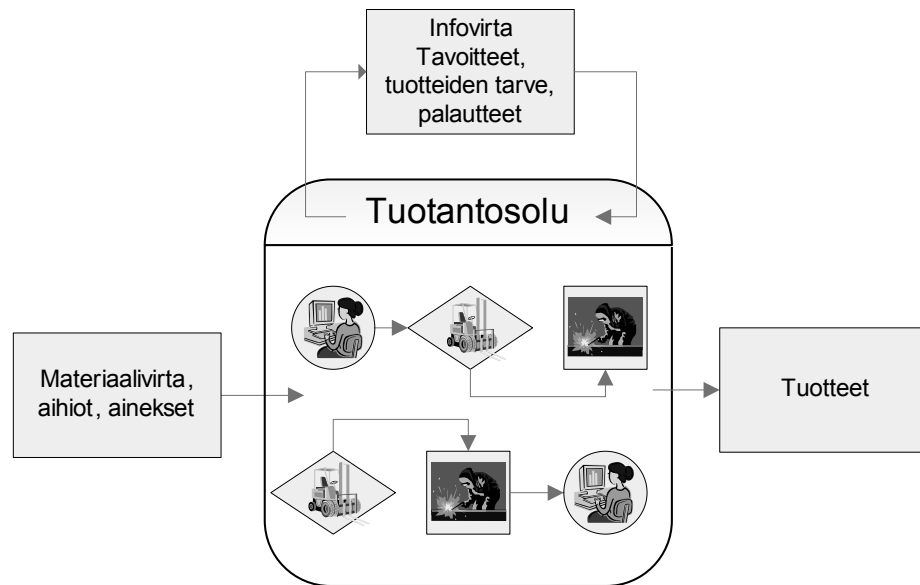
ohjelman siirrosta ja testauksesta sekä mahdollisten ohjelman 0-kohtien tai parametrien säädöistä. Asetusaikojen tehostamisessa ja lyhentämisessä on kiinnitettävä huomiota ainakin seuraaviin seikkoihin: (Lapinleimu et al., 1997, s.60)

- Tuotantokone seisautetaan ainoastaan vaihdon ajaksi ja vaihdot valmistellaan siten, että siihen ei kulu aikaa.
- Asetusten vaihtotarve minimoidaan joustavilla koneilla sekä vakioasetuksilla.
- Asetustyö valmistellaan jalostavan työn aikana.
- Asetusten vaihto automatisoidaan.

#### 2.14. Tuotantosolu

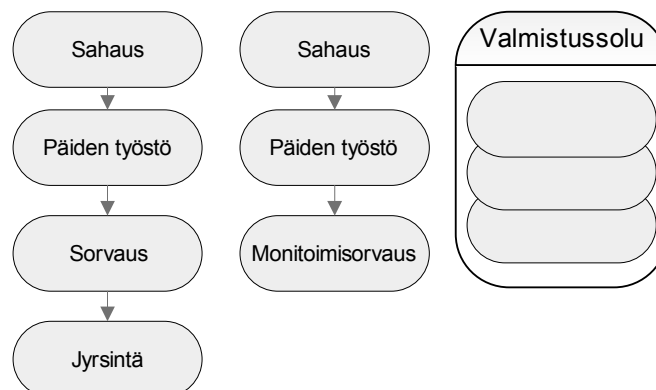
Solu on itsenäinen valmistusyksikkö, jossa määrätty osa, osaperhe tai osakokonaisuus valmistetaan yhdellä impulssilla. Soluissa yksittäiset työvaiheet yhdistyvät yhdeksi työvaiheeksi. Kuvassa 9 esitetään solun periaatteellinen toiminta. Solua käsitellään itsenäisenä yksikkönä. Jotta solu olisi itsenäinen yksikkö, sillä tulee olla: (Lapinleimu et al., 1997, s.80)

- oma tuoteisto valmistettavana
- oma yhtenäinen toiminta-alue
- oma tuotantokalusto
- oma henkilöstö, joka muodostaa työryhmän
- vastuu kaikesta toiminnasta.



Kuva 9. Solun periaatteellinen toiminta. Solussa on määritellyn tuotteiston valmistukseen kykenevä tiimi, jolla on omat resurssinsa. (Lapinleimu et al., 1997, s.86)

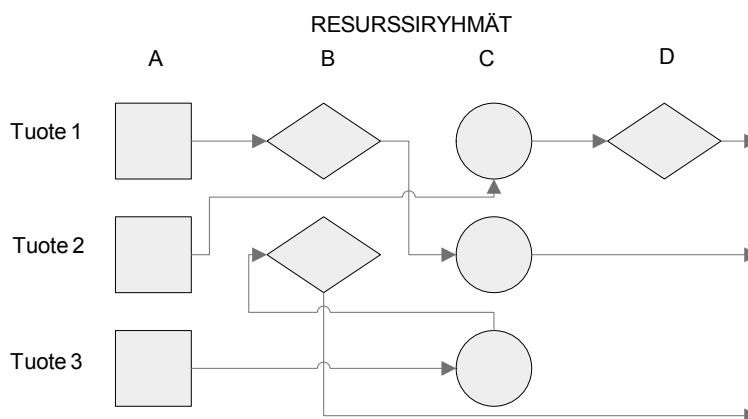
Raskaassa koneenrakennuksessa vaiheajat ovat usein niin pikiä, että läpäisy aika lähestyy työaikojen summaa. Tällöin on keskityttävä valmistusmenetelmien kehittämiseen. Kuvassa 10 esitetään esimerkki solun toteuttamisesta. (Lapinleimu et al., 1997, s.56)



Kuva 10. Työvaiheita yhdistämällä ja valmistusteknologiaa uudistamalla on voitu tehdä solu, jossa vaiheet valmistuvat limittäin. (Lapinleimu et al., 1997, s.56)

## 2.15. Funktionaalinen toimintatapa

Funktionaalisisessa systeemissä keskenään samanlaiset resurssit kerätään yhteen suorittamaan jotain tiettyä työvaihetta. Perinteisesti tällaisia systeemejä ovat sorvaamo, hiomo ja hitsaamo. Erilaisten vaiheketjujen tuotteet ohjataan järjestelmässä niille työpaikoille, joita tarvitaan tuotteen valmistamiseksi. Kuvassa 11 esitetään funktionaalinen systeemi. (Lapinleimu et al., 1997, s.79)



Kuva 11. Funktionaalinen systeemi. Tuotteet 1,2 ja 3 kulkevat resurssiryhmien A, B, C ja D kautta eri reittejä, jotta ne valmistuvat suunnitelman mukaisesti. Joka käynnistä resurssiryhmässä syntyy ohjattava vaihe. (Lapinleimu et al., 1997, s.80)

### 2.15.1. Funktionaalisen järjestelmän edut

Funktionaalisisella systeemillä etuna on suuri tuotejoustavuus. Systeemissä voidaan valmistaa kaikkea, mikä on käytettävillä valmistusmenetelmillä valmistettavissa. Toinen etu on systeemin kapasiteetin tehokas käyttö, mikä on seurausta työkappaleiden puskurivarastosta työpisteen edessä. Tällöin esimerkiksi koneen käyttöaste on helppo saada lähes 100 %:ksi. Eräs merkittävä etu on resurssien keskittyminen, joka nostaa keskittymän osaamistasoa. (Lapinleimu et al., 1997, s.)



## 2.15.2. Funktionaalisen järjestelmän heikkoudet

Suurin funktionaalisen toimintatavan heikkous on huono ohjattavuus. Ohjaus on työlästä ja läpäisy on hidas. Tuotteet on ohjattava erilaisia reittejä systeemin läpi, koska eri tuotteet tarvitsevat erilaisia resursseja niiden valmistamiseksi. Tyypillisiä funktionaalisen järjestelmän heikkouksia ovat: (Lapinleimu et al., 1997, s.80)

- Runsaasti ohjattavia työvaiheita
- Runsaasti ohjausimpulsseja tuotteille
- Työasemille syntyy jonoja
- Pitkä läpäisy aika.

## 2.16. Lean tuotanto

Lean tuotanto on kehitetty 1950-luvulla. Menetelmässä yhdistettiin innovatiivisesti käsityöläisaikakauden filosofia, työn standardisointi sekä Fordin kokoonpanolinjaston systematiikka. Lean ajattelussa tuote pyritään tekemään kerralla oikein ja valmiiksi. Pyrkimyksenä on kehittää jatkuvasti tuotteiden laatua, joustavaa valmistusta ja minimoida kaikkien resurssien tuhlausta. Lean tuotanto on termi, jota käytetään kuvaamaan yritysten käyttämiä menetelmiä ja työvälineitä, kun pyritään selittämään strategian ja tuotannonkehittämisen taustoja.

Menetelmän perustana on halu yksinkertaistaa ja vähentää tuotantoprosessiin vaikuttavia tekijöitä, jotka ovat vaikeasti hallittavia ja ovat vaikeasti ennustettavissa. Yleisesti tuotannonkehittämisen menetelmissä tavoitteena on saada tuotantoprosessista selkeä ja paremmin hallittava. Lean toiminta on nuukaa, koska se käyttää kaikkia resursseja vähemmän kuin massatuotannossa: (Sahin, 2000, s. 57)

- työvoimaa
- tuotantotilaa

- investointeja työkaluihin
- suunnitteluresursseja sekä aikaa uuden tuotteen suunnitteluun

#### 2.16.1. Lean tuotannon tavoitteet

Lean tuotannon tavoitteena on keskittyä vain asiakkaalle lisäarvoa tuottavaan toimintaan, jolloin on mahdollista saada aikaan merkittäviä säästöjä. Päähuomio on ihmisten, organisaation ja tekniikan yhdistämisessä toisiinsa. Koko henkilöstön voimavarat tulisi saada yrityksen käyttöön. Kustannussäästöt, laatu ja nopeus saavutetaan kehittämällä työvaiheita ja organisoimalla työt paremmin. Koneita ja laitteita voivat kaikki ostaa vapailta markkinoilta. Lean toimintatapoja ovat: (Kajaste et al., 1994, s. 20)

- perustana asiakkaalle tuleva lisäarvo
- huomion kiinnittäminen kokonaisuuteen
- jatkuva kustannusrakenteen keventäminen
- tiedonkulun suoruus ja avoimuus
- jatkuva oman toiminnan kehittäminen
- joustavat ja nopeat toimitusketjut
- henkilöstöressurssien järkevä yhdistäminen nykyaikaiseen tuotantotekniikkaan.

#### 2.16.2. Toimintaympäristö

Lean tuotantomenetelmä toimii parhaiten kohtuullisen stabiilissa ympäristössä. Tuotanto mukautetaan asiakkaan kysyntään. Tuotantoprosessissa minimoidaan keskeneräinen työ sekä valmisvarastot. Keskeneräisentuotannon virtaama optimoidaan eri vaiheiden välillä. Organisaatio, jolla on suuret varastot, huono käsitys markkinatilanteesta ja heikko laatutaso ei voi saavuttaa suurta joustavuutta. Lean -tuotanto on joustavaa. Organisaatio, jossa pyritään minimoimaan virheitä, siirtoja

työvaiheiden välillä, varastoja, odotteluajoja sekä läpimenoaikoja, voi reagoida markkinoiden muutoksiin nopeasti. (Sahin, 2000, s. 58)

### 2.16.3. Toiminnan organisointi

Lean menetelmässä organisaation yhteistyö on avainasemassa. Organisaation ihmiset järjestetään erilaisiin monitaitoisiin työryhmiin tai tiimeihin. Lean menetelmässä työryhmät ovat tarkemmin valvottuja, mutta väljemmin ohjeistettuja kuin massatuotannossa. Sen lisäksi että työntekijät hoitavat heille osoitetut tehtävät, ottavat vastuuta ja kantaa myös normaalisti asiantuntijoille luokiteltuihin töihin ja ongelmiin. (Sahin, 2000, s. 61)

Lean -tuotannossa tiimi työskentely kasvattaa tiimin jäsenten osaamista ja parantaa työskentely prosessia jatkuvasti. Työntekijät sitoutuvat tiimeihin, johon he kuuluvat. Tärkeää on voida perustaa tiimejä, jotka ovat heti asiakastarpeen ilmetyä valmiita toimimaan. Ihmiset ja tehtävät työskentelevät rinnakkain niin pitkään kuin on mahdollista ja ylläpitävät tehokasta tietojen vaihtoa yllä keskenään. (Sahin, 2000, s. 62)

Lean - tuotantoteknologian tulee olla joustavaa, luotettavaa sekä yksinkertaista. Automaatio pitäisi minimoida välttämättömälle tasolle, koska koneiden monimutkaisuus vähentää joustavuutta sekä voi aiheuttaa tuotantokatkoksia, joihin ei voida vaikuttaa. Koneista johtuvat tuotantoseisokit ovat tavallisempia seisokkien aiheuttajia. (Sahin, 2000, s. 58)

Lean -tuotanto koostuu tuotantosoluista, joissa on tuotteille spesifioituja työkaluja sekä menetelmät on kehitetty tiettyä tuotetta varten. Tuotantosolut auttavat omaksuma tuotteiden yksittäisvirtausta. Materiaalien siirtelyt solusta toiseen pyritään toteuttamaan ilman

välivarastoja. Yksittäisvirtauksen perusteena on vähentää arvoa tuottamatonta toimintaa. (Sahin, 2000, s. 58)

Jokainen yksittäinen solu helpottaa koko tehtaan järjestystä. Arvoa tuottamattoman toiminnan vähentäminen kasvattaa tuottavuutta, varsinkin kun se yhdistetään ennalta ehkäisevään laadun tarkkailuun. Laadun tarkkailu täytyy tapahtua prosessissa automaattisesti, jotta sillä voidaan vähentää uudelleen valmistusta sekä epäkuranttien tuotteiden määrää. (Sahin, 2000, s. 58)

#### 2.16.4. Jatkuva parantaminen

Jatkuva parantaminen on välttämätöntä kaikille organisaatioille. Lean tuotannossa työntekijät kehittävät omia työskentelytapojaan ja koneiden ja laitteiden tehokkuutta. Seuraavassa käsitellään (Sahin, 2000, s. 58)

#### 2.16.5. Yksinkertainen ja luotettava konekanta

Yksinkertaista, luotettavaa ja joustavaa konekanta tarvitaan koneiden käyttöajan maksimoimisessa, kuitenkin niin, että kokonaiskustannukset voidaan pitää mahdollisimman matalalla. Joustavuutta edellytetään silloin, kun uusia tuotteita ja muutoksia asiakkaan tuotteisiin halutaan saada nopeasti toteutettua. Tuotespesifikaatiot toteutetaan usein työkalujen avulla. (Sahin, 2000, s. 63)

#### 2.16.6. Työntekijöiden osallistuminen ja mahdollisuudet vaikuttaa omaan työhönsä

Työntekijöiden osallistuminen ja mahdollisuudet vaikuttaa omaan työhönsä ovat merkittäviä tekijöitä koko systeemin rakentamisessa. Lean

tuotannossa esimerkiksi jokainen työntekijä on oman erikoisalansa lisäksi koulutettu hoitamaan muitakin asioita, kuten laadun tarkkailua. Työntekijöitä kannustetaan jatkuvasti kehittämään omia työskentelytapojaan ja -menetelmiään. (Sahin, 2000, s. 63)

#### 2.16.7. Lyhentyneet asetus- ja siirtoajat eri työvaiheissa

Asetusajat ovat arvoa tuottamattomia toimintoja. Vähentämällä niihin kuluva aikaa on mahdollistaa kustannusten alentaminen. Yksinkertaistamalla asetusten tekemistä ja vaihtoa voidaan samalla verrata eri tuotteiden välisiä eroja. Samojen asetusten hyödyntäminen useissa eri tuotteissa ja jopa vakioasutusten käyttö ovat mahdollisia. Näiden vastakohtana on täysin spesifioitujen asetusten käyttäminen eri tuotteissa. Pienentyneet asetusajat sekä pienentyneet siirtymäajat kasvattavat tuotanto kapasiteettia ja parantavat läpimenoaikoja. (Sahin, 2000, s. 63)

### 3. TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimusmenetelminä käytetään ajankäyttötutkimusta ja työnmittauksen menetelmiä. Ajankäyttötutkimuksessa työaika jaetaan tehokkaaseen työaikaan sekä erilaisiin aikahäviöihin. Ajankäyttötutkimuksella voidaan määritellä työmenetelmien epäkohdat. Tutkimusaineistoa pyritään hankkimaan tehtaan toimintatavoista, vallitsevista käytännöistä ja ongelmakohdista eri valmistusketjun vaiheissa.

Työnmittauksessa tutkitaan työntekijän tuoteyksikköä kohden käyttämää työmäärää. Työmäärää käytetään työmenetelmien vertailussa, tuotteiden hinnoittelussa, kuormitussuunnittelussa sekä valmistusmenetelmien kehittämisessä. Työnmittauksessa käytettiin seuraavia menetelmiä:

- Aikatutkimus, joka voidaan jakaa normaaliaikatutkimukseen ja jatkuvaan ajankäytön tutkimukseen. Normaaliaikatutkimusta käytetään, kun työt ja niiden työvaiheet ovat toistuvasti samanlaisia. Työ voidaan jakaa tarkoituksen mukaisiin pienempiin osiin, joiden suorittaminen voidaan mitata erikseen. Jatkuvaa ajankäyttötutkimusta käytetään, kun työjärjestys ja työtehtävät eivät ole vakiintuneet. Tällöin tutkimuksen aikaväli on pidempi ja mittaukset tehdään suurempina kokonaisuuksina.
- Vapaamuotoiset haastattelut, joiden avulla saadaan karkeita arvioita eri työtehtäviin kuluneesta ajasta ja mahdollisista ongelmista mittauksen yhteydessä.
- Vertailu, jossa vertaillaan työtä toiseen työhön nähden, josta on jo kokemukseräistä tietoa.

### 3.1. Lämpöajan määrittäminen

Tilauksen lämpöaika määritellään seuraavasti:

- Valitaan tutkittavat prosessi ja tuotteet.
- Kuvataan tutkimuksen kohteena oleva prosessi. Prosessien kuvauksissa käytetään vuokaaviota ja haastatteluja
- Määritellään tarvittavat mittauspisteet.
- Valitaan otoskoko.
- Kerätään otoksen tiedot toiminnoittain käyttäen yllämainittuja ajankäyttötutkimusta ja työnmittauksen menetelmiä.
- Analysoidaan kerätty informaatio sekä toiminnoittain, että koko toimintoprosessin kannalta.
- Tehdään alustavat päätelmät ja tarkentavat analyysit halutuilla painopistealueilla.
- Muotoillaan lopulliset päätelmät ja selitykset havainnoille.

### 3.2. Todellisten valmistusaikojen mittausten toteuttaminen

Mittauksissa moduulit seurataan tuotannossa seurantalomakkeilla, liitteessä 1. Seurantalomakkeita on kaksi, toinen tuotannosuunnitteluun ja toinen valmistukseen. Kahta seurantalomaketta tarvitaan tuotteiden kulkiessa tilauksesta sijoitteluun yhtenä kokonaisuutena, jonka jälkeen ne kulkevat tuotteittain ennalta määrättyjen vaiheketjujen mukaisesti. Eri tuotteille eroja muodostavat erilaiset materiaalit ja vaiheketjut.

Tilauksen saavuttua tuotannosuunnittelun seurantalomakkeelle kirjataan työn alkaessa tilauksella olevat piirustusnumerot ja tuotannonohjausjärjestelmän antamat hakumerot tuotteen tunnistamiseksi myöhemmissä vaiheissa.

Työajoista kirjataan aloitusaika, mahdollisten asetusten tekoon kulunut aika, työn lopetusaika ja toteutunut työaika. Toteutuneesta työajasta vähennetään pidetyt tauot ja häiriöajat, jotka eivät kuulu varsinaiseen työaikaan. Tuotannonsuunnittelun seurattavia työvaiheita ovat tilauksen käsittely, geometrian suunnittelu sekä nestaus ja leikkauksen suunnittelu.

Leikkauksen suunnittelussa otetaan käyttöön valmistuksen seurantalomake, jolla seurataan työvaiheiden aikoja samalla tavalla kuin tuotannonsuunnittelussa. Lomakkeelle kirjataan nestauksessa sijoittelunumero, jonka perusteella tuote on tunnistettavissa ennen tuotteiden leikkaamista. Ennen leikkausta tuote on sijoiteltuna levyille, jolla voi olla useita eri nimikkeitä useilta eri asiakkailta.

Jokaiselle piirustusnumerolle laaditaan oma seurantalomake, joka sisältää sijoittelunumeron, piirustusnumeron ja tuotannonohjausjärjestelmän antaman hakunumeron tuotteen tunnistamiseksi. Leikkauksen jälkeen seurantalomake laitetaan kulkemaan tuotteen mukana yksilöllisen vaiheketjun mukaisesti. Joka vaiheessa lomakkeelle kirjataan tarvittavat tiedot.



### 3.3. Mitattavat tuotteet

Mitattavia tuotteita on 49 kpl, jotka jakautuvat neljään eri moduuliin ja yhteen loppukokoonpanoon kuuluvien osien joukkoon. Moduulijako on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Mitattavat tuotteet muodostavat moduuleita, esimerkiksi Etusilta-moduuli koostuu 14 osasta.

Etusilta	Pystynivel	Etukappale	Sylinterin korv. O & V	Loppukokoonpanon osat
U5040790 / 1	U5024366 / 1	U5040816 / 1	U5065690 / 0	U5055742 / 1
U504079499 / 0	U502851001 / 1	U5040822 / 1	U5065683 / 0	U5054701 / 0
U5041237 / 0	U5028512 / 3	U5040821 / 1	U5054742 / 0	U5054702 / 0
U5044329 / 0	U503001201 / 1		U5065691 / 0	U5040810 / 0
U5054699 / 0	U503001301 / 1		U5054745 / 1	U5040815 / 1
U5054700 / 0	U5030256 / 1			U5040811 / 0
U5054706 / 0	U5030257 / 0			U5065684 / 0
U5054707 / 0	U5040763 / 4			U5065685 / 0
U5065681 / 0	U504076699 / 0			U5040814 / 4
U5065693 / 1	U5047842 / 0			U504076999 / 0
U5065694 / 0	U5065686 / 0			U5040768 / 0
U5065695 / 0				U5040797 / 0
U5065696 / 0				U5045860 / 1
U5071364 / 0				U502849699 / 1
				U504076799 / 1
				U504440399 / 0
14 kpl osaa	11 kpl osaa	3 kpl osaa	5 kpl osaa	16 kpl osaa

## 4. TULOKSET

Tuloksia saatiin kahdesta lähteestä. Ensimmäisenä selvitettiin historiatietoa kuluneelta vuodelta aikaisemmista tilauksista. Niiden pohjalta laadittiin kuva siitä, missä aikaa on kulunut aikaisemmilla tuotantokerroilla eniten. Tämän mittauksen tarkoituksena oli selvittää, miten tarkkaa aikatieta on saatavilla tuotannonohjausjärjestelmästä. Tutkimuksen aikana käytiin läpi mitattavat työvaiheet, joista kuvaukset ovat myöhemmin.

Toinen mittauskierros suoritettiin seurantalomakkeilla, joiden pohjalta saatiin tarkkaa aikatieta valituista tilauksista ja niiden valmistamisesta. Molemmista laadittiin erilliset analyysit, jotka esitetään myöhemmin.

### 4.1. Nykytilanteen kuvaus

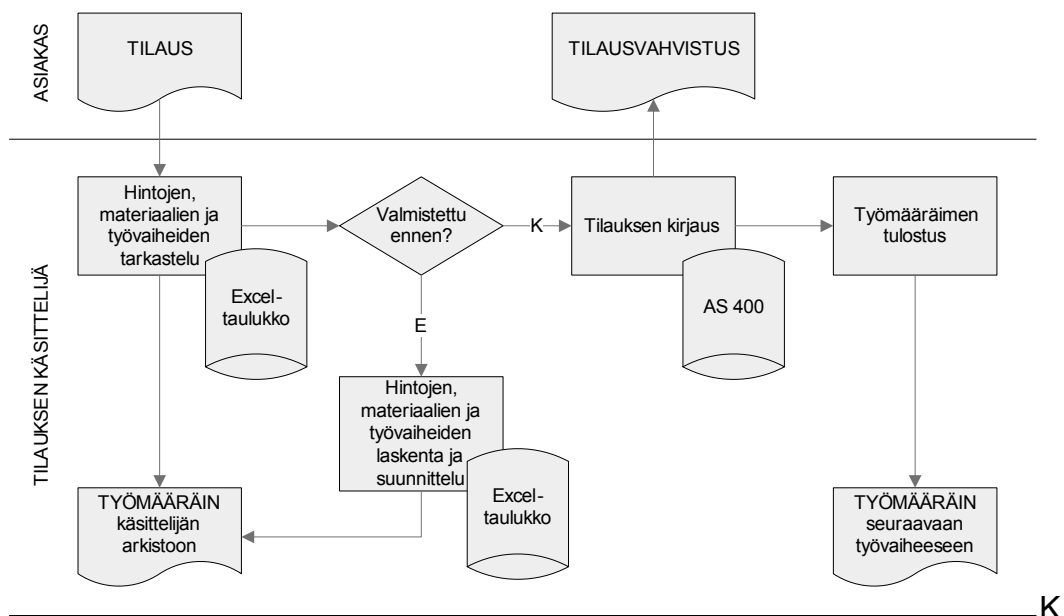
Ensimmäiseksi valittiin tutkittavat prosessit ja kuvattiin ne. Koko mitattava tilaus-toimitus-prosessi esitetään liitteessä 2. Mitattaviksi prosesseiksi valittiin:

- Tilauksen käsittely
- Leikkaus geometrian ja työvaihemallien suunnittelu
- Leikkauksen suunnittelu
- Leikkauksen työnjohto
- Materiaalin nouto leikkaukseen
- Leikkaus
- Särmäys
- Viimeistely vaiheet
- Alihankintatoiminta
- Lähettämön ja jälkilaskennan yhteistyö toimituksen yhteydessä.

Ensiksi prosessit kuvattiin vuokaaviolla. Vuokaaviot on laadittu yhdessä eri työvaiheita tekevien henkilöiden kanssa. Prosessikuvaukset ovat nykytilanteen kuvauksia. Kuvatuista prosesseista mitattiin työvaiheessa käytettävä aika ja henkilöstö resurssit. Joistakin vaiheista mitattiin aikaa tarkemmin, tavoitteena oli saada jalostavan ajan osuus selville. Seuraavaksi käydään läpi mitattavat prosessit.

#### 4.1.1. Tilauksen käsittely

Tilaus saapuu asiakkaalta faksilla. Sen käsittely suoritetaan erillisellä osastolla, joka on keskittynyt tilausten käsittelyyn, tarjouslaskentaan sekä työsuunnitteluun. Tietyille asiakkaille on omat tilausten käsittelijät, jotka vastaavat niiden tilauksista ja vahvistavat hinnat ja aikataulut. Tilauksen saavuttua käsittelijä toimii kuvassa 12 esitellyllä tavalla.



uva 12. Tilauksen käsittelyprosessi.

Hintojen, materiaalien ja työvaiheiden tarkastelu ja suunnittelu hoidetaan yhdessä tarjouslaskennan henkilöiden kanssa, mikäli tuotetta ei ole aikaisemmin valmistettu. Tarjouslaskenta pitää yllä hinnastoa Excel-

tiedostossa, josta tilauksenkäsittelijä voi tarkastaa tuotteen hinnat ennen kuin vahvistaa tilauksen asiakkaalle. Excel-tiedostossa on myös tuotteiden työvaiheet sekä materiaali tiedot.

Tilauksen saavuttua käsittelijä tarkastelee Excel-tiedoston pohjalta tuotteen aikaisemmat hinnat, materiaalit sekä työvaiheet ja laatii niistä koosteen erilliselle työmääräimelle. Tarkastelussa tarkastetaan myös nimikkeiden revisiotiedot ja päivitetään ne tarvittaessa. Yhden työmääräimen sisältämät tuotteet ovat materiaaleiltaan ja työvaiheiltaan yhteneviä. Työmääräin tulostetaan tilauksenkäsittelijän arkistoon. Mikäli tuotetta ei ole aikaisemmin valmistettu, tarjouslaskija ja tilauksenkäsittelijä käyvät läpi uuden tuotteen. Uuden tuotteen kohdalla selvitetään materiaali-, työvaihe- sekä hintatiedot ja kirjataan ne Excel-tiedostoon.

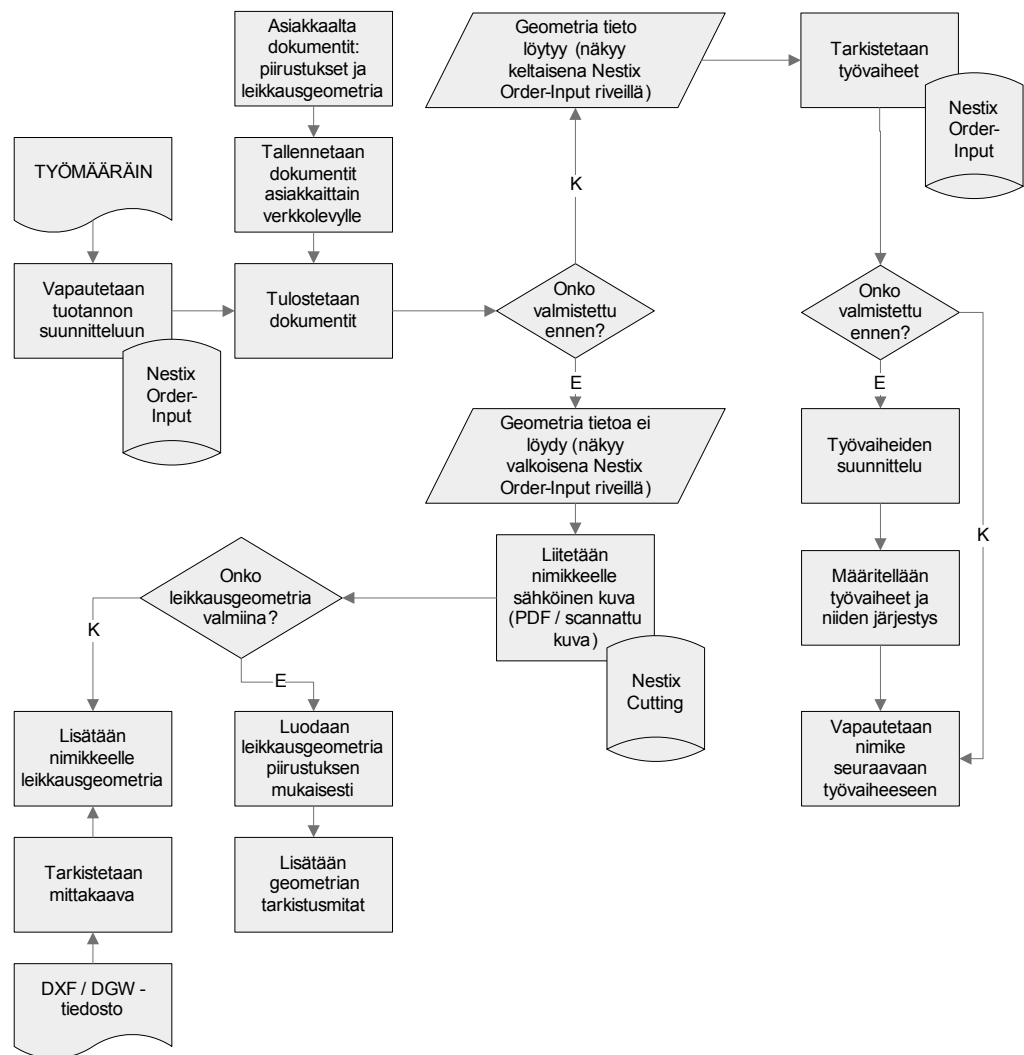
Tilaukset kirjataan tuotannonohjausjärjestelmässä olevaan tilauskantaan. Järjestelmään syötetään kaikki tilauksen tiedot, joita ovat mm. asiakas, toimituspäivä, tilatut nimikkeet ja hinnat sekä kappalemäärät. Tuotannonohjausjärjestelmässä ei ole kovinkaan paljon esivalintaoptioita tilauksenkäsittelijän avuksi, joten tilauksen kirjaaminen on työlästä. Tilaus voidaan vahvistaa järjestelmän kautta, kun kaikki tiedot on sovittu asiakkaan kanssa ja kirjattu järjestelmään. Lopuksi tilauksesta tulostetaan työmääräin seuraavan työvaiheen tiedoksi. Työmääräin tulostuu automaattisesti myös tuotannonohjausjärjestelmässä seuraavaan työvaiheeseen.

#### 4.1.2. Leikkausgeometrian ja työvaihemallien suunnittelu

Leikkausgeometrian ja työvaihemallien suunnittelu alkaa edellisestä vaiheesta valmistuneen työmääräimen pohjalta. Tuotannonohjausjärjestelmän työjonoon ilmestyy merkintä siitä, että tilaus on käsitelty. Leikkausgeometrian ja työvaiheiden suunnittelun prosessikuvaus on kuvassa 13. Osa nimikkeistä on valmistettu

aikaisemminkin, jolloin niistä löytyy valmiina leikkausgeometria sekä tarvittavat dokumentit. Lisäksi niiden työvaiheet on suunniteltu ja alihankinnat sovittu jo aikaisemmalla valmistuskerralla. Tunnetut nimikkeet näkyvät työjonossa keltaisella värillä, joiden kohdalla työnsuunnittelija vain tarkastaa nimikkeen tiedot ja dokumentit, että ne ovat kohdallaan. Asiakkaalta saapuneet dokumentit tallennetaan viimeistään tässä vaiheessa asiakkaittain verkkolevyillä sijaitseviin dokumenttikansioihin, joista ne liitetään tuotannonohjausjärjestelmän nimikkeen dokumentteihin kaikkien saataville.

Jos tuotetta ei ole valmistettu aikaisemmin, ei tuotteesta ole olemassa valmiina leikkausgeometriaa eikä nimikkeelle ole lisätty dokumentteja. Uudet tuotenimikkeet näkyvät työjonossa valkoisella pohjalla, josta ne huomataan selvästi myös visuaalisesti. Geometrian suunnittelussa tuotteelle lisätään leikkausgeometria asiakkaan lähettämän tiedoston mukaisena tai laaditaan geometria piirustusten pohjalta. Tuotannonohjausjärjestelmään lisätään myös työvaiheet, jotka on suunniteltu jo tuotteen tarjouslaskennassa. Mahdolliset muutokset voidaan lisätä tässä vaiheessa ja saattaa nimikkeen valmistuksen ohjauksen perusta kuntoon. Työvaiheiden tarkastelussa on oltava tarkkana, että kaikki kuormitustiedot ovat realistisia ja kaikki vaiheet merkitty oikein. Leikkausgeometrian ja työvaiheiden suunnittelun päätteeksi tuotenimike vapautetaan työnsuunnittelusta seuraavaan työvaiheeseen.

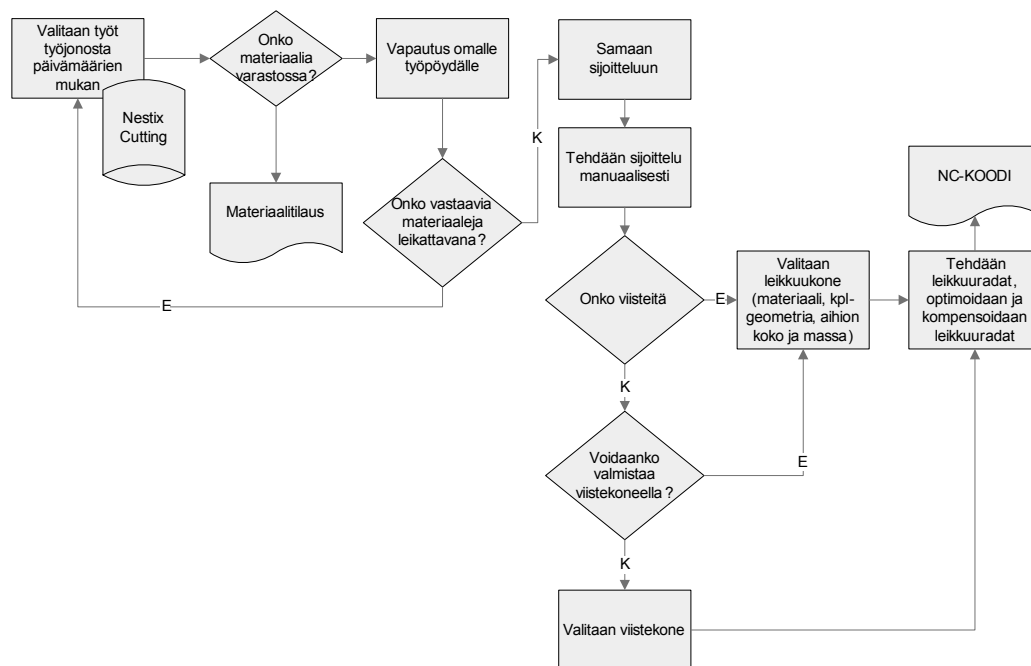


Kuva 13. Leikkausgeometrian ja työvaihemallien suunnittelu

#### 4.1.3. Leikkauksen suunnittelu

Geometrian ja työvaihesuunnittelun valmistumisen jälkeen työ siirtyy tuotannonohjausjärjestelmässä leikkauksen suunnittelun työjonoon. Leikkauksen suunnittelun prosessikuvaus on kuvassa 14. Leikkauksen suunnittelu alkaa töiden päivämäärien ja kiireellisyyden priorisoinnilla, jolla varmistetaan, että oikeat työt tulee tehdyksi ensimmäisenä. Suunnittelussa tarkastetaan materiaalitiedot ja materiaalin saatavuus, jonka jälkeen työ vapautetaan omalle työpöydälle suunniteltavaksi. Mikäli materiaalia ei ole varastossa, tilataan materiaali, ja työ jää odottamaan kyseisen materiaalin

saapumista. Jos työjonossa on useita samanlaisia materiaaleja ja materiaalivahvuuksia, voidaan niitä sijoittelussa yhdistellä samoille leikkaus nesteille.



Kuva 14. Leikkauksen suunnittelu

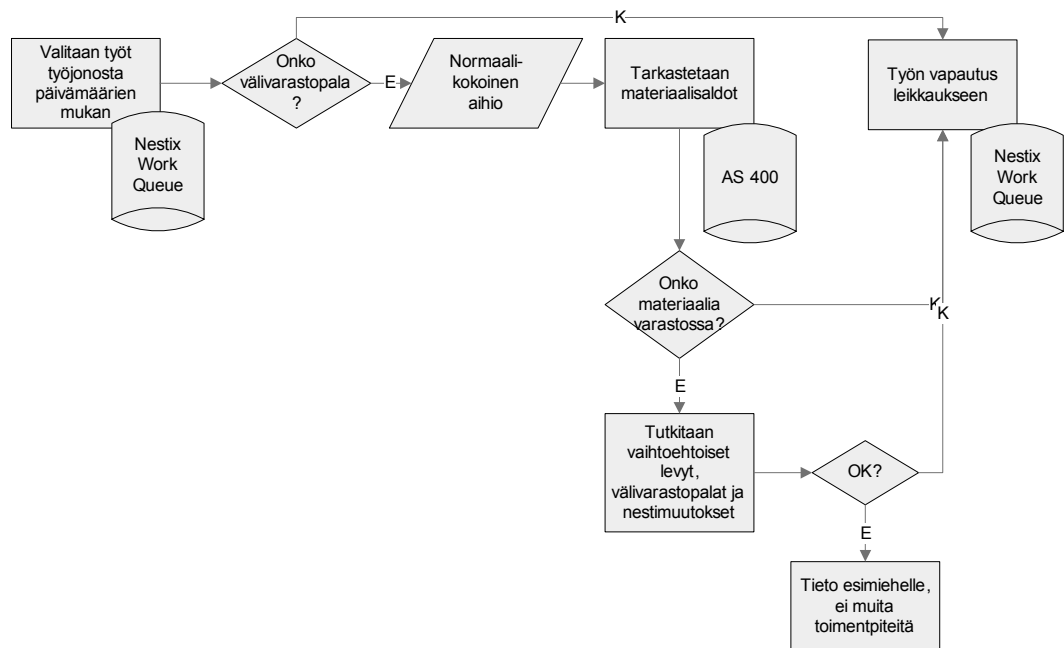
Sijoittelun suunnittelu tehdään manuaalisesti. Sijoittelu olisi mahdollista tehdä automaattisesti ohjelman avulla, mutta sitä käytetään satunnaisesti tarkasteltaessa, onko aihio riittävä määrätulle kappaleiden lukumäärälle. Leikkaukseen valinta perustuu ensisijaisesti käytettävään leikkaustekniikkaan. Käytettäviä tekniikoita ovat mm. laser-, plasma- ja polttoleikkaus. Leikkaukseen valintaan vaikuttavat myös leikattavat viisteet, kappaleen geometria, aihion koko ja massa sekä leikattava materiaali. Mikäli tuotteissa on hitsausviisteitä, valitaan leikkaukseen ensisijaisesti viisteen leikkausominaisuuden mukaan. Aihion massalla on eri koneita valittaessa merkitystä, koska eri koneiden yhteydessä olevat nosturit ovat erikokoisia nostokapasiteetiltaan.

Leikkaukseen geometrian pohjalta laaditaan leikkuuradat optimaalisesti leikattavan materiaalin ja leikkaavan koneen ominaisuuksien mukaisesti.

Tuloksena on NC -koodi, joka tallentuu tietokantaan leikkaajan käytettäväksi. Kun kaikki vaiheet on suoritettu ilmestyy tuote seuraavan työvaiheen työjonoon.

#### 4.1.4. Leikkauksen työnjohto

Leikkauksen työnjohdossa töiden hienokuormitus hoidetaan tuotannonohjausjärjestelmän avulla, josta valitaan leikkauksen suunnittelusta vapautettuja töitä edelleen käsiteltäviksi. Kuvassa 15 on työnjohdon vaiheet, ennen kuin levyt voidaan noutaa leikkureille. Työt priorisoidaan töiden päivämäärien ja muiden kriteerien mukaisesti tuotannonohjausjärjestelmän työjonossa. Riveiltä valitaan käsiteltävät työt, jotka ovat leikkauksen suunnittelussa valmisteltu.



Kuva 15. Leikkauksen työnjohtajan toimet ennen leikkauksen alkua.

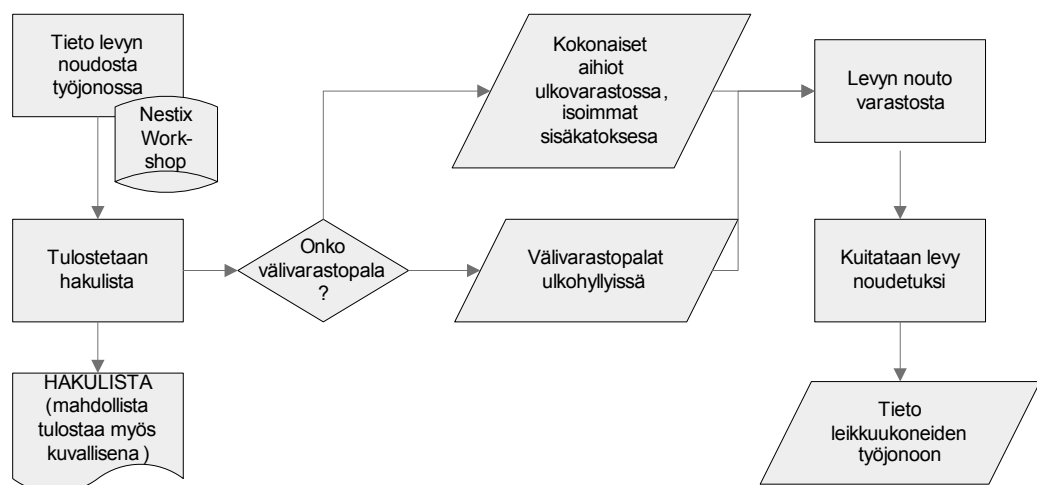
Leikkauksen suunnittelussa käytettävä levyaihiot on valittu joko kokonaiseksi levyksi tai välivarastopalaksi. Välivarastopala tarkoittaa aikaisemmin leikkauksen yhteydessä jäljelle jäänyttä levyaihiota, joka on vielä kannattavaa varastoida ja käyttää myöhemmissä leikkauksissa hyödyksi. Jos käytettävä levyaihiot on täysikokoinen levy, työnjohdossa



tarkastetaan materiaalisaldot. Mikäli materiaalia ei ole varastossa, eikä vaihtoehtoisia levykokoja, välivarastopaloja tai mahdollisia sijoittelu muutoksia voida hyödyntää, toimittaa leikkauksen työnjohtaja tiedon omalle esimiehelleen, jolloin prosessi katkeaa työnjohdon osalta tähän. Kun materiaalitiedot ovat järjestyksessä, voi työnjohtaja vapauttaa työn seuraavaan työvaiheeseen.

#### 4.1.5. Materiaalinnouto leikkaukseen

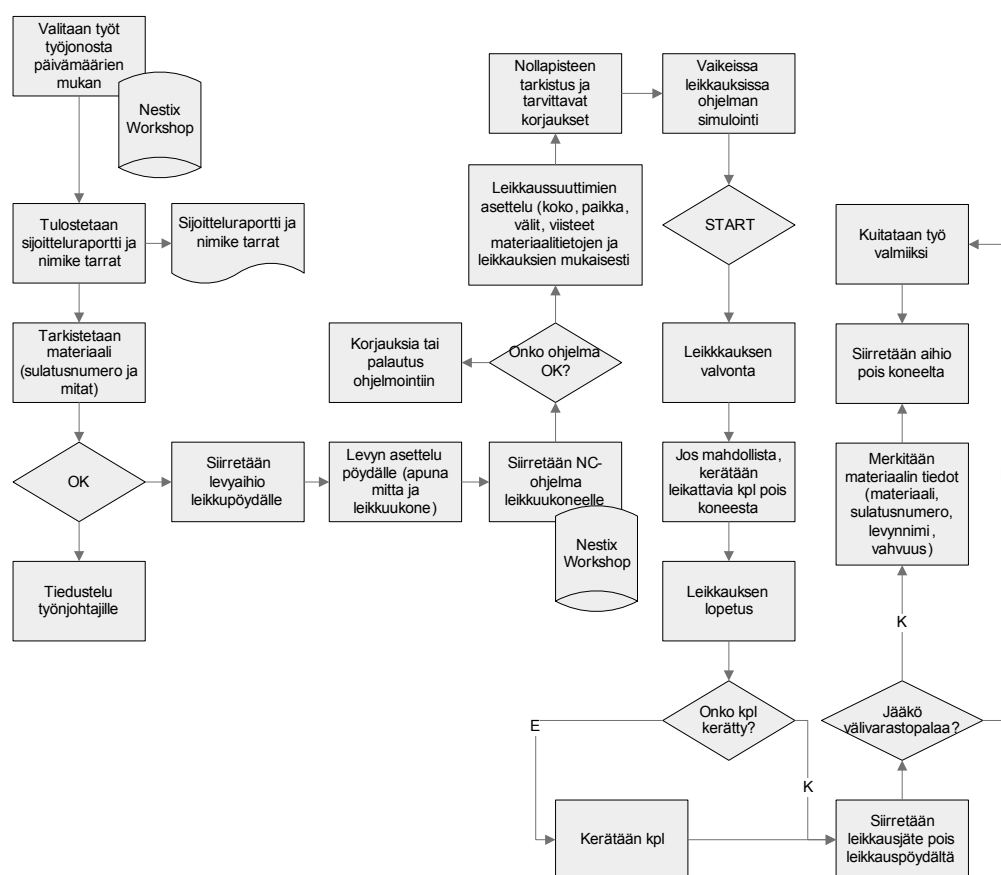
Leikkauskoneita palvellaan erillisellä materiaalinkäsittely työvaiheella, jonka tarkoituksena on nopeuttaa leikkausprosessia. Materiaalinnouto esitetään kuvassa 16. Materiaalinnoudon työjonoon ilmestyy materiaalipyynnöt. Materiaalinnoutajalla on käytössään järjestelmä, joka näkyy myös trukin ohjaamossa ja kiinteällä työpisteellä. Järjestelmästä tulostetaan hakulista, joista ilmenee noudettavan materiaalin tiedot sekä varastopaikka. Välivarastopaloista voidaan tulostaa myös kuvallinen hakulista, joka auttaa oikean aihion paikallistamisessa. Hakulistan mukaan aihiot voidaan noutaa varastoista, minkä jälkeen levyaihiot kuitataan noudetuiksi. Tieto noudosta tulostuu leikkauksen työjonoon, minkä jälkeen leikkaus voi alkaa.



Kuva 16. Levyaihioiden nouto leikkaukseen

#### 4.1.6. Leikkaus

Leikkauksen eri tekniikat, kuten laser, plasma ja polttoleikkaus, käsitellään tässä samanlaisena prosessina. Pieniä eroja leikkauksen toteutuksessa on, mutta pääpiirteissään leikkaustapahtumat noudattavat kuvan 17 esitystä.



Kuva 17. Leikkaustyövaiheen kuvaus.

Leikkaustyövaihe alkaa työjonon tarkastelulla, josta työt valitaan pääsääntöisesti päivämäärien mukaisesti. Työstä tulostetaan sijoitteluraportti ja tuotteen tarrat, joiden avulla voidaan leikattavan nestin mukainen materiaali nostaa leikkuspöydälle. Levy asetellaan leikkuspöydälle ja kohdistetaan koneen suuttimien ja rullamitan avulla oikeaan asentoon. Leikkausohjelma siirretään leikkuskoneen muistiin tuotannonohjausjärjestelmän dokumenttiriveiltä. Ohjelma tarkastellaan läpi

ja tehdään mahdolliset korjaukset. Ohjelmassa ilmoitettu nollapiste tarkistetaan ja tehdään tarvittavat muutokset levyn sijoittelussa.

Leikkauskoneen asetukset riippuvat leikattavasta materiaalista ja leikkausgeometriasta. Leikkaussuuttimien asetuksia, esimerkiksi suuttimien kokoa, paikkaa ja tyyppiä, muutetaan riippuen esimerkiksi materiaali vahvuudesta, mahdollisista viisteiden leikkauksesta ja monisuutin leikkauksesta.

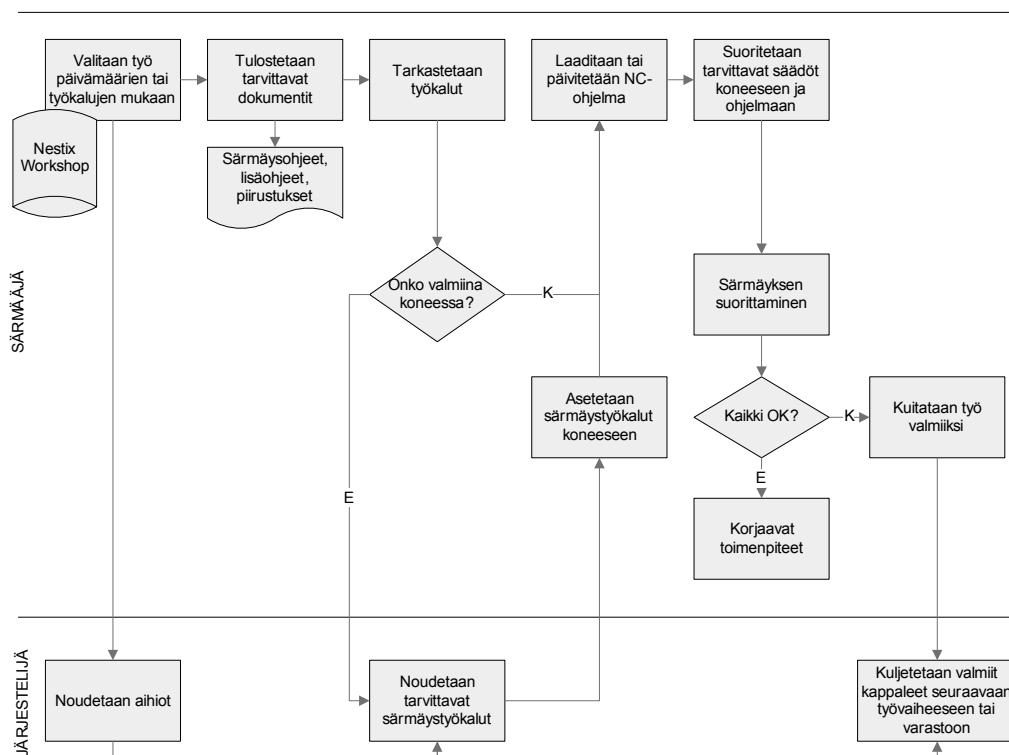
Vaikeissa leikkausgeometrioissa leikkaus voidaan simuloida eli työkierto ajetaan koneella läpi ilman leikkausta. Simuloimalla työkierto, voidaan tarkastella levyn sijoittelu leikkauspöydällä sekä leikkausratojen sujuva käyttäytyminen. Leikkauksen aikana valvotaan prosessia ja kerätään mahdollisesti leikattavia kappaleita pois koneen leikkauspöydältä. Leikkauksen loputtua kerätään pöydälle jääneet kappaleet sekä siirretään leikkausjätteet pois koneen läheisyydessä olevaan romun keräyspaikkaan. Jos leikattavasta aihioista jää välivarastopala, merkitään jäljelle jäävään aihioon materiaalitiedot, sulatusnumero ja levynnimi. Nimeämisen jälkeen välivarastopala siirretään pois koneelta ja kuitataan työ valmiiksi.

#### 4.1.7. Särmäys

Kuvassa 18 esitetään periaatekuva särmäyksen työvaiheista. Särmäyksessä työt valitaan päivämäärien tai käytettävien särmäystyökalujen mukaan. Jos koneella olevat työkalut ovat vastaavia työjonossa kiireellisimpien tuotteiden kanssa, valitaan sellaiset tuotteet. Työ kuitataan aloitetuksi, jolloin tuotannonohjausjärjestelmä antaa särmääjälle tiedon, mikäli särmäyksessä on jotain erikoista tietoa sovittu aikaisemmin. Järjestelmästä tulostetaan dokumentit, joita ovat esimerkiksi tuotteen piirustus, särmäysohjeet ja lisätyt lisätiedot.

Särmäyksessä on käytössä järjestelijä, jonka tehtävänä on valmistella särmäyspuristimilla seuraavaksi aloitettavia töitä. Järjestelijä on kokenut särmääjä, joka valitsee käytettävät terät ja noutaa kappaleet sen koneen läheisyyteen, jolla särmäys suoritetaan. Särmäysosastolla on kahdeksan särmäyspuristinta. Joissakin tapauksissa järjestelijä työskentelee itsekin särmäyspuristimella kaverina.

Tarvittavien särmäystyökalujen, aihioden ja dokumenttien järjestelyjen jälkeen tehdään koneelle asetukset ja NC -ohjelma. Tuotteen valmistamisen yhteydessä voidaan tehdä ohjelmaan ja asetuksiin korjauksia, esimerkiksi kulmakorjauksia särmäyspuristimen alaterään tai kulmakorjauksia NC -ohjelmaan. Tuotteiden valmistuttua särmääjä kuittaa työn tehdyksi ja järjestelijä kuljettaa valmiit tuotteet seuraavan työvaiheen välivarastoon, valmistuotevarastoon tai lähettämöön. Järjestelijä on tällä välin valmistellut jo seuraavaa aloitettavaa työtä.

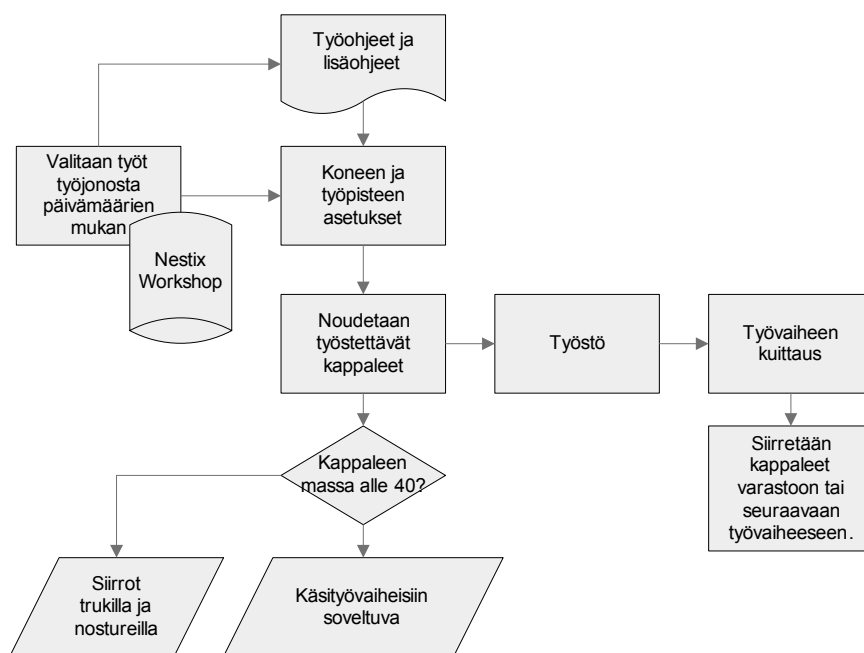


Kuva 18. Särmäystyövaiheen kuvaus. Kaaviossa esitetään särmääjän ja järjestelijän tehtävät.

#### 4.1.8. Viimeistelyvaiheet

Kuvassa 19 esitetään viimeistelyvaiheiden kaaviollinen toteutusjärjestys. Viimeistelyvaiheita ovat viisteytys, jäysteenpoisto manuaalisesti, rummutus, raekuulapuhallus ja muut viimeistely toimenpiteet. Työt aloitetaan valitsemalla työt päivämäärien mukaan. Kappaleet noudetaan välivarastosta työpisteelle trukilla. Koneen ja työpisteen säädöt ja asetukset asetetaan työtä vastaavaksi, jolloin itse työ sujuu jouhevasti.

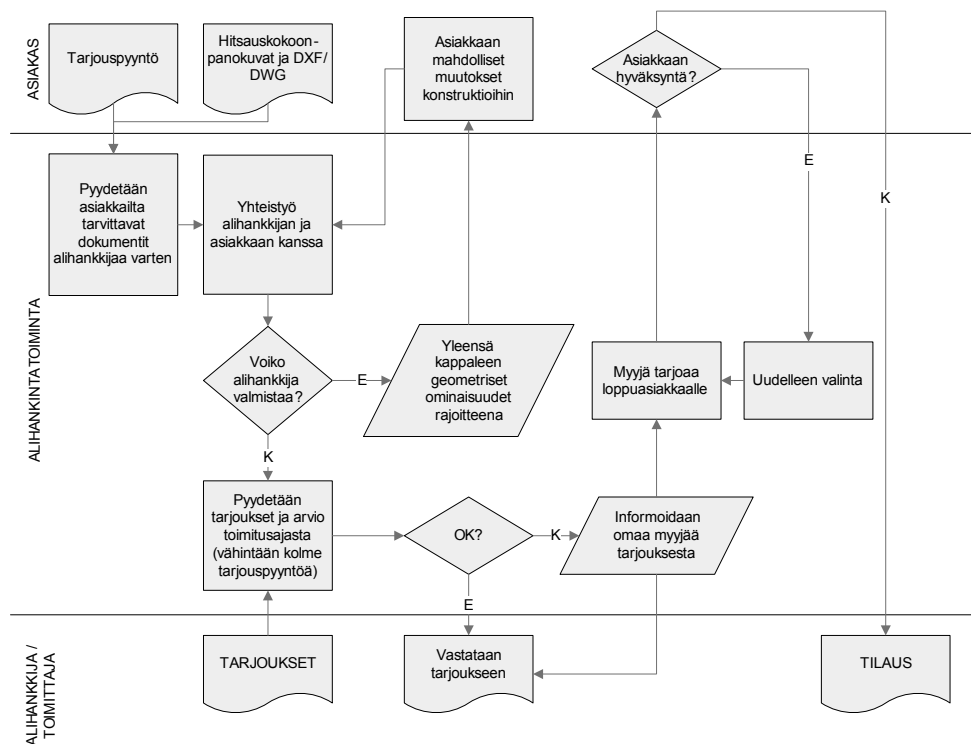
Eri työpisteillä tehtävät viimeistelytyövaiheet vaativat hieman erilaisia työkaluja kuten kulmahiomakoneita ja paineilma talttoja. Työturvallisuustekijöistä johtuen yli 40 kg painoisia kappaleita ei siirrellä ilman nostureita tai trukkeja. Tästä johtuen viimeistelytyöt jakautuvat muutamalle eri työpisteelle, jossa kussakin on erilaiset valmiudet käsitellä eri painoisia kappaleita.



Kuva 19. Erilaiset viimeistelyvaiheet noudattavat samanlaista kaaviollista esitystä. Kuvan esittämällä tavalla toteutetaan viisteytys, jäysteenpoisto manuaalisesti, rummutus, raekuulapuhallus ja muut viimeistely toimenpiteet.

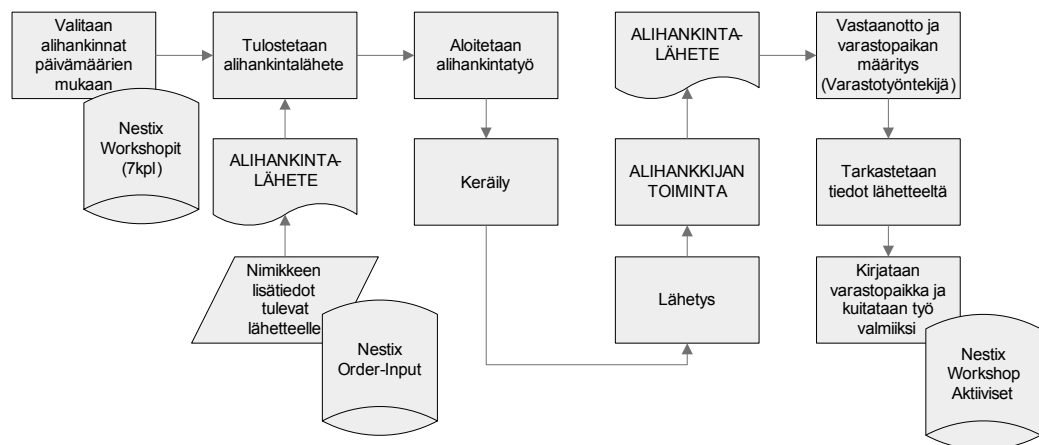
#### 4.1.9. Alihankintatoiminta

Tarpeet alihankinnan käyttämiseksi ovat tiedossa usein jo tuotteen tarjouskyselyvaiheessa. Kuvassa 20 esitetään periaatteellinen esitys alihankintatoiminnasta. Usein tilanteet vaihtelevat ja alihankinta tarpeet ovat hyvin moninaiset. Tyypillisesti alihankkijoilta ostetaan koneistusta, hitsaustyötä ja pintakäsittelyjä. Alihankkijoiden kanssa yhteistyötä tehdään jo asiakkaalta tulleen tarjouspyynnön aikana, jolloin jää aikaa mahdollisten ongelmien ratkaisuun. Alihankkijoilta pyydetään asiakkaan dokumenttien pohjalta tarjoukset ja arvio toimitusajasta. Tarjoukset pyydetään vähintään kolmelta potentiaaliselta alihankkijalta, joiden toimintaa usein tunnetaan pidemmältä aikaa ja joiden toiminnasta on aikaisempia referenssejä. Alihankintaverkosto on toiminnan kannalta erittäin merkittävässä roolissa myös kuormitushuippujen tasaamisessa, jolloin alihankkijoilta voidaan ostaa myös leikkausta, särmäystä, viimeistelyä ja muita toimintoja, joita tehdään normaalisti itse.



Kuva 20. Alihankintatoiminta kytkeytyy tiiviisti asiakkaan ja alihankkijan välimaastoon.

Alihankintaostojen operatiivinen toteuttaminen on erillistä toimintaa alihankintojen suunnittelusta ja valmistelusta. Kuvassa 21 esitetään operatiivista alihankintatoimintaa.



Kuva 21. Alihankintaostojen toteuttaminen

Alihankintaosto saa toimeksiantonsa kahdella tavalla. Alihankintaostoista ei laiteta asiakkaalle erillistä tilausta kuin yhden kerran tuotteen ensimmäisellä valmistuskerralla. Myöhemmin alihankintalähete toimii tilauksena asiakkaalle.

Alihankintaan lähtevien osien keräily suoritetaan alihankintalähetteen mukaan. Keräilyn suorittaa lähettämön työntekijät ja paikallisliikenteestä vastaavat ajoneuvojen kuskit. Alihankintalähetille tulostuu nimikkeelle lisätyt lisätiedot, jotka ovat kaikkien lähetettä käsittelevien näkyvissä. Joissakin lähetteisä oli myös alihankinta työn hintoja ja muuta tärkeää tietoa, jota ei olisi kannattavaa esitellä kolmannelle. Alihankkijan kuormitus perustuu alihankintaläheteeseen. Tästä aiheutuu paljon turhaa työtä ja selvittelyä, johon ei ole löytynyt ratkaisua myöskään erillisestä alihankintaostojen ohjaavasta järjestelmästä. Erillisen järjestelmän käyttö on jäänyt erittäin vähäiseksi, koska se ei päivitä muutos tietoja omaan tuotannonohjausjärjestelmään ja ohjelma ei anna sen käyttäjälle lisäarvoa.

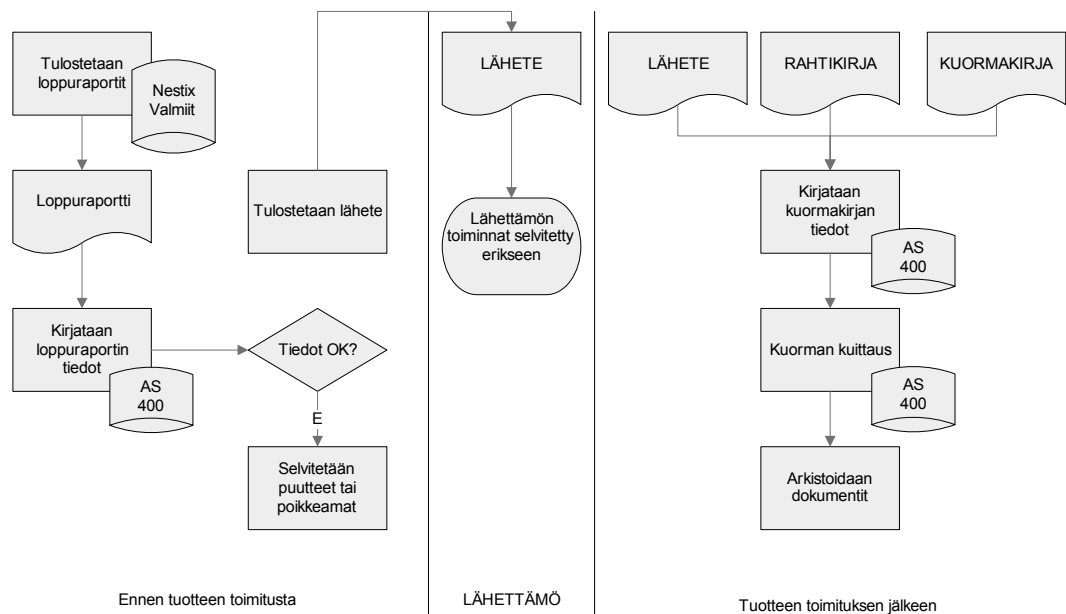
Tuotteet palautuvat alihankinnasta alihankintalähetteellä, johon merkitään vastaanotossa varastopaikka, johon tuotteet siirretään. Lähetete toimitetaan alihankintaostajalle, joka tarkistaa ja kirjaa tiedot järjestelmään. Kun tiedot on syötetty ja todettu oikeelliseksi kuitataan työvaihe päättyneeksi. Kuittaus tapahtuu tällä hetkellä tilattujen kappalemäärien mukaisesti, vaikka kappalemäärät eivät todellisuudessa pitäisikään paikkaansa. Puuttuvat osien tiedot korjataan jälkilaskennassa. Puuttuvista osista sovitaan jälkitoimituksesta tai vajaan tilauksen hyvityksestä.

#### 4.1.10. Lähetys ja jälkilaskenta

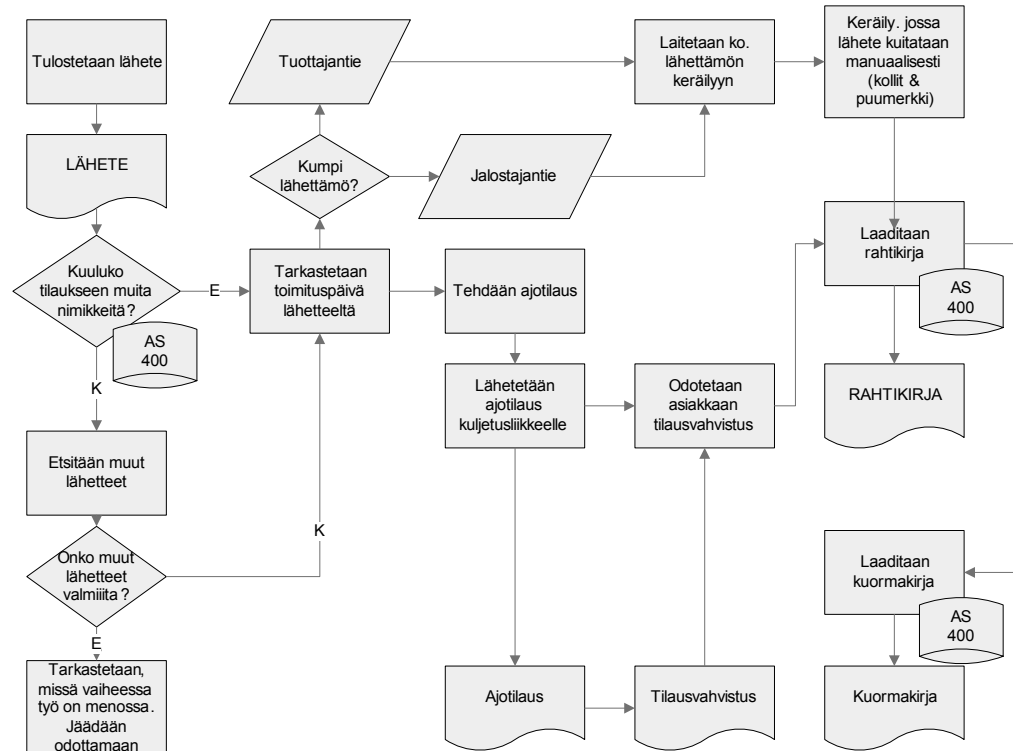
Viimeisen työvaiheen kuittauksen yhteydessä keräily kuittaantuu automaattisesti. Silloin tulostuu loppuraportti järjestelmän valmiit -osioon, johon valmiit työt siirtyvät viimeisen työvaiheen jälkeen. Järjestelmästä tulostetaan työn loppuraportti ja kirjataan tiedot toiseen järjestelmään. Kirjauksen jälkeen syntyy lähetete, jonka pohjalta keräily suoritetaan.

Keräilyvaihe tulee aivan kaikkien nimikkeiden rakenteeseen. Sillä ei ole keräilyn kanssa mitään tekemistä, koska keräily tapahtuu lähetteiden mukaan. Asiakkaiden kanssa sovitut tuotesetit kootaan erikseen ohjeiden mukaan. Yhden setin nimikkeitä voi olla useammalla lähetteellä. Keräilypäivä on aikataulutettu siten, että keräilypäivä saadaan, kun toimituspäivästä vähennetään kaksi työpäivää. Keräilyvaihetta ei kuitata järjestelmään, vaan se on laitettu automaattiseksi. Itse keräily kuitataan läheteelle, johon keräilijä kuittaa työn tehdyksi omalla puumerkillä ja lisää läheteelle kollien määrän. Kuvassa 22 selvitetään jälkilaskennan yhteys lähettämön toimintaan ja kuvassa 23 lähetysprosessin kulku, mitkä mielestäni tulee tarkastella rinnakkain kokonaiskuvan hahmottamiseksi.





Kuva 22. Jälkilaskenta



Kuva 23. Lähetysprosessi

Lähetämön toimintaa vaikeuttaa kahden lähettämön ja tehtaan toiminnan päällekkäisyys. Läheteille merkitän, kummalta tehtaalta tuotteet ovat kerättävissä ja noudettavissa. Oletuksena ajotilausta tehtäessä on, että

lähetettävää tavaraa otetaan molemmista lähettämöistä mukaan. Rahtikirja ja kuormakirja laaditaan läheteiden pohjalta.

Toimituksen jälkeen lähete, rahtikirja ja kuormakirja toimitetaan jälkilaskentaan. Kuormakirjan tiedot tarkistetaan ja kirjataan järjestelmään. Kuorma kuitataan myös järjestelmään toimitetuksi ja dokumentit arkistoidaan.

#### 4.2. Tuotannonohjausjärjestelmästä saatavat aikatiedot

Seurattavana olivat vuoden 2006 alussa toimitetut tilaukset, jotka olivat jo mittaushetkellä toimitettu asiakkaalle. Niiden tuotantoaikojen mittaaminen reaaliajassa ei enää ollut mahdollista, joten niistä etsittiin tietoa eri tietokannoista. Taulukossa 2 esitetään työvaiheiden lyhenteet ja niiden kuvaukset. Taulukossa 3 esitetään tuotannonohjausjärjestelmästä saatuja tietoja, jotka on jaettu moduuleittain ja työvaiheittain sarakkeisiin. Taulukossa esitettävä aikatieto kertoo työvaihekohtaisen läpäisyajan siten, että edellisen työvaiheen lopetuskuittaus toimii seuraavan työvaiheen aloituskuittauksena sellaisissa työvaiheissa, joita ei erikseen raportoida. Lisäksi taulukossa esiintyvä keräily on tuotannonohjausjärjestelmässä toteutettu virheellisesti automaattisella kuittauksella, joten siitä ei aikatietoa voi enää jälkikäteen saada.

Taulukko 2. Työvaiheiden lyhenteet ja niiden kuvaukset

Työvaiheen lyhenne	Työvaiheen kuvaus
GE	Geometrian suunnittelu
SS	Särmäyksen suunnittelu
SI	Nestaus ja leikkauksen suunnittelu
Leikkauksen työnjohto ja MA	Leikkauksen priorisointi ja materiaalin nouto leikkauskoneille
LE+HS	Leikkausmenetelmät (poltto, plasma, laser)
JÄ	Jäysteenpoisto
SÄ	Särmäys
KP+AL	Alihankinta
VI	Viimeistely (viisteet, hionta, rummutus, raekuulapuhallus)
Apupala	Särmäyksen aputoiminto
KE	Keräily

Taulukko 3. Osien valmistusaikojen keskiarvot moduuleittain ja työvaiheittain 1.1.2006-31.3.2006 väliseltä ajalta.

MODUULIT	ETUSILTA	PYSTYNIVEL	ETUKAPPALE	SYLINTERIM KORVAKKEET O&V	LOPPUKOKOON- PANON OSAT	KOKO ETURUNKO
TYÖVAIHEET	KA [min]					
GE	731	682	0	533		480
SS	1611			879	994	1161
SI	1923	2055	1029	1478	2540	1805
Leikkauksen työnjohto + MA	2014	3089	1090	164	4321	2136
LEIKKAUS (LE+HS)	1465	2673	759	862	1460	1444
JÄ	608	471	324	172	441	403
SÄ	7865	4843	4721	18552	3942	7984
ALIHANKINTA (KP+AL)	8816	10552	11466		17838	12168
VI	3594	1901		3403	4138	3259
Apupala					7185	7185
KE						
YHTEENSÄ [min]	28626	26265	19362	26043	42858	38025
YHTEENSÄ [h]	477	438	323	434	714	634
YHTEENSÄ [vrk]	20	18	13	18	30	26

Taulukossa 4 esitetään tuotannon läpäisy-, kokonaisläpäisy- ja varastointiajat moduuleittain. Taulukon ajat ovat vuorokausia. Tuotannonläpäisy aika sisältää myös tilauksen käsittelyn, tuotannosuunnittelun sekä muut aputoiminnot. Kokonaisläpäisy aika on tilauksesta toimitukseen kuluva aika.

Taulukko 4. Tuotannon läpäisy-, kokonaisläpäisy- ja valmisvarastointiajat moduuleittain

	ETUSILTA	PYSTYNIVEL	ETUKAPPALE	SYLINDERIN KORVAKKEET O&V	LOPPUKOKOON PANON OSAT
Tuotannon läpäisy aika KA [vrk]	8.6	7.1	11.8	8.0	13.0
Pisin tuotannon läpäisy aika [vrk]	16.0	10.2	13.0	15.0	27.0
Lyhin tuotannon läpäisy aika [vrk]	2.0	1.8	11.0	2.0	1.0
Kokonaisläpäisy aika KA [vrk]	12.5	12.9	14.0	14.8	19.0
Pisin kokonaisläpäisy aika [vrk]	22.0	17.0	14.0	16.0	60.0
Lyhin kokonaisläpäisy aika [vrk]	4.0	7.0	14.0	14.0	5.0
Valmisvarasto aika KA [vrk]	4.2	5.2	2.2	6.8	6.0
Pisin valmisvarastointiaika [vrk]	13.0	11.0	3.0	12.0	34.0
Lyhin valmisvarastointiaika [vrk]	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0

#### 4.3. Seurantalomakkeilla toteutetun mittauksen tuloksia

Mittauksissa moduulit seurattiin tuotannossa seurantalomakkeilla, liitteessä 1. Seurantalomakkeita oli kaksi, toinen tuotannonsuunnitteluun ja toinen valmistukseen. Kahta seurantalomaketta tarvittiin tuotteiden kulkiessa tilauksesta sijoitteluun yhtenä kokonaisuutena, jonka jälkeen ne hajosivat omille teilleen kulkemaan ennalta määrättyjen vaiheketjujen mukaisesti. Eri tuotteille eroja muodostavat erilaiset materiaalit ja vaiheketjut.

#### 4.4. Moduulien mittaustuloksia

Mitattavista moduuleista saatiin yksi tilaus mitattua kutakin. Yhden moduulin mittausta epäonnistui, koska tilaus pääsi tuotantoon ilman seurantalomakkeita. Tämän kohdalta mittausta ei voitu suorittaa. Mittaustuloksista laadittiin nimikkeittäin taulukon 5 kaltaiset yhteenvedot. Taulukossa vasemmalla on nimikkeen piirustusnumero ja versio. Työvaiheet olivat mittauspisteitä ja ne ovat taulukossa lyhenteinä työvaihe sarakkeessa. Konetuntihinnat ovat taulukossa laskentatietoja, joita

kerrotaan toteutuneilla työajoilla, jolloin saadaan taulukossa toteutuneet kustannukset € -sarakkeen tiedot. Hinnoittelu €/kpl -sarakkeen tiedot on poimittu nimikkeiden hinnoittelutaulukoista, jossa kaikki hinnoitellut työvaiheet on merkittynä.

Tilauksen seurannassa kappalemäärä, tilaus- ja toimituspäivämäärät ovat olennaisia tietoja, jotka on otettu mukaan taulukkoon. Mittaustuloksina taulukkoon kerättiin aikatieta, jotka ovat työvaiheiden aloitus- ja lopetusaikoja minuutin tarkkuudella. Näistä tiedoista saatiin kustannustietoa laskettua. Jalostavan ajan osuutta voitiin laskea vähentämällä toteutuneista työvaiheajoista asetusajat pois. Taulukon alaosassa ovat materiaalihinnat kappaleittain. Kaikista mitatuista nimikkeistä laadittiin samanlaiset taulukot, joiden pohjalta laadittiin yhteenvedot moduuleittain, joista esimerkki taulukossa 6. Yhteenvetotaulukko on liitteessä 3.

Taulukko 5. Nimikkeen U5054699 / 0 mittaustulokset

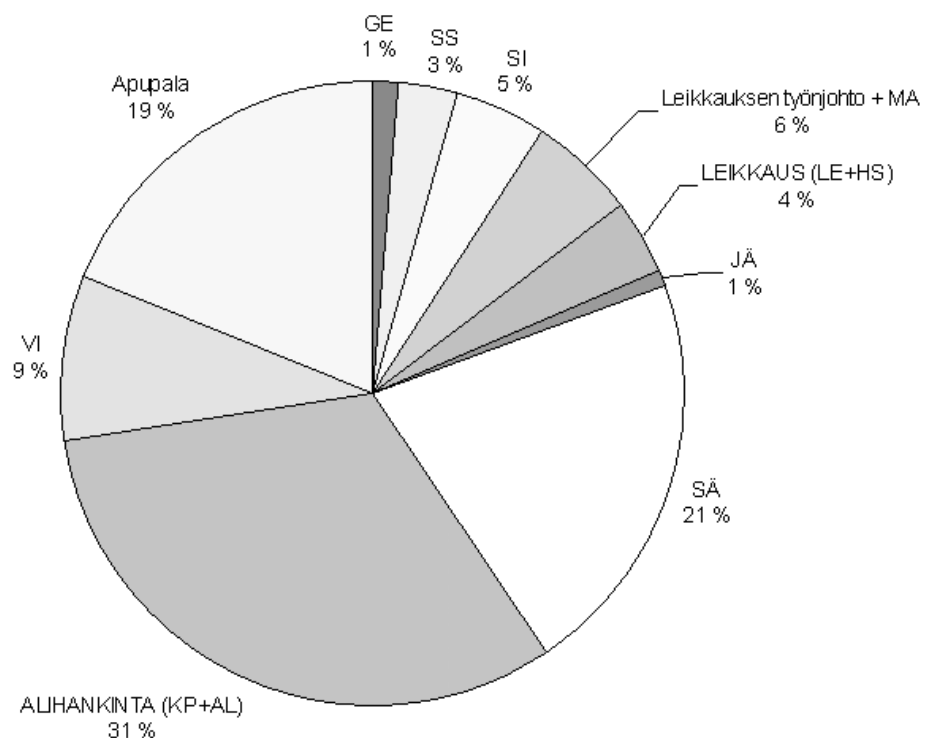
Piir. numero / Versio	Työ- vaihe	Kone- tuntihin- nat €/h	Toteu- tuneet kustan- nukset €	Hinnoit- telu €/kpl	Tilattu kpl määrä	Tilaus pvm	Toimitus pvm	Kokonais- läpäir- syaika (virk)	Aloitus pvm, klo	Lopetus pvm, klo	Tot. työaika (h)	Asetus aika (h)	Jalost- ava- aika (h)	Jalos- tavan ajan osuus %
U5054699 / 0	GE	35	6.42		12.00	22.5.2006	5.6.2006	14	22.5.2006 12:47	22.5.2006 12:58	0.18		6.4	1.9
U5054699 / 0	SI	35	7.58						23.5.2006 7:38	23.5.2006 7:51	0.22			
U5054699 / 0	MA	35	1.75						23.5.2006 15:55	23.5.2006 15:58	0.05			
U5054699 / 0	HS	40	45.33	14.02					24.5.2006 11:10	24.5.2006 13:53	1.13	0.17		
U5054699 / 0	JÄ	38	8.23	3.5					24.5.2006 17:58	24.5.2006 18:11	0.22			
U5054699 / 0	VI	40	52.67	4.71					24.5.2006 19:11	24.5.2006 20:30	1.32	0.12		
U5054699 / 0	SA	95	308.75	7					30.5.2006 14:15	30.5.2006 17:30	3.25	0.75		
U5054699 / 0	KE	35	2.92						5.6.2006 12:00	5.6.2006 12:05	0.08			
Materiaali (€/kpl)		73.28		73.28										
Materiaali (€/erä)			879.36											
Hinta (€ / kpl /2005)			109.42	102.52										

## 5. TULOSTEN TARKASTELU

Tulosten analysointi jaetaan kahteen osaan, joita ovat tuotannonohjausjärjestelmästä saatavien tulosten tarkastelu ja seurantalomakkeilla suoritettun mittauksen pohjalta johdetun kustannustiedon tarkastelu.

### 5.1. Tuotannonohjausjärjestelmästä saatavien vaiheajojen tarkastelu

Kuvassa 24 esitetään taulukosta 3 johdettu työvaiheiden aikaan perustuva % -jakauma koko eturungon eri työvaiheajojen keskiarvoista. Seuraavassa analysoidaan jakaumaa ja sen taustoja.



Kuva 24. Työvaiheiden läpäisyajojen % -osuus tuotannon läpäisyajasta

Geometrian- ja särmäyksen suunnittelun hoitaa usein sama henkilö. Sen prosentuaalinen osuus kokonaisajasta on vuoden alusta ollut 4 %, mikä on huomattavan suuri, kun ottaa huomioon, että tuotetta on valmistettu vuodesta 2004 lähtien. Leikkausgeometriat ja työvaiheet on laitettu ensimmäisillä valmistuskerroilla kuntoon, joten niiden suhteen tässä tutkimuksessa löytyi kehittämisen varaa. Sijoittelun ja leikkauksen suunnittelun osuus on 5 %, mikä selittyy sillä, että leikkauksen suunnittelijat odottavat samanlaisia materiaaleja materiaalin käytön optimoimiseksi. Leikkauksen työnjohto ja materiaalitoiminnot tekevät kiinteästi yhteistyötä leikkauskoneiden kuormittamisessa. Leikkauksen työnjohtaja voi vielä leikkauksen suunnittelun jälkeenkin pyytää muutoksia sijoitteluihin parhaaksi katsomallaan tavalla. Lisäksi leikkauksen työnjohtaja odottaa myös samankaltaisia materiaaleja ja leikkauksia samoille koneille. Työt eivät näy leikkaajien työjonossa ennen kuin työnjohtaja on vapauttanut työt tehtäväksi.

Leikkaus muodostaa 4 % osuuden kokonaisajasta. Leikkauksen suorittaminen on kokonaisajasta suhteellisen pieni, koska sen tekee kone ja sitä on pitkään optimoitu yrityksen toiminnoissa. Leikkauksen aikana leikkaajalla on kuitenkin paljon aikaa käytössä muihin tehtäviin. Jäysteen poisto on erillinen työvaihe, ja se on 1 % osuus kokonaisajasta. Sen leikkaaja ehtisi hoitaa leikkauksen ohessa, kun se tällä hetkellä joudutaan kuljettamaan erilliselle työpisteelle.

Särmäyksen osuus on 21 %. Särmäys on ollut alkuvuodesta vaikeuksissa kapasiteetti ongelmiin vedoten. Leikkauskapasiteettia suhteessa särmäyksen kapasiteettiin näyttäisi kuvan jakauman perusteella olevan liikaa, joten särmäyksessä työt kasautuvat. Särmäyksen aputoiminto apupalan poisto on myös suuri 19 % osuudella. Apupalaa joudutaan käyttämään särmäysteknisistä syistä, kun taivutuksen reunassa on esimerkiksi erillinen uloke, jonka halutaan myös taipuvan. Tämä voidaan toteuttaa käyttämällä apupalaa, joka poistetaan särmäyksen jälkeen käsin leikkaamalla. Lisäksi särmäyspuristimia on vain toisessa

tuotantolaitoksessa, mikä vaikeuttaa kuormittamista. Särmäyksen tilanteen kartoittamisessa havaittiin myös puutteellinen koneiden kuormittamismenetelmä, jossa kaikki särmäyksen kuorma kuormitetaan yhdelle ainoalle koneelle tuotannonohjausjärjestelmässä. Tämän vuoksi särmäyksen työnjohtaja ja särmäyksessä käytössä oleva töiden järjestelijä jakavat kuormaa manuaalisesti koneille. Kuorman ennustettavuus ja läpinäkyvyys ei siten ole tuotannon johdolle täysin selvä.

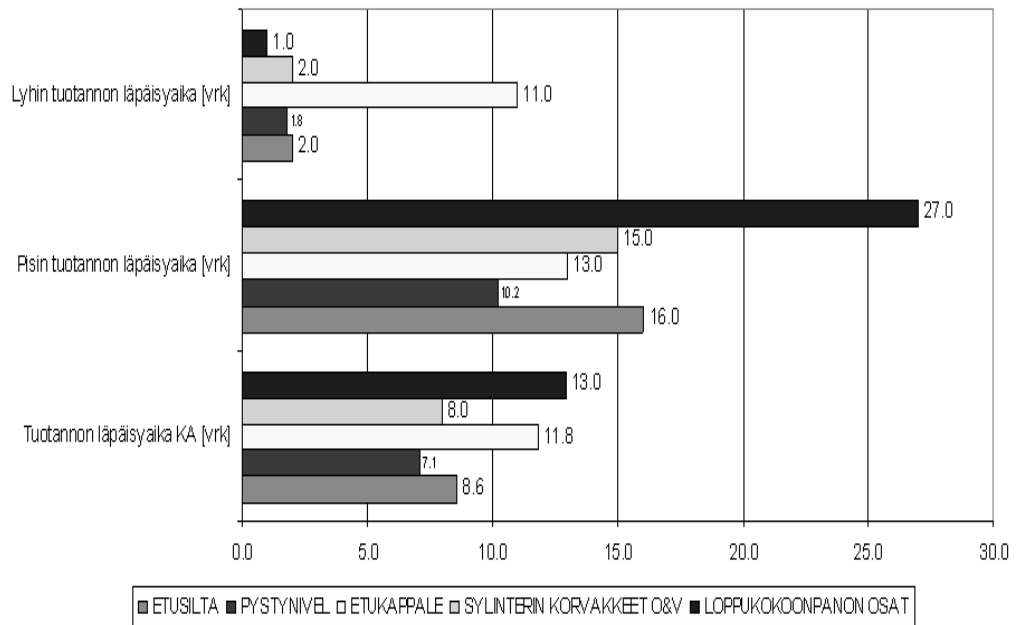
Alihankinnan läpäisyajan osuus on 31 %, mikä on merkittävin osuus kokonaisajasta. Alihankkija saa tiedon työstä vasta alihankinta lähetteestä, minkä jälkeen alihankkija voi alkaa suunnittelemaan omaa tuotantoaan. Suurin osa alihankkijan töistä on Seinäjoen palvelukeskuksen alihankintaa.

Viimeistelyvaiheet ovat merkittäviä työvaiheita osa- ja komponenttivalmistuksessa. Asiakkaat ostavat suhteellisen paljon valmiiksi viisteytettyjä osia, jotka käyvät suoraan hitsauskokoontyöhön ilman lisätöitä. Työvaiheita ovat esimerkiksi mekaaninen ja terminen viisteytys, hionta, raekuulapuhallus sekä rummutus. Nämä työvaiheet muodostavat 9 % kokonaisajasta, joten niiden osuus on merkittävä kustannusten kannalta. Usein työvaiheet ovat käsityövaiheita, joten palkkakulut ovat huomattava osa kustannuksia näissä työvaiheissa.

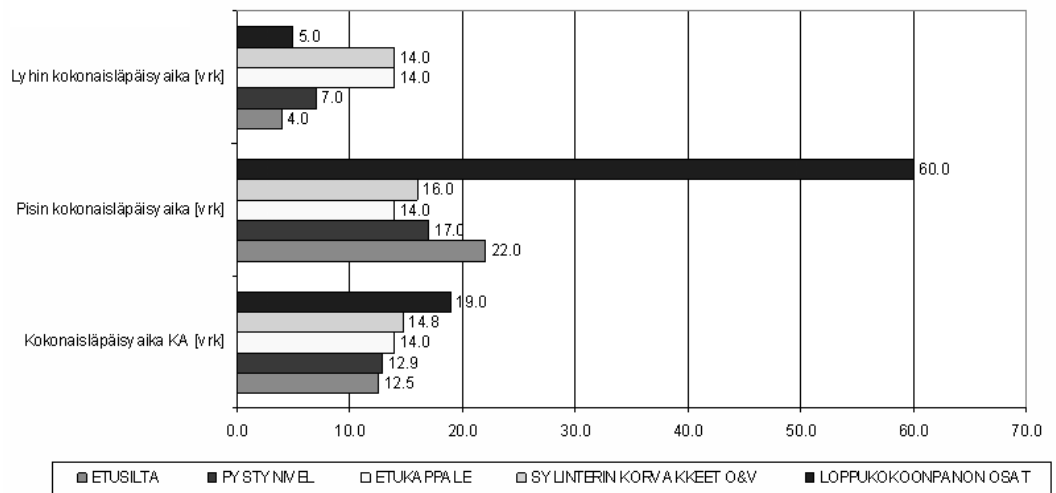
## 5.2. Läpäisyajojen tarkastelu

Tuotannon- ja kokonaisläpäisyajojen tarkastelu moduuleittaan on esitetty kuvissa 25 ja 26. Tuotannonläpäisyajat vaihtelivat 1 - 27 vuorokautta, mikä on erittäin suuri vaihtelu suhteellisen yksinkertaisille tuotteille. Samoin kokonaisläpäisyajojen vaihtelu 4 - 60 vuorokautta on erittäin suuri vaihtelu. Läpäisyajojen kautta nähdään, että tuotantoprosessissa on joitakin ongelmia, jotka vaikuttavat suoraan läpäisyajoihin.





Kuva 25. Tuotannon keskimääräiset läpäisyajat



Kuva 26. Kokonaisläpäisyajat moduuleittain

### 5.3. Seurantalomakkeilla saatujen mittaustulosten tarkastelu

Mittauksissa saatiin yhteensä 27 eri tuotteen mittaustulokset kirjattua. Seurattavia tuotteita oli yhteensä 49 kpl, joten noin 55 % otoksesta onnistuttiin mittaamaan luotettavasti. Mittauskertoja oli kunkin tuotteen kohdalla pääsääntöisesti yksi, joten virheisiin ei ollut seurantalomakkeiden kohdalla kovinkaan varaa. Seurattavia tilauksia oli viisi kappaletta.

Liitteessä 3 ovat kaikkien moduulien mittaustulosten ja kustannusten yhteenvetotaulukot, jossa ovat kaikki moduulin nimikkeet piirustusnumeroittain. Mallina on taulukossa 6 Etusilta -moduulin mittaustuloksien pohjalta laskettuja tunnuslukuja. Toteutuneet kustannukset ovat taulukosta 5 johdettuja tilauserän toteutuneita kustannuksia. Tilatulla kappalemäärällä jaettuna erän kustannukset saadaan yhdelle kohdistettua yhdelle kappaleelle, mikä esitetään taulukossa toteutuneina kustannuksina €/kpl -sarakeessa. Myyntihinta on hinnoiteltu kappalehinta, jolla tuotetta myydään sisäiselle asiakkaalle nykyään, tieto on otettu hinnoittelutaulukosta. Käyttökate saadaan laskettua konetuntihintojen sisältämien kiinteiden kustannusten vuoksi suoraan myyntihinnan ja toteutuneiden kustannusten erotuksena. Käyttökateprosentti on käyttökate jaettuna myyntihinnalla. Kokonaisläpäsyaika, jalostava-aika ja -prosentti ovat taulukon 5 pohjalta yhteenvetotaulukkoon kerättyjä tietoja.

Taulukko 6. Etusilta -moduulin yhteenvetotaulukko

Moduuli	piirustusnumero ja versio	Toteutuneet kustannukset €/tilauserä	Tilatut kpl määrä	Tot.kustannukset €/kpl	Myyntihinta €/kpl	Käyttökate €/kpl	Käyttökate %	Kokonaisläpäsyaika (viik)	Jalostava-aika (h)	Jalostavan ajan osuus %
Etusilta	U5035790 / 1									
	U503579499 / 0									
	U5041237 / 0	246.4	24.0	10.3	9.3	-1.0	-10.3	9.0	2.8	1.3
	U5044529 / 0									
	U5054689 / 0	1313.0	12.0	109.4	102.5	-6.9	-6.7	14.0	6.4	1.9
	U5054700 / 0									
	U5054706 / 0	309.5	12.0	25.8	23.9	-1.9	-8.1	14.0	3.9	1.2
	U5054707 / 0	253.7	12.0	21.1	22.6	1.5	6.6	7.0	4.0	2.4
	U5065681 / 0									
	U5065683 / 1	819.6	12.0	68.3	73.1	4.8	6.5	9.0	4.6	2.1
	U5065694 / 0	229.0	12.0	19.1	18.9	-0.2	-1.1	10.0	2.1	0.9
	U5065695 / 0	114.4	24.0	4.8	2.6	-2.2	-85.3	4.0	2.0	2.1
	U5065696 / 0	141.2	24.0	5.9	3.9	-2.0	-52.7	4.0	2.2	2.3
	U5071384 / 0	456.2	12.0	38.0	22.4	-15.6	-69.9	10.0	7.5	3.1

Taulukon 6 yhteenvetotaulukossa ovat kaikki Etusilta -moduulin nimikkeet piirustusnumeroittain. Toteutuneet kustannukset ovat taulukosta 5 johdettuja tilauserän toteutuneita kustannuksia. Tilatulla kappalemäärällä jaettuna tilauserän kustannukset saadaan kohdistettua yhdelle kappaleelle, mikä esitetään taulukossa toteutuneina kustannuksina €/kpl -sarakeessa. Myyntihinta on hinnoiteltu kappalehinta, jolla tuotetta myydään sisäiselle asiakkaalle nykyään, tieto on otettu hinnoittelutaulukosta. Käyttökate saadaan laskettua konetuntihintojen

sisältämien kiinteiden kustannusten vuoksi suoraan myyntihinnan ja toteutuneiden kustannusten erotuksena. Käyttökateprosentti on käyttökate jaettuna myyntihinnalla. Kokonaisläpäisy aika, jalostava-aika ja -prosentti ovat myös taulukon 5 pohjalta yhteenvetotaulukkoon kerättyjä tietoja.

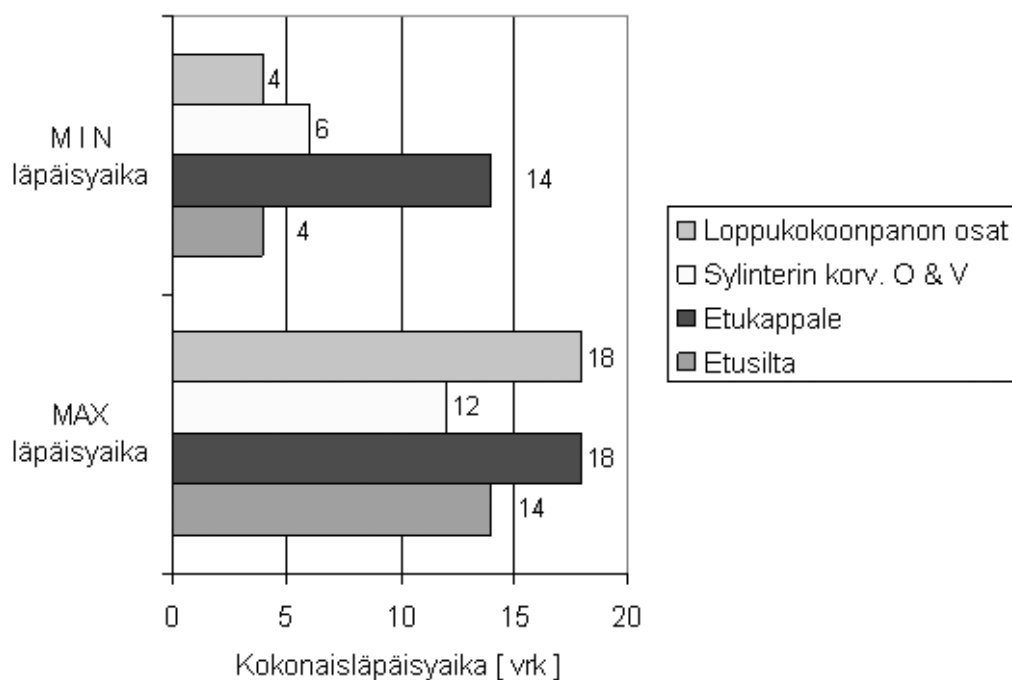
Yhteenvetotaulukot ovat laadittu jokaiselle moduulille, joista saatiin mittaustuloksia. Vain pystynivelen kohdalta ei saatu yhtään mittaustulosta. Yhteenvetotaulukoiden tietojen pohjalta laadittiin keskiarvotaulukko, joka esitetään taulukossa 7. Taulukossa ovat samat sarakkeet kuin yhteenvetotaulukoissakin.

Taulukko 7. Kaikkien moduulien yhteenvetotaulukoiden mittaustulosten keskiarvot

	Käyttökate €/kpl	Käyttökate %	Kokonaisläpäisy aika (vrk)	Jalostava-aika (h)	Jalostavan ajan osuus %
K.A	-2.7	-23.5	9.8	4.2	1.5
Minimi	-15.6	-85.3	4.0	1.1	0.5
Maksimi	6.7	56.8	18.0	24.0	3.1

#### 5.4. Kokonaisläpäisyajat seurantalomakkeilla mitatuille tuotteille

Kaikkien moduulien kohdalla havaittiin mittausten mukaisesti (liite 3), että lyhimmillään kokonaisläpäisy aika oli 4 vuorokautta ja pisimmillään 18 vuorokautta. Kuvassa 27 esitetään pisimmät ja lyhimvät kokonaisläpäisyajat moduuleittain. Keskiarvo kokonaisläpäisyajalle oli 9.7 vuorokautta, eli pyöristettynä noin 10 vuorokautta. Eroja voidaan selittää sillä, että eri tuotteilla on erilaisia materiaaleja ja työvaiheketjuja, joiden hallintaan ei ole kiinnitetty kovinkaan paljon huomiota. Erilaisilla vaiheketjuilla kulkevat tuotteet aloitetaan yhtä aikaa, joten eroja syntyy valmistusketjun edetessä pidemmälle.



Kuva 27. Mittauksen aikana esiintyneet pisimmät ja lyhimmat kokonaisläpäisyajat moduuleittain

Kuormitus hoidetaan päivän tarkkuudella, joten vaiheketjun työvaiheiden määrällä on selvä yhteys kokonaisläpäisy aikaan. Alihankinta työvaihe on ajallisesti kaikista pisin työvaihe, koska prosessin kannalta myös kuljetukset, välivarastoinnit ja muut alihankinnan suorittamiseksi välttämättömät toimet on laskettava alihankinnan läpäisy aikaan mukaan. Lyhimmat kokonaisläpäisyajat ovat tuotteita, joilla tuotannon työvaiheina ovat leikkaus ja jäysteenpoisto. Kuitenkin myös tällaisilla tuotteilla on pitempiä kokonaisläpäisy aikoja, mikä johtuu materiaalin käytön optimoinnista. Levyn käytön optimoinnissa samaa levymateriaalia olevia tuotteita pidetään sijoittelussa pitempään odottamassa sijoiteltavan levyn täyttymistä.

#### 5.4.1. Jalostavan ajan mittaustulokset

Jalostava aika on laskettu vähentämällä toteutuneista vaiheajoista asetusajat. Jalostavan ajan osalta mitattiin minimissään 1h 6min ja maksimissaan 7h 24 min. Keskiarvo jalostavan ajan kohdalla oli 3h 12min. Prosentuaalisesti kokonaisläpäisyajasta osuudet vaihtelivat 0,5 % - 3.1 %. Keskiarvo jalostavan ajan osuudesta kokonaisläpäisyajasta oli 1,5 %. Vertailutietona mittauksille oli aikaisemmat tutkimukset. Berkhahn tutkimukset osoittivat jalostavan työn osuuden levytuotteiden valmistuksessa olevan 7 % (Berkhahn, 1994, s.5). Toinen oli Yhdysvaltalaisen tutkijoiden sisäisessä muistiossa ilmoittama 0,37 % samassa Seinäjoen palvelukeskuksessa, jossa tämä tutkimus suoritettiin. Näihin tuloksiin verrattuna 1,5 % oli lähempänä Yhdysvaltalaisen tutkijoiden ilmoittamaa jalostavan ajan osuutta kuin Berkhahn tutkimuksen 7 %. Näiden tulosten pohjalta tutkimusta voidaan pitää onnistuneena.

#### 5.4.2. Tutkimuksen taloudellinen informaatio

Tutkimuksen toinen päätavoite oli selvittää, missä aika ja raha kuluu tuotetta valmistettaessa sekä miten aika vaikuttaa taloudellisiin tunnuslukuihin. Tuotteesta laskettiin mitattuihin aikoihin perustuen toteutuneita kustannuksia sekä verrattiin niitä olemassa olevaan hinnoittelupohjaan. Mitatuista tuotteista laskettiin tuotekohtaisesti käyttökate ja käyttökateprosentti, jotka esitetään taulukossa 7. Käyttökate vaihteli euromääräisesti -15,6 € ja 6,7 € välillä ja käyttökateprosentti -85,3 % ja 56,8 % välillä. Käyttökateen laskennassa käytettiin pohjalla konetuntihintoja, jotka sisälsivät kiinteitä kustannuksia. Keskiarvo käyttökateelle oli -23.5 %, jota voidaan pitää hypoteesin pohjalta oikeana mittaustuloksena. Alkuperäinen oletus käyttökateen suuruudeksi oli -20 %, joka mittauksen pohjalta osoitettiin oikean suuntaiseksi. Mittaustuloksen heikkoon käyttökateeseen vaikuttavat ensisijaisesti

tuotteen hintakehityksen pysähtyminen materiaalin hinnan korotuksiin verrattuna ja korkeat tuotantokustannukset. Tilannetta ei ole puutteellisten suorituskykykymittareiden vuoksi kyetty seuraamaan eikä verrattua olemassa olevaan hinnoitteluun. Näiden syiden vuoksi osavalmistus on ajautunut tuotteen kohdalla tilanteeseen, jossa pienetkin parannushankkeet vievät tuotteen valmistusta parempaan suuntaan.

## 6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tehokkuuden ja kustannusten mittaamiseen ja arviointiin on kehitetty monia eri malleja ja apuvälineitä. Tässä työssä ei käytetty mitään erillistä tarkastelu tai analysointi mallia vaan keskityttiin nykytilan kartoittamiseen, ongelmien esiin tuomiseen ja joidenkin hypoteesien tarkastamiseen.

Jalostava-aika oli mittausten pohjalta 1,5% ja käyttökate -23,3%. Tuotteiden kokonaisläpäisyajat vaihtelivat paljon erilaisten syiden vuoksi. Kaikkien moduulien kohdalla havaittiin mittausten mukaisesti, että lyhimmillään kokonaisläpäisy aika oli 4 vuorokautta ja pisimmillään 18 vuorokautta. Tärkeimmiksi eroja muodostaneiksi tekijöiksi nousivat työvaiheiden määrä ja erilaiset materiaalit.

Työn tärkeintä antia oli hinnoittelupohjan ja todellisten kustannusten vertailu. Vertailussa havaittiin myös suhteellisen suuri ero työvaiheiden hinnoittelun ja todellisten kustannusten välillä. Hinnoittelussa ei ole huomioitu useimmissa tapauksissa kuin muutama työvaihe, joten paljon työvaiheita on jäänyt hinnoittelematta. Vertailun pohjalta voidaan todeta, että tuotteiden hinnoittelussa on ollut puutteita. Osien valmistuskustannukset ovat suuremmat kuin tuotteen myyntihinta.

Osavalmistuksella on tärkeä asema koko toimitusketjun kannalta. Toiminnan tehostamisessa mitkä tahansa toimenpiteet eivät välttämättä johda toivottuun lopputulokseen. Tehostamis- ja kehittämistoimien on oltava johdonmukaisia ja niillä on oltava pitkän aikavälin tavoitteita.

## 7. JATKOKEHITYSEHDOTUKSET

Työn aikana havaittiin useita eri kehityskohteita, joita esitetään kuvassa 28. Nelikentässä ylhäällä on kaksi toimintoa, jotka ovat suunnitelmallinen ja toiminnallinen kehittäminen. Suunnitelmallinen kehittäminen vaatii lisäselvityksiä ja toiminnallinen kehittäminen voidaan toteuttaa vähemmälläkin selvitystyöllä. Lisäksi nelikentässä kehittämisen kohteet ovat jaettu kahdelle tasolle, joita ovat paikallinen operatiivinen toiminta ja koko divisioonatason kehittämistoiminta. Paikallinen taso tarkoittaa käytännössä palvelukeskusta ja sen organisaatiota. Seuraavassa käydään läpi osavalmistuksen kohdalla tärkeitä kehittämisen kohteita.

Toiminto Taso	Suunnitelmallinen kehittäminen	Toiminnallinen kehittämien
Paikallinen operatiivinen toiminta	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Tuotannon kuormittaminen tuntitarkkuudella</li> <li>•Toiminnan organisointi; ihmiset voitaisiin järjestää erilaisiin monitaitoisiin työryhmiin tai tiimeihin</li> <li>•Kustannustehokkuuden mittaaminen koko prosessissa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Varmuusvarastojen pienentäminen</li> <li>•Kokonaisläpäisyajan lyhentäminen; osavalmistuksen läpäisyajan lyhentäminen</li> <li>•Optimoidaan prosessia, ei yksittäisiä työvaiheita</li> <li>•Alihankintatoiminnan kehittäminen</li> </ul>
Divisioonatason kehittämistoiminta	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Prosessin virtaviivaistaminen, päällekkäisten toimintojen eliminointi</li> <li>•Tuotantosolujen suunnittelu samantyyppisille tuotteille</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Työaikaraportoinnin parantaminen</li> <li>•Prosessin suorituskyvyn mittareiden kehitys ja käyttöönotto (esim. kokonaisläpäisy aika, toimitusvarmuus, laatu)</li> </ul>

Kuva 28. Työn aikana havaittuja kehityskohteita jaettuna nelikenttään

### 7.1. Läpäisyajojen lyhentäminen

Tässä työssä tutkittiin esimerkkituotteen avulla tuotannon nykyistä tilaa ja todettiin, että kehityspotentiaalia on läpäisyajojen lyhentämisessä.



Läpäisyajalla ei ollut tässä työssä kovinkaan merkittävää yhteyttä tuotannon kuormitustilanteeseen.

Läpäisy aika on saatava niin lyhyeksi, että valmistus voidaan aloittaa vasta tilauksen saavuttua. Tavoite tuotantoerän kooksi on tilauksen koko. Jos tilauksen kokoon voidaan vaikuttaa, voidaan asiakkaan kanssa sopia molemmille optimaalisesta eräkoosta, josta molemmat osapuolet hyötyvät taloudellisesti. Varastoon valmistaminen on kuitenkin perusteltua, jos tuotannon läpäisy aika on pitkä ja asiakas haluaa varmoja ja lyhyitä toimitusaikoja. Silloin voidaan valmistaa pieni puskurivarasto ja palvella asiakasta kilpailijoita paremmin.

## 7.2. Tuotannon kuormittaminen

Tuotannon kuormittaminen tapahtui tutkimuksen tekohetkellä päivän tarkkuudella, josta aiheutuu paljon työvaihekohtaisia odotteluja ja toiminnan vaikeaa ohjattavuutta. Työvaiheiden välissä odotellaan turhaan. Työvaiheiden päiväkohtainen jaksottaminen tarkoittaa pahimmillaan sitä, että esimerkiksi tuotannonsuunnittelussa käsittelyssä oleva työ ei ole leikkauksen suunnittelijoiden tiedossa ennen työvaiheen valmiiksi kuitaamista tuotannonohjausjärjestelmässä. Lisäksi tuotannonsuunnittelussa on useita eri työvaiheita ja niiden päällekkäistä suorittamista vaikeuttaa se, että niitä suorittaa useampi henkilö. Tällöin tietokatkokset ja inhimilliset tekijät voivat hidastaa tuotannonsuunnittelun läpäisy aikaa.

## 7.3. Toiminnan organisointi ja solujen suunnittelu

Seinäjoen palvelukeskuksessa organisaation ihmiset voitaisiin järjestää erilaisiin monitaitoisiin työryhmiin tai tiimeihin, jotka vastaavat joidenkin sopimusasiakkaiden tuotteista. Työryhmiä voisi valvoa, mutta ohjeistaa väljemmin kuin nykyisessä tuotannossa. Sen lisäksi, että tuotannon

työntekijät hoitaisivat heille osoitetut tuotannolliset tehtävät, he voisivat ottaa vastuuta ja kantaa myös tuotannonsuunnittelun töihin ja ongelmiin.

Tuotantosolujen suunnittelu samantyyppisille tuotteille helpottaisi myös tuotannonohjausta ja virtaviivaistaisi tuotevirtausta. Solut sisältäisivät spesifioituja työkaluja sekä menetelmiä, jotka on kehitetty tiettyjä tuotteita varten. Tuotantosolut auttavat omaksumaamaan tuotteiden yksittäisvirtausta. Materiaalien siirtelyt solusta toiseen pyritään toteuttamaan ilman välivarastoja. Yksittäisvirtauksen perusteena on vähentää arvoa tuottamatonta toimintaa.

Jokainen yksittäinen solu helpottaa koko tehtaan järjestystä. Arvoa tuottamattoman toiminnan vähentäminen kasvattaa tuottavuutta, varsinkin kun se yhdistetään ennalta ehkäisevään laadun tarkkailuun. Laadun tarkkailu täytyy tapahtua prosessissa automaattisesti, jotta sillä voidaan vähentää uudelleen valmistusta sekä epäkuranttien tuotteiden määrää. Tuotantosolujen sisältä ei saisi lähteä epäkurantteja tuotteita, josta solussa työskentelevä tiimi vastaisi. Tiimejä voitaisiin palkita hyvästä toiminnasta.

Asetusajat ovat arvoa tuottamattomia toimintoja, joten vähentämällä niihin kuluva aikaa on kustannusten alentaminen mahdollista. Yksinkertaistamalla asetusten tekemistä ja vaihtoa voidaan samalla verrata eri tuotteiden välisiä eroja. Samankaltaisten tuotteiden yhdistäminen samaan tuotantosoluun mahdollistaisi samojen asetusten hyödyntämisen useissa eri tuotteissa ja jopa vakioasutusten käyttö voisi olla mahdollisia. Tuotevirtauksen kannalta olisi tärkeää, että työvaiheet voitaisiin hoitaa samassa tuotantosolussa, joten konekanta ja työvälineet tulisi olla tuotteelle sopivia. Pienentyneet asetukset sekä pienentyneet siirtymäajat kasvattavat tuotanto kapasiteettia ja parantavat läpimenoaikoja.

#### 7.4. Alihankintatoiminnan kehittäminen

Alihankinnan osuus kokonaisläpäisyajasta on tutkimuksen mukaan noin 30%, mihin tulee jatkossa kiinnittää huomiota. Alihankkija saa tiedon työstä vasta alihankinta lähetteestä, minkä jälkeen alihankkija voi alkaa suunnittelemaan omaa tuotantoaan. Suurin osa alihankkijan töistä on Seinäjoen palvelukeskuksen alihankintaa, joten tietoa ei jaeta riittävästi alihankkijalle. Alihankkijalla on räätälöity järjestelmä, jonka avulla alihankkijan kuormitusta voisi ohjata. Sen käyttö on koettu vaikeaksi, koska siitä on vain yksipuolinen yhteys omaan tuotannonohjausjärjestelmään. Alihankkijan työkuorman priorisointi tapahtuu soittelemalla kiireellisten ja tärkeäksi koettujen tilausten perään, mikä vaikeuttaa myös alihankkijan omaa toimintaa. Alihankkijan toiminta on olosuhteisiin nähden hyvää ja heidän toimitusaikansa ovat suhteellisen lyhyitä. Jatkossa yhteisen järjestelmän kehittämiseen tulisi panostaa ja laittaa järjestelmä kuntoon. Siitä olisi molemminpuolista etua. Töiden ennustettavuus ja priorisointi olisi vaivattomampaa ja molemmat osapuolet hyötyisivät toiminnan kehittämisestä.

Seinäjoen palvelukeskuksen osavalmistusta tehdään esimerkkituotteen kohdalla kolmessa eri tuotantorakennuksessa, joista yksi on alihankkijan tuotantolaitos. Näiden välistä liikennettä hoitaa lähiliikenne, joka on alihankkijan hoidettavana. Lisäksi omien tuotantorakennusten välillä liikennöidään omilla trukeilla. Näiden toimintojen saattaminen samaan tilaan vähentäisi siirtelyyn kuluva-aikaa paljon, mikä olisi kokonaisuuden kannalta erittäin kannattavaa. Toinen vaihtoehto on kehittää lähiliikennettä joustavammaksi ja lisätä siirtokertoja nykyisestä tiheämmäksi. Pahimmillaan muutaman sadan metrin siirto voi ottaa vuorokauden.

## 7.5. Kustannustehokkuuden mittaaminen koko prosessissa

Tuotantokustannuksia on perinteisesti mitattu €/tonni. Tämä mittari ei ole relevantti kokonaisuuden kannalta. Yksikkökustannukset ovat pienet silloin, kun kustannukset ovat alhaiset suhteutettuna tuotettuun tonnimäärään. Kyseinen mittari ei sovellu osavalmistuksen kehittämisen mittariksi vaan on otettava käyttöön kokonaisuutta mittaavia mittareita. Näitä ovat jo aikaisemmin mainitut prosessin mittarit; läpäisy aika-, toimitusvarmuus- sekä laatumittarit. Valmistusketjussa edetessään osavalmistaja joutuu keskittymään suurempien kokonaisuuksien hallintaan, jonka seurauksena tuotantokustannusten seuranta tulee olla automaattista.

Kustannusten seurannassa tulee kiinnittää huomiota kustannusten jatkuvaan alentamiseen ja toiminnan kehittämiseen. Kehittämisen kannalta olennaista on, miten tuotannosta saatavaa aikatieta voidaan muuttaa esimerkiksi euromääräiseksi. Tuotannonohjausjärjestelmän kautta saadaan tällä hetkellä tarkkaa aika tietoa vain joistakin työvaiheista. Aikaa tulisi seurata tarkemmin ja sen analysointi ja peilaaminen hinnoitteluun tulee olla mahdollista. Tulos muodostuu myynnin ja kustannusten erotuksena, joten kokonaisuuden kannalta se on todella olennainen mittari. Kustannustehokkuuden kehittämisessä on tärkeää toteuttaa aikaseuranta tuotannossa kuntoon.

Aika on tärkeä elementti myös tuotannon kuormittamisessa, joten samalla voidaan tarkastaa myös tuotteiden kuormitusajat. Näiden tietojen pohjalta saadaan varattua myös kapasiteettia ja tuotannonohjaus helpottuu. Erilaisia menetelmiä tuotannon raportoinnin toteuttamiseksi kannattaa tutkia tarkemmin, esimerkkinä mainitaan viivakoodiin perustuva raportointijärjestelmä.

## 7.6. Prosessin suorituskyvyn mittarit

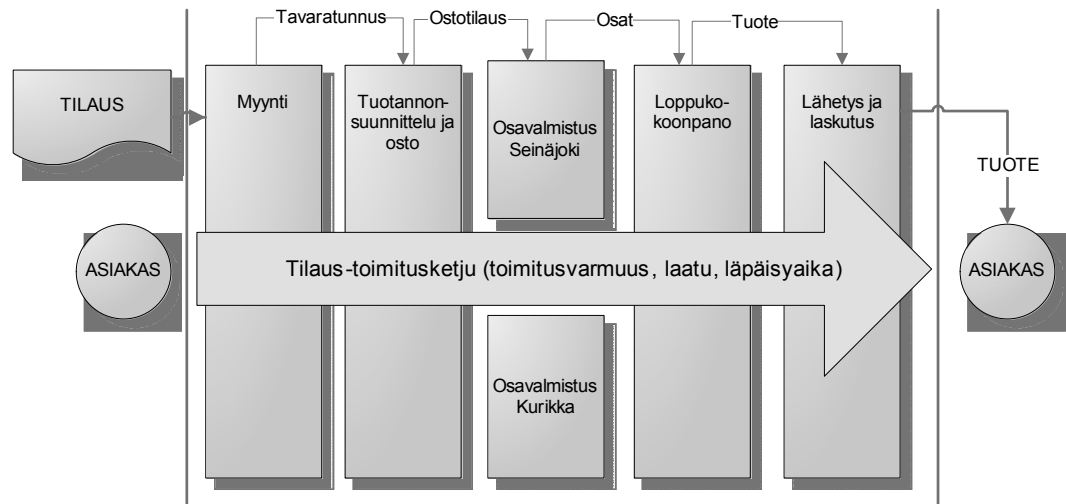
Aikaisemmin todettiin, että suorituskykymittarilla tarkoitetaan täsmällisesti määriteltyä menetelmää, jonka avulla voidaan kuvata jonkin menestystekijän suorituskykyä. Mittaristolla tarkoitetaan kokonaisuutta, joka muodostuu mitattavan kohteen kannalta olennaisista mittareista. Prosessissa yksittäisillä työvaiheilla on merkitystä kokonaisuuden kannalta, mutta niiden mittaaminen ei ole prosessin kannalta relevanttia. Tärkeämpää on ajatella toimintaa asiakkaan kannalta.

Asiakas toivoo saavansa rahoille vastinetta, joten asiakasta ei kiinnosta useinkaan yksittäisen työvaiheen tehokkuus vaan asiakas arvioi yrityksen toimintaa kokonaisuutena. Asiakkaan kannalta on tärkeää, että asiakas saa tuotteet sovitussa aikataulussa, sovittuun hintaan, oikeaan paikkaan ja laadultaan moitteettomina. Näistä voidaan muodostaa asiakkaan suuntaan mittaavia mittareita, joita ovat toimitusvarmuus ja laatu. Yrityksen omaa prosessia voidaan mitata läpäisyajalla, joka kertoo kuinka nopeasti yritys voi toimittaa asiakkaalle sovitut tuotteet. Samalla läpäisy aika toimii taloudellisena indikaattorina, koska suurin osa yrityksessä syntyvistä kustannuksista on aikaan sidonnaisia muuttuvia kustannuksia.

## 7.7. Toimitusketjun uudelleen järjestäminen

Tämän työn aikana on pidetty kaksi teemapäivää, joista toinen käsitteli tuotannon prosessimaista lähestymistapaa. Teemapäivän aikana käsiteltiin tämän työn esimerkkituotteen avulla Seinäjoen ja Kurikan toimintojen virtaviivaistamista. Tuotteen tilaus-toimitusprosessi kuvattiin kuvan 28 kaltaiseksi. Tämä työ on käsitelty Seinäjoen osavalmistusta ja sen kehittämistä. Tilaus-toimitusketjua kehitetään kokonaisena prosessina, jossa osaoptimoinnilla ei voida saavuttaa koko prosessin kannalta toivottua tulosta. Eri toimintoja kehitetään prosessin kannalta

optimaaliseen suuntaan. Prosessin mittaamisessa tarvitaan kokonaisuutta mittaavia mittareita, jotka antavat prosessiin osallistuville tarvittavaa tietoa prosessin tilasta sekä kehityssuunnasta. Ohjattavuus ja tuotannon priorisointi ovat lisäksi helpommin hallittavissa, kun kaikki toiminnot on käännetty prosessissa palvelemaan asiakasta.



Kuva 29. Teemapäivän aikana käsiteltiin tämän työn esimerkituotteen avulla Seinäjoen ja Kurikan toimintojen virtaviivaistamista, missä tuotteen tilaus-toimitusprosessi kuvattiin esityksen mukaiseksi.

## 8. YHTEENVETO

Diplomityön lähtökohtana oli tutkia osavalmistuksen kustannustehokkuutta. Tarkoituksena oli selvittää, missä aika ja raha kuluvat osavalmistuksen valmistusprosessissa. Tavoitteena oli selvittää pitävätkö kaksi hypoteesia nykytilanteesta paikkaansa. Ensimmäinen väite oli, että jalostavan ajan osuus kokonaisläpäisyajasta on lähellä Yhdysvaltalaisten tutkijoiden tutkimaa arvoa 0,37 %. Toinen väite oli, että tutkittavan tuotteen kohdalla osavalmistuksen käyttökateprosentti on noin -20 %. Nämä väitteet voitiin todistaa tällä tutkimuksella oikean suuntaiseksi. Jalostava-aika oli tämän tutkimuksen mittausten pohjalta 1,5 % ja käyttökate -23,3 %.

Mittaukseen valitut tuotteet seurattiin tuotannossa seurantalomakkeilla, joilla kerättiin työvaiheajoja. Työvaiheajojen ja konetuntuhintojen pohjalta laskettiin työkustannukset. Työkustannusten lisäksi tarkasteltiin materiaalikustannuksia, joita käytetään kyseisen asiakkaan tuotteissa. Näiden tietojen pohjalta saatiin seurattujen osien todelliset kustannukset, joita verrattiin osien myyntihintaan. Lisäksi tarkasteltiin kokonaisläpäisyajoja, jotka olivat lyhimmillään 4 vuorokautta ja pisimmillään 18 vuorokautta. Tärkeimmiksi eroja muodostaneiksi tekijöiksi nousivat työvaiheiden määrä ja erilaiset materiaalit.

Läpäisyajojen kautta nähdään, että tuotantoprosessissa on ongelmia, jotka vaikuttavat suoraan läpäisyajoihin. Lisäksi aikatiedot tuotannonohjausjärjestelmässä eivät ole tarkkoja, eikä niistä voida johtaa tarkkaa kustannusseurantaa.

Tehostamistoimina ryhdyttiin kehittämään uutta toimintamallia Seinäjoen ja Kurikan toimijoiden kanssa yhteistyössä. Toiminnan kehittämisessä eteen tuleviin ongelmatilanteisiin ryhdyttiin etsimään sopivaa ratkaisua, joka

palvelisi yrityksen työntekijöitä, parantaisi tuottavuutta ja lisäksi vähentäisi toiminnallisia päällekkäisyyksiä.

Työympäristö oli hyvin mielenkiintoinen ja kannustava, mikä helpotti diplomityön eteenpäin viemistä ja toteuttamista. Erilaisten vaiheiden jälkeen diplomityön tavoitteet saavutettiin.



## LÄHTEET

Azzone Giovanni, Masella Cristina. Design of Performance Measures for Time-based Companies. International Journal of Operations and Production Management, 1991. Vol 11, No. 3, s. 78-82. ISSN 0144-3577.

Berkhahn, G. & Miyakawa, N. Developing a unit-based production system. The Fabricator, 1993. Vol. 23, No. 10, pp. 22-27

Bruun, Pentti. Tuotannon analysointi ja virtauttaminen. Tekninen tiedotus 14/87. Metalliteollisuuden keskusliitto, Metalliteollisuuden kustannus Oy, Helsinki, 1987. ISBN 951-817-347-8. S. 38

Funda, Sahin. Artikkel: Manufacturing competitiveness: Different systems to achieve the same results. Production and Inventory Management Journal; First Quarter 2000; 41, 1. Viitattu 15.5.2005. Saatavissa: ABI/INFORM Global, Kaupallinen tietopankki, vaatii salasanan.

Hannula M, Lönnqvist A. Suorituskyvyn mittauksen käsitteet. Metalliteollisuuden Keskusliitto, MET, 10/2002. Tummavuoren kirjapaino Oy, Vantaa. S.64. ISBN 951-817-788-0

Kajaste Veikko, Liukko Timo. LEAN -toiminta, Suomalaisten yritysten kokemuksia. Metalliteollisuuden kustannus Oy, Tekninen tiedotus 1994.

Kumar, Ashok. A methodology for assessing time-based competitive advantage of manufacturing firms. International Journal of Operations and Production Management, 1995. Vol 15, No. 2, s. 37. ISSN 0144-3577.

Lapinleimu Ilkka, Kauppinen Veijo, Torvinen Seppo. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. WSOY, Kirjapainoyksikkö. Porvoo 1997. ISBN 951-0-21436-1. 398 s.

Larikka, M. 1995. Tekninen tiedotus 3/95, Jatkuva Parantaminen – 100 käytännön esimerkkiä. Helsinki, Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto. 166 s. ISBN 951-817-616-7.

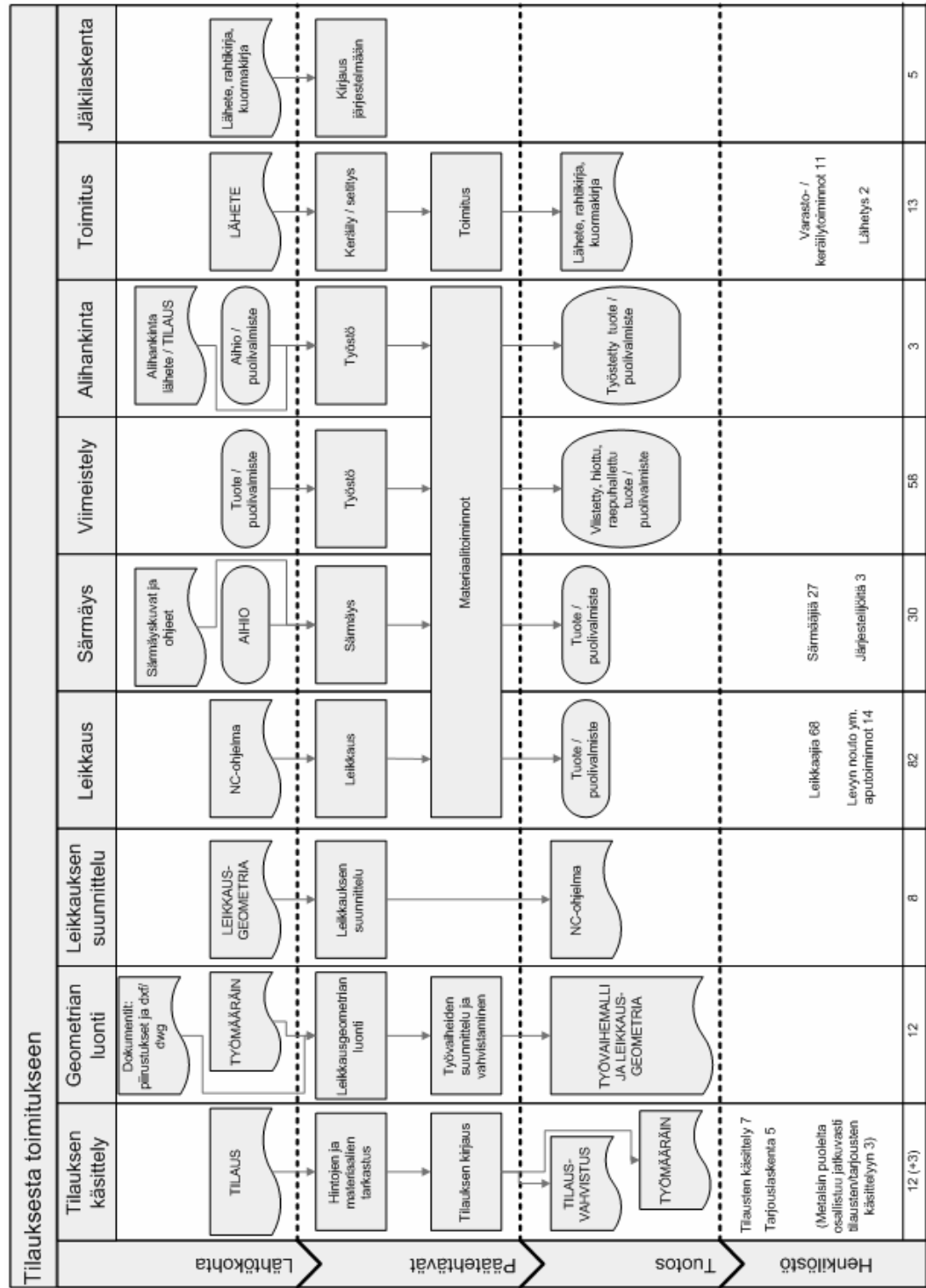
Luhtala Marko, Kilpinen Esko. Tehokkuutta tilausohjautuviin toimitusketjuihin. Suomen Metalliteollisuuden keskusliitto (MET). Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy, 1994. Tekninen tiedotus 13/94. ISBN 951-817-607-8

Lönnqvist Antti, Mettänen Paula. Suorituskyvyn mittaaminen – tunnusluvut asiantuntijaorganisaation johtamisvälineenä. Edita Publishing Oy, Helsinki 2003. ISBN 951-37-3960-0. S.145.

Uusi-Rauva, E., Haverila, M., Kouri, I., Miettinen A. Teollisuustalous. Tammer-Paino, Tampere, 2003, s.438. ISBN 951-96765-3-8. Neljäs painos.

Uusi-Rauva E. Tuottavuus – mittaa ja menesty. Kauppakaari Oy, Yrityksen tietokirjat, Helsinki 1997. (Paino: Tummavuoren Kirjapaino Oy Vantaa 1997). ISBN 951-640-958-X. s. 296

Insko, Insinöörijärjestön koulutuskeskus, Useita tekijöitä. Konepajan tuottavuuden mittaaminen. Insinööritieto Oy, 1983. ISBN 951-794-122-6.





Moduuli	piirustusnumero ja versio	Toteutuneet kustannukset €/tilauseri	Tilattu kpl määrä	Tot.kustannukset €/kpl	Myyntihinta €/kpl	Käyttökate €/kpl	Käyttökate %	Kokonaistaloudsaika (vik)	Jalostava-aika (h)	Jalostavan ajan osuus %
Etusilla	U5035790 /1									
	U503579499 /0									
	U5041237 /0	246.4	24.0	10.3	9.3	-1.0	-10.3	9.0	2.8	1.3
	U5044329 /0									
	U5054699 /0	109.4	12.0	9.1	102.5	93.4	91.1	14.0	6.4	1.9
	U5054700 /0									
	U5054706 /0	309.5	12.0	25.8	23.9	-1.9	-8.1	14.0	3.9	1.2
	U5054707 /0	253.7	12.0	21.1	22.6	1.5	6.6	7.0	4.0	2.4
	U5065881 /0									
	U5065893 /1	819.6	12.0	68.3	73.1	-4.8	6.5	9.0	4.6	2.1
	U5065894 /0	229.0	12.0	19.1	18.9	-0.2	-1.1	10.0	2.1	0.9
	U5065895 /0	114.4	24.0	4.8	2.6	-2.2	-85.3	4.0	2.0	2.1
	U5065896 /0	141.2	24.0	5.9	3.9	-2.0	-52.7	4.0	2.2	2.3
	U5071364 /0	456.2	12.0	38.0	22.4	-15.6	-69.9	10.0	7.5	3.1
Etukappale	U5035816 /1	331.0	12.0	27.6	27.1	-0.4	-1.6	18.0	3.4	0.8
	U5035822 /1	248.1	12.0	20.7	19.3	-1.4	-7.2	17.0	5.1	1.2
	U5035821 /1	204.8	12.0	17.1	15.2	-1.9	-12.5	14.0	1.9	0.6
Sylinterin karv. O & V	U5065890 /0	203.9	24.0	8.5	8.9	0.4	4.8	6.0	1.7	1.2
	U5065883 /0	152.9	12.0	12.7	8.8	-4.0	-45.5	12.0	2.7	0.9
	U5054742 /0	140.0	12.0	11.7	7.0	-4.6	-66.0	12.0	1.9	0.7
	U5065891 /0	135.1	12.0	11.3	8.8	-2.5	-28.5	12.0	2.2	0.8
	U5054745 /1	140.0	12.0	11.7	7.0	-4.6	-66.0	12.0	1.9	0.7
Loppukokoonpanon osat	U5055742 /1									
	U5054701 /0									
	U5054702 /0									
	U5035810 /0	1012.3	12.0	84.4	83.8	-0.5	-0.6	5.0	3.4	2.8
	U5035815 /1	754.3	12.0	62.9	49.6	-13.2	-26.6	18.0	4.4	1.0
	U5035811 /0	131.1	12.0	10.9	8.4	-2.5	-29.5	5.0	3.4	2.8
	U5065884 /0									
	U5065885 /0									
	U5035814 /4	773.3	48.0	16.1	22.8	6.7	29.4	9.0	5.2	2.4
	U503578999 /0	317.1	12.0	26.4	21.2	-5.3	-25.0	10.0	4.2	1.8
	U5035768 /0	340.0	12.0	28.3	17.6	-10.7	-61.1	10.0	4.2	1.8
	U5035797 /0	104.8	8.0	13.1	7.9	-5.2	-66.1	11.0	1.2	0.5
	U5045880 /1									
	U502849699 /1	122.5	24.0	5.1	5.0	-0.1	-2.9	5.0	1.4	1.1
	U503576799 /1	155.0	24.0	6.5	3.9	-2.6	-65.2	4.0	2.6	2.2
	U504435399 /0	82.4	24.0	3.4	7.9	4.5	56.8	4.0	1.1	1.1